



Grenzwerte für die Expositionsklassen bei chemischem Angriff (Grundwasser) nach DIN EN 206-1 / DIN 1045-2				Grenzwerte für die Betonzusammensetzung nach DIN 1045-2					
Merkmal	Einheit	XA1	XA2	XA3		Expositionsklasse	XA1	XA2 1) 2)	XA3 ^{1) 3)}
SO42-	mg/l	200 - 600	600 - 3.000	3.000 - 6.000		höchstzulässiger w/z	0,60	0,50	0,45
pH-Wert	-	6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	4,5 - 4,0		Mindestdruckfestig- keitsklasse	C25/30	C35/45	C35/45
CO ₂ angreifend	mg/l	15 - 40	40 - 100	> 100		Mindestzementgehalt in kg/m ³	280	320	320
NH_4^+	mg/l	15 - 30	30 - 60	60 - 100		Mindestzementgehalt	270	270	270
Mg ²⁺	mg/l	300 - 1 000	1.000 -	> 3.000		Zusatzstoffen in kg/m ³	270	270	270
		1.000	0.000				 Zement m Einsatz vo Schutzma 	it Sulfatwiders on Flugasche I ßnahmen	stand bis 1.500 mg
DAfStb-Tagung_26-	11-2014.pptx				3	RWT	AACH	IFN	

Sulfatbeanspruchung von Betonbauteilen im Grundwasser Gründe für lokal erhöhte Sulfatkonzentrationen: Düngemittel Bauschutthalden (Gips, Löslichkeit: 1440 mg SO₄²⁻/l) Bergbau: Oxidation von sulfidhaltigen Gesteinen (Kippengrundwasserleiter bis zu 3600 mg SO₄²⁻/l)

Anforderungen und Grenzwerte in der Norm

2



















Prüfverfahren I Messung der sulfatbedingten Dehnungen					
		CEN UL-L-			
	SVA	Wittekind			
Probekörper	Flachprismen (Kleinprismen (20 x 20 x 160 mm ³)			
Sulfatlösung (NaSO ₄)	29.800 mg SO ₄ ²⁻ /l	urspr.: 14.400 mg SO ₄ ^{2-/I} später: 29.800 mg SO ₄ ^{2-/I}	16.000 mg SO ₄ ²⁻ /l		
Wechsel der Prüflösung	alle 14 d	monatlich	monatlich		
Vergleichslagerung	Ca(OH) ₂ -Lösung	Wasser	Wasser		
Vorlagerung	bis zum Alter von 14 d in Ca(OH) ₂ -Lösung	bis zum Alter von 14 d in Wasser	bis zum Alter von 28 d in Wasser		
w/z-Wert des Mörtels	0,5	0,6	0,5		
Prüftemperatur	20 °C, später zusätzlich 5 °C	20 °C	20 °C		
Prüfdauer	91 d	56 d	nicht festgelegt		
Prüfkriterium	Δε ≤ (nicht festgelegt			
DA/Stb-Tagung_26-11-2014.ptx 14					

Prüfverfahren II Ermittlung der Gefügeschädigung					
	Koch- Steinegger	MNS			
Prinzip	Visuelle Schäden und Bestimmung der relativen Biegezugfestigkeit	Bestimmung der relativen Zugfestigkeit			
Probekörper	Kleinprismen (10 x 10 x 60 mm ³)	Normprismen (40 x 40 x 160 mm ³)			
Sulfatlösung (NaSO ₄)	25.000 mg SO ₄ ⁻²⁻ /I	33.900 mg SO ₄ ²⁻ /I			
Wechsel der Prüflösung	_	alle 28 d			
Vergleichslagerung	Wasser	Wasser			
Vorlagerung / -behandlung	bis zum Alter von 21 d in Wasser	Wasserlagerung, Luftlagerung, dann Unterdrucksättigung bei 150 mbar			
Zusammensetzung	Mörtel, w/z = 0,6	Beton (Sieblinie A/B 8), z = 360 kg/m ³			
Prüftemperatur	20°C	8°C			
Prüfdauer	56 d	84 d oder 120 d			
Prüfkriterium	$\beta_{\text{BZ,Sulfat}} / \beta_{\text{BZ,Wasser}} \ge 0,7$	$\beta_{Z,Sulfat} / \beta_{Z,Wasser} \ge 0.8 (84 \text{ d}) \text{ oder} \\ \ge 0.7 (120 \text{ d})$			
DAfStb-Tagung_26-11-2014.pptx	DA/Sib-Tagung_26-11-2014.pptx 15				

Untersuchungen nach modifiziertem SVA-Verfahren Prüfbedingungen

	SVA-Verfahren Untersuchungen am ibac			
Probekörper	Flachprismen (160 · 40 · 10 mm ³)			
Vorlagerung	14 Tage in gesättigter Ca(OH) ₂ -Lösung	28 Tage in gesättigter Ca(OH) ₂ -Lösung		
Konzentration der Na ₂ SO ₄ -Lösung	30.000 mg/l SO ₄ ²⁻ 3.000 mg/l SO ₄ ²⁻			
Wechsel der Prüflösung	alle 14 Tage alle 14 Tage bis zu Alter von 18 Tagen, anschließend alle 28 Ta			
Referenzlagerung	gesättigte Ca(OH) ₂ -Lösung			
Lagertemperatur	5, 20 °C	5, 8, 12, 20 °C		
Bindemittel	-	 CEM I 42,5 R-HS CEM I 42,5 R + FA CEM I 52,5 N + FA 		
Prüfparameter	 Dehnungsdifferenz (dynamischer E-Modul) 	 Dehnungsdifferenz dynamischer E-Modul Phasenzusammensetzung nach Sulfatlagerung 		
gung_26-11-2014.pptx	16			













































Sulfat- beanspruchung	fat- Inspruchung Bauwerk		Zement	w/z	Sulfat- konzentration [mg/l]	Beobachtung	
Erhöhte Sulfatkonzontration	Brücke Wickerode	15	CEM I + FA	k. A.	800	hohe Porosität, Phasenumwandlungen bis 1 cm Tiefe	
in fließendem Wasser	Brücke Gera 1	12	CEM I + FA	0,5	2.000	hohe Festigkeit, Phasenumwandlungen bis 2 cm Tiefe	
Erhöhte Sulfatkonzentration in fließendem Wasser	Kanal Cospuden	3	CEM III + FA	0,48	1.000, pH = neutral	hohe Festigkeit, Phasenumwandlunger bis 0,5 cm Tiefe	
bei reduziertem pH-Wert	Betonbassin Restloch 29	2	CEM III + FA	0,45	400, pH = 3,3	hohe Festigkeit, Phasenumwandlungen	
Beton in Kontakt mit konzentrierter Salzlösung	Betonbassin Bischofferode	7	CEM III + FA	k. A.	7.400	hohe Festigkeit, Phasenumwandlungen bis 2 cm Tiefe, Chloridangriff	
Beton in gipshaltigen Böden	Funkmast Vogelsberg	10	CEM III + FA	k. A.	3.000 mg/kg (Boden)	hohe Festigkeit, Phasenumwandlungen bis 2 mm Tiefe	
Quelle: Bellmann, F.; Erfurt, W.; Ludwig, HM.: Field performance of concrete exposed to sulphate and low pH conditions. In: Cement and Concrete Composites 34 (2012), S. 86-93							
DAIStb-Tagung_26-11-2014.pptx 39 RWTHAACHEN							

Felduntersuchungen an Betonen mit Flugasche





Zusammenfassung
Starke Gipsbildung im Randbereich bei praxisnaher hoher Sulfatkonzentration (XA2) nicht zu erwarten
Derzeitige bekannte Prüfverfahren entsprechen nicht der Praxis bzgl. Einwirkung und Widerstand. Wittekindt-Verfahren wurde zur Qualifizierung von HS-Zementen entwickelt und nicht für Komposite, wie sie in heutigen Betonen zum Einsatz kommen
Erhebliche Schädigungen im Labor auch bei moderater Sulfatkonzentration (3.000 mg/l) nach relativ kurzer Zeit
Flugasche/Portlandzementmischungen erreichen bei Anrechnung auf den Wasserzementwert Dehnungen im Bereich von Portland-HS-Zementen.
Entsprechende Erkenntnisse müssen in einem aktualisierten Prüfverfahren zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von Beton beachtet werden
DAISIb-Tagung_26-11-2014.ptx 42