

Bachelorprüfung
im Modul „Geologie, Werkstoffe und Bauchemie“
am 30.06.2017

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

Hilfsmittel: ausschließlich Taschenrechner!

NAME:

MATR.-NR.: _____

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)

Das IWB möchte Kies der Fraktion 8/16 bestellen. Die Rohdichte der Gesteinskörnung beträgt $2,6 \text{ kg/dm}^3$ und die Schüttdichte $1,6 \text{ kg/dm}^3$. Das zu füllende Silo hat die Abmessungen $l \cdot b \cdot h$ von $2 \text{ m} \cdot 1,75 \text{ m} \cdot 2 \text{ m}$ und ist noch zu 25 % gefüllt. Berechnen Sie die benötigte Masse in kg, die bestellt werden muss, damit das Silo zu 99 % gefüllt ist.

Aufgabe 3: (3 Punkte)

Erläutern Sie folgende Begriffe:

- Füller (Gesteinsmehl)

- Haufwerk

- Sperrkorn

Mineralische Bindemittel (15)

Aufgabe 4: (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 5: (5,5 Punkte)

a) Skizzieren Sie den Kreislauf von Luftkalk und benennen Sie alle relevanten Bezeichnungen sowie chemischen Prozesse.

b) Worin unterscheidet sich hydraulischer Kalk von Luftkalk? Nennen Sie zwei Parameter.

Aufgabe 6: (2,5 Punkte)

a) Benennen Sie die vier Hauptklinkerphasen in Zementschreibweise!

b) Welche Klinkerphase wird mengenmäßig im Zement reduziert, um einen erhöhten Sulfatwiderstand zu erzielen und somit eine sekundäre Ettringitbildung zu vermeiden?

Aufgabe 7: (2 Punkte)

Ordnen Sie folgenden Bindemitteln den betreffenden Reaktionsmechanismus zu.

Bindemittel	hydraulisch	latent-hydraulisch	puzzolanisch	inert
Flugasche				
Trass				
Hüttensand				
Quarzmehl				

Frischbeton (12)**Aufgabe 8:** (3 Punkte)

a) Was versteht man unter „Bluten“ von Beton?

b) Wie kann die Neigung zum Bluten verringert werden? Nennen Sie zwei Möglichkeiten.

Aufgabe 9: (5 Punkte)

Nennen Sie ein Verfahren zur Prüfung der Konsistenz von Frischbeton und beschreiben Sie es stichpunktartig!

Aufgabe 10: (3 Punkte)

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

- Erhöhter Frost-Tausalz-Widerstand:
- Gleiche Verarbeitbarkeit bei reduziertem w/z-Wert:
- Lange Verarbeitungszeit:

Aufgabe 11: (1 Punkt)

Die im Betonrezept errechnete Soll-Rohdichte eines Frischbetons liegt bei 2450 kg/m^3 . Während der Betonage wird eine tatsächliche Frischbetonrohichte von 2380 kg/m^3 ermittelt. Was könnte hierfür der Grund sein?

Mauerwerk und Künstliche Steine (15)**Aufgabe 12:** (2 Punkte)

Nennen Sie zwei Möglichkeiten im Herstellungsprozess, um das Wärmedämmvermögen keramisch gebundener Steinen zu steigern!

Aufgabe 13: (4 Punkte)

- a) Worauf sind die Poren im Porenbeton zurückzuführen?
- b) Worauf sind Haufwerksporen in Betonsteinen zurückzuführen?
- c) Mithilfe welcher Komponente lässt sich die Trockenrohichte von Kalksandsteinen deutlich reduzieren?
- d) Aus welchem Grund werden Ziegelsteine mit großen Kammern ausgestattet?

Aufgabe 14: (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 15: (2 Punkte)

Nennen Sie zwei Vorteile von künstlichen Steinen gegenüber natürlichen Steinen!

Aufgabe 16: (2 Punkte)

An einer mehrlagig verputzten Ziegelsteinfassade sind ca. 0,5 mm breite Risse entstanden. Die deutlich sichtbaren Risse sind in Abständen von etwa 50 cm großflächig über die Fassade verteilt. Wie hätten die Risse vermieden werden können und was muss dabei beachtet werden?

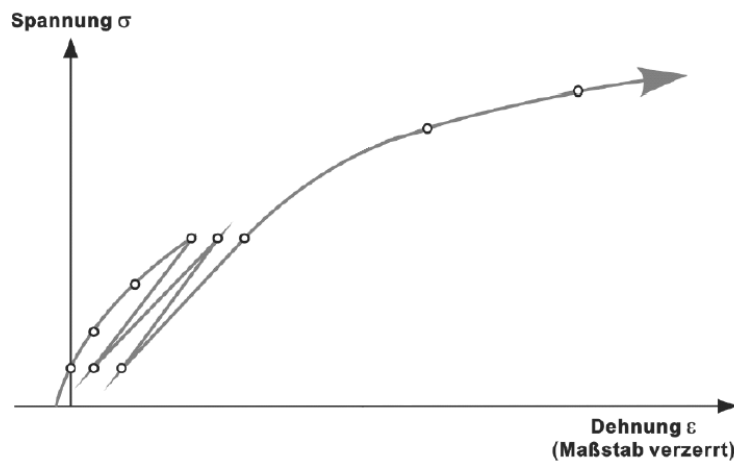
Festbeton (13)**Aufgabe 17:** (6,5 Punkte)

Ein Kühlturm aus Stahlbeton ist Bestandteil einer Kraftwerksanlage in unmittelbarer Nähe zur Nordsee und ist für die Rauchgasableitung konzipiert.

- a) Durch welche Stoffe aus der Bauteilumgebung kann es zur Depassivierung der Bewehrung kommen?
- b) Am Kühlturm kondensieren Sulfat-haltige Verbindungen aus dem Kraftwerksbetrieb. Nennen Sie alle Expositionsklassen (keine Unterklassen), die Sie den Kühlturm hinsichtlich Betonkorrosion zuordnen würden!
- c) Für den Kühlturm als massiges Bauteil wurde bei der Herstellung ein Zement CEM III/A 32,5 N-LH/NA verwendet. Erwarten Sie mit diesem Zement einen höheren oder niedrigeren Carbonatisierungswiderstand als mit reinem Portlandzement? Begründen Sie Ihre Antwort stichpunktartig!
- d) Nach mehreren Jahren Nutzung sollen bei einer Bauwerksprüfung am Kühlturm die Betondruckfestigkeiten geprüft werden. Nennen Sie drei zerstörungsfreie Prüfverfahren zur Beurteilung der Betondruckfestigkeit!

Aufgabe 18: (1,5 Punkte)

Im nachfolgenden Diagramm ist eine Arbeitslinie schematisch dargestellt, nach denen E-Modul-Prüfungen von Festbeton ablaufen.



Nennen Sie den Grund für die zweifache Be- und Entlastung vor dem Anstieg des dritten Belastungsastes!

Aufgabe 19: (2 Punkte)

Worin unterscheiden sich Spannungsdehnungslinien von Festbeton mit konstanter Belastungsgeschwindigkeit von denen mit konstanter Dehngeschwindigkeit?

Aufgabe 20: (1 Punkt)

Nennen Sie eine Eigenschaft des Betons, die durch das Zumischen von Fasern verbessert werden kann!

Aufgabe 21: (2 Punkte)

- a) Nennen Sie die obere Rohdichtegrenze von Leichtbeton (mit Einheit)!
- b) Nennen Sie ein typisches Einsatzgebiet von Leichtbeton!

Glas (5)**Aufgabe 22:** (3 Punkte)

- a) Aus welchen Komponenten setzt sich der Wärmefluss durch konventionelles Wärmedämmglas ohne Wärmeschutzbeschichtung zusammen?
- b) Nennen Sie drei Faktoren, die die Schalldämmung von Wärmedämmgläsern positiv beeinflussen!

Aufgabe 23: (2 Punkte)

Nennen Sie zwei Verfahren für die Formgebung von Glas!

Betonentwurf (30)

Aufgabe 24: (30 Punkte)

Für die Fußball-Weltmeisterschaft 2018 wird das Zentralstadion in Wolgograd, Russland, neu errichtet. Sie haben die Aufgabe, den Beton für die frei bewitterten Stützen (\varnothing 40 cm, hoher Bewehrungsgrad) des neuen Stadions zu entwerfen. Der Tragwerksplaner fordert hierfür einen Beton mit der Festigkeitsklasse C50/60.

Als einsetzbare Zemente stehen Ihnen ein CEM II/A-D 52,5 R, ein CEM I 42,5 N sowie ein CEM III/A 32,5 L zur Verfügung. Für die Rohdichte von Zement ist ein üblicher Wert anzunehmen. Zusätzlich zum Zement soll Silikastaub ($\rho_D = 2,2 \text{ kg/dm}^3$) zu 8 M.-% des Zementes eingesetzt werden.

Die vorhandene Gesteinskörnung ist ein regionaler Kalkstein mit einer Rohdichte von $\rho_{Gk} = 2,6 \text{ kg/dm}^3$. Diese ist unterteilt in die Fraktionen 0/4, 4/8 und 8/16. Die Eigenfeuchte des Sandes beträgt 6,2 M.-%, die Eigenfeuchte des Kies 2,6 M.-%. Beide Eigenfeuchten sind in der Stoffraumrechnung zu berücksichtigen. Die Sollsieblinie soll einer mittel- bis feinkörnigen Sieblinie mit $D_{max} = 16 \text{ mm}$ entsprechen. Die Konsistenz des Frischbetons ist unter Berücksichtigung der Einbaubedingungen sinnvoll zu wählen. Der LP-Gehalt ist ebenfalls sinnvoll anzunehmen.

Korngruppe	Siebrückstand in Gramm auf den Einzelsieben [Sieblochweiten in mm]								
	0	0,125	0,250	0,5	1	2	4	8	16
0/4	5,5	58,5	83,0	112,5	95,5	124,5	17,0	3,5	0
4/8	0	0	0	0	0	149,5	2167,0	183,5	0
8/16	0	0	0	0	27,5	69,0	70,5	3300,00	33,0

a) Bestimmen Sie die maßgeblichen Expositionsklassen für das oben vorgestellte Bauprojekt und geben Sie alle zugehörigen Mindest- bzw. Maximalwerte inkl. Einheiten an!

b) Wählen Sie die erforderliche Sollsieblinie aus einer der vier Sieblinien des gegebenen Diagramms und bestimmen Sie mit Hilfe des Unterkornverfahrens die einzelnen Anteile der Kornfraktionen, die Ist-Sieblinie und die Körnungsziffer (k-Wert) zur Wasserbestimmung.

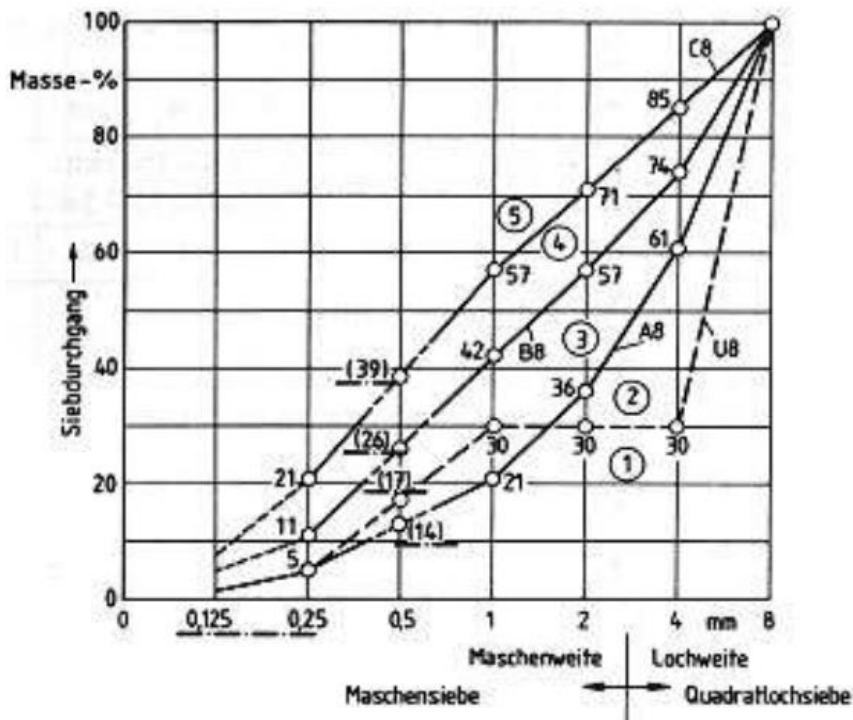
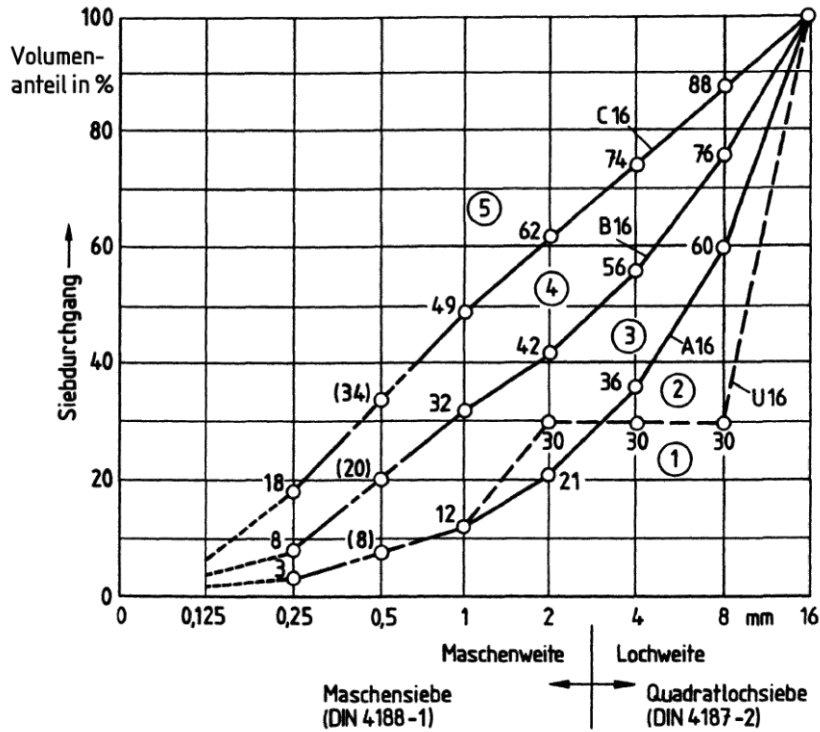
c) Bestimmen Sie aus dem gegebenen Diagramm den Wasseranspruch für 1 m^3 Beton! Begründen Sie Ihre Wahl stichpunktartig.

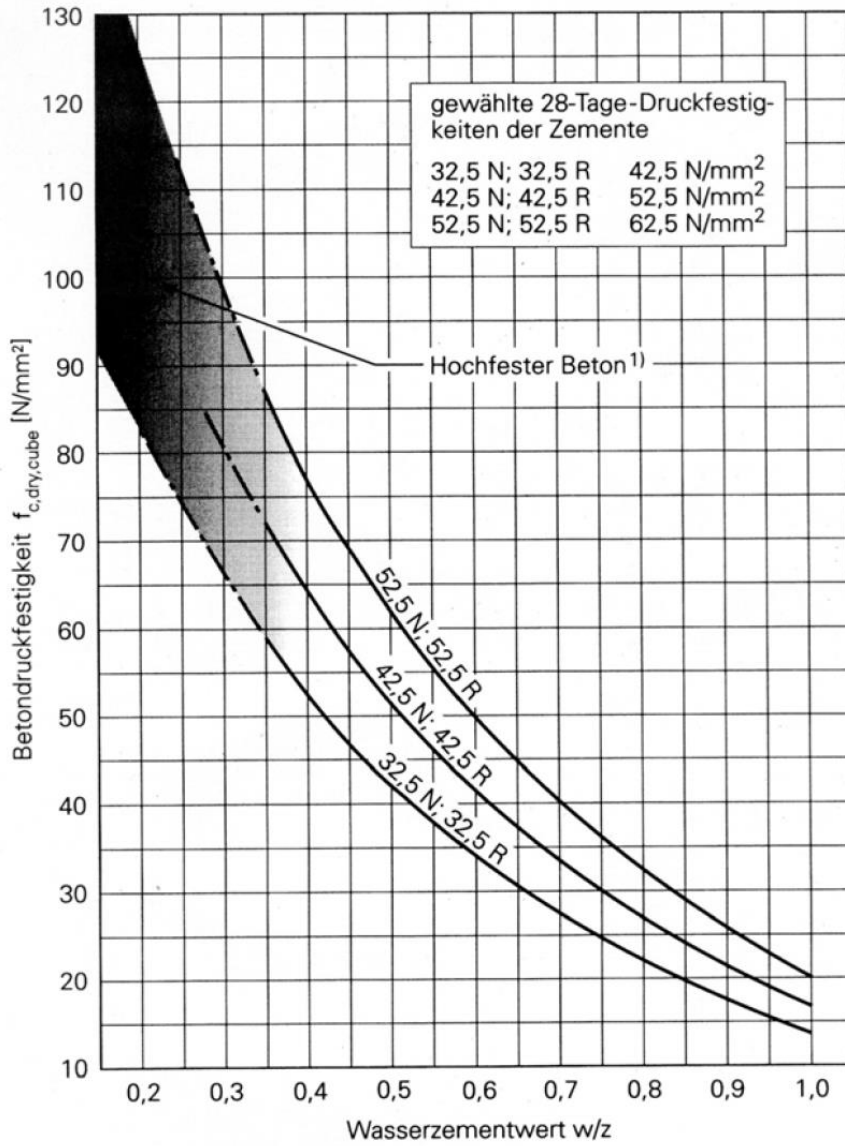
- d) Welchen Zement wählen Sie aus den oben genannten Zementarten aus? Begründen Sie Ihre Entscheidung.
- e) Bestimmen Sie den Zement- und Silikastaubgehalt für 1 m³ Beton!
- f) Bestimmen Sie die Masse der Gesteinskörnung und das Zugabewasser für 1 m³ Beton unter Berücksichtigung der Eigenfeuchte der Gesteinskörnung. Fassen Sie alle Bestandteile Ihres ermittelten Betons noch einmal zusammen!
- g) Bestimmen Sie die Frischbetonrohichte und geben Sie sie in kg/dm³ an!
- h) Welches Zusatzmittel würden Sie – basierend auf Ihrem Betonentwurf und den gegebenen Bedingungen – einsetzen?
- i) Der Architekt möchte gerne weiße Sichtbetonstützen haben. Mit welchen betontechnologischen Maßnahmen kann dies umgesetzt werden? Nennen Sie zwei. **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:

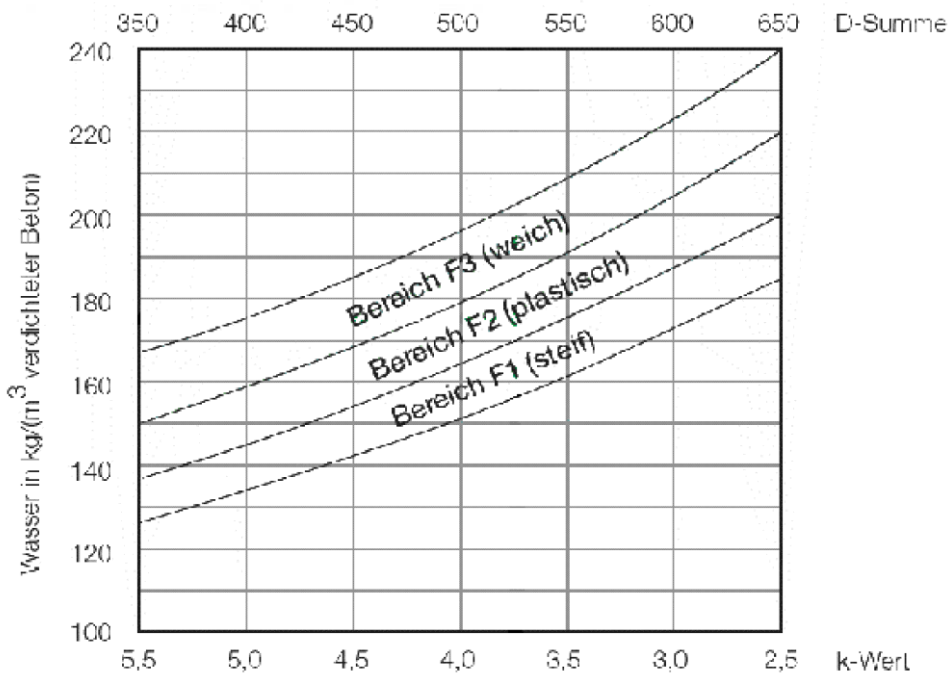
Durchschnittliche Temperaturen in Wolgograd, Russland:

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Ø. Temperatur (°C)	-7.5	-7.4	-1.9	9.4	17.1	21.9	24.3	23	16.2	8.5	0.6	-4





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



Klassen- bezeichnung	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

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

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

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

^c Siehe Fußnoten in Tabelle F.2.1.
^d Siehe Fußnoten in Tabelle F.2.1.
^e Siehe Fußnoten in Tabelle F.2.1.
^f Der mittlere Luftgehalt im Frischbeton unmittelbar vor dem Einbau muss bei einem Größtkorn der Gesteinskörnung von 8 mm \geq 5,5% Volumenanteil, 16 mm \geq 4,5% Volumenanteil, 32 mm \geq 4,0% Volumenanteil und 63 mm \geq 3,5% Volumenanteil betragen. Einzelwerte dürfen diese Anforderungen um höchstens 0,5% Volumenanteil unterschreiten.
^g Zusatzstoffe des Typs II dürfen zugesetzt, aber nicht auf den Zementgehalt oder den w/z angerechnet werden.
^h 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 Gesteinskörnungsgemisch soll möglichst grobkörnig sein.
ⁱ Höchstzementgehalt 360 kg/m^3 , jedoch nicht bei hochfesten Betonen.
^j Erdfeuchter Beton mit $w/z \leq$ 0,40 darf ohne Luftporen hergestellt werden.
^k Z. B. Vakuumieren und Flügelglätten des Betons
^l Schutzmaßnahmen siehe 5.3.2

Lösung Aufgabe 24:

