



Technik und Forschung im Betonbau

U 173008

Untersuchungen zur Freigabe von Pneu- matit als Zusatzstoff für Hochbaubetone gemäss SN EN 206:2013 (2. Auflage)

Auftraggeber:

Pneumatit AG
Herr Markus Sieber
Klosterplatz 1
8462 Rheinau



Verfasser:

Dr. Fritz Hunkeler
Beratung & Expertisen
hunkeler@tfb.ch
062 887 72 25

Wildeg, 31. Oktober 2017

(Leerseite)

Titelseite: Concha nautili pompilii (einer der Ausgangsstoffe für Pneumatit). Download: https://www.todocoleccion.net/coleccionismo-moluscos/nautilus-pompilius-concha-marina~x48900713#sobre_el_lote am 27.10.2017

Inhalt

1	Auftrag	5
2	Grundlagen	5
3	Untersuchungen	5
	3.1 Allgemeines	5
	3.2 Prüfmischungen	6
	3.3 Prüfungen	6
4	Ergebnisse der Prüfungen	7
	4.1 Frischbetoneigenschaften	7
	4.2 Würfeldruckfestigkeit	7
	4.3 Wasserleitfähigkeit (WL)	8
	4.4 Karbonatisierungswiderstand (KW)	8
5	Gesamtbewertung der Ergebnisse	9
6	Empfehlungen an den Auftraggeber	9
7	Empfehlungen an die Zertifizierungsstelle	9

Anhänge

- 1 Detailangaben zu den Prüfmischungen
- 2 Prüfberichte der Frischbeton- und Druckfestigkeitsprüfungen
- 3 Prüfberichte der Wasserleitfähigkeitsprüfungen
- 4 Prüfbericht der Karbonatisierungsprüfung

U 173008: Untersuchungen zur Freigabe von Pneumatit

(Leerseite)

1 Auftrag

Die TFB AG erhielt von der Pneumatit AG basierend auf der Offerte Nr. 97086 vom 15.06.2017 den Auftrag, den in der **Tabelle 1** aufgeführten Zusatzstoff Typ I gemäss dem nationalen Anhang NC zur Norm SN EN 206:2013 (2. Auflage) (nachfolgend mit SN EN 206 bezeichnet) zu untersuchen. Diese Untersuchungen sind für die Freigabe durch die Zertifizierungsstelle erforderlich. Die Basis für die Freigabe dieses Stoffes wurde im seit 01.05.2017 gültigen Korrigenda C2, Ziffer NA.5.2.5.2.1(8), gelegt.

Tabelle 1: Zu untersuchendes Produkt.

Bezeichnung des Produkts	Hersteller, Herstellerbezeichnung	Freigabe für die Expositionsklassen
Zusatzstoff Typ I	Pneumatit AG, Klosterplatz 1, 8462 Rheinau Pneumatit	Expositionsklassen gemäss SN EN 206 für Hochbaubetone

Für das untersuchende Produkt liegt eine ETB vor (ETB-16/0551 vom 22.08.2016 des Österreichischen Instituts für Bautechnik, Wien).

2 Grundlagen

In der Schweiz sind nur bestimmte Zusatzstoffe für die Verwendung für Beton frei gegeben („zugelassen“). Diese sind in der SN EN 206 namentlich genannt. In der Tabelle NA.2 „Maximale anrechenbare Zusatzstoffmengen Typ II zur Gewährleistung der Dauerhaftigkeit“ sind jene Stoffe aufgeführt, für die ein k-Wert festgelegt ist.

Der nationale Anhang NC „Regelungen für die Freigabe von Zusatzstoffen und Zement-Zusatzstoffkombinationen für die Herstellung von Beton gemäss der Norm SN EN 206:2013“ regelt die Freigabe von neuen Zusatzstoffen und neuen Zement-Zusatz-Kombinationen für die Herstellung von Beton nach SN EN 206, die nicht oder nur teilweise durch die Norm abgedeckt sind. Die im Rahmen dieses Auftrags durchgeführten Untersuchungen entsprechen dem Antrag NC.2.2:

NC.2.2 Antrag für die Freigabe eines Stoffes gemäss NA.5.2.5.2.1(8) oder eines reaktiven Zusatzstoffs (Typ II) nach SN EN 206, für den es keine schweizerischen Regelungen für die Verwendung gemäss SN EN 206 gibt.

Die Freigabe gemäss NC.2.2 ist an das zu prüfende Produkt und an dessen Hersteller oder Zwischenhändler gebunden.

3 Untersuchungen

3.1 Allgemeines

Mit dem Antrag vom 14.07.2017 an die Zertifizierungsstelle hat der Auftraggeber vorgeschlagen, dass gemäss Ziffer NC.4.3.3 der SN EN 206 verfahren wird und die Prüfmischungen 1 und 3 mit dem Maximalgehalt an Pneumatit hergestellt und geprüft werden. Weiter wurde vorgeschlagen, die Betone mit dem Zement CEM II/A-LL herzustellen.

Mit Brief vom 07.09.2017 hat die Zertifizierungsstelle dem Auftraggeber mitgeteilt, dass die Normkommission 262 am 31.08.2017 den vorgeschlagenen Prüfumfang genehmigt hat.

3.2 Prüfmischungen

Für die Untersuchungen wurden die Prüfmischungen gemäss **Tabelle 2** mit einem Frischbetonvolumen von je 120 Litern hergestellt und geprüft. Die Betone wurde mit dem Maximalgehalt an Pneumatit von 125 ml/m³ Beton hergestellt.

Die genauen Zusammensetzungen der hergestellten Mischungen sind im **Anhang 1** zu finden. Die verwendeten Ausgangsstoffe sind in der **Tabelle 3** aufgeführt.

Tabelle 2: Zusammenstellung der Prüfmischungen für Hochbaubetone (Grösstkorn 32 mm)

Prüfmischung Nr.	Expositionsklasse (CH)	Anforderungen
M1	XC1, XC2	max. w/z-Wert = 0,65 Mindestzementgehalt ^{a)} = 280 kg/m ³
M3	XC4, XF1	max. w/z-Wert = 0,50 Mindestzementgehalt ^{a)} = 300 kg/m ³
^{a)} Ohne Anrechnung von Zusatzstoffen		

Tabelle 3: Verwendete Ausgangsstoffe.

Ausgangsstoff	Bezeichnung	Herkunft, Hersteller, Lieferant
Geprüfter Zusatzstoff	Pneumatit	Pneumatit AG, Klosterplatz 1, 8462 Rheinau
Zement	CEM II/A-LL 42,5 N	JCF, Wildegg
Gesteinskörnungen (GK)	Grobe GK („Kies“) Feine GK („Sand“)	Holcim Kies und Beton AG, Werk Mülligen
Fliessmittel	Viscocrete 3082	Sika Schweiz AG

3.3 Prüfungen

Es wurden die Prüfungen gemäss den Vorgaben des Nationalen Anhangs L durchgeführt (**Tabelle 4**).

Tabelle 4: Prüfungen und Normen (Hochbaubetone).

Prüfungen		Normen	Anzahl Einzelprüfungen pro Termin
Frischbetonprüfungen	Konsistenzmessung sofort und 45 Minuten nach Herstellung	SN EN 12350-5 (Ausbreitmass)	1
	Frischbetonrohddichte	SN EN 12350-6	1
	Luftgehalt	SN EN 12350-7	1
Herstellung der Probekörper für Festbetonprüfungen		SN EN 12390-2	
Druckfestigkeit	nach 2, 7 und 28 Tagen	SN EN 12390-3	3
Dauerhaftigkeitsprüfungen nach 28 Tagen	Wasserleitfähigkeit	SIA 262/1:2013, Anhang A	5
	Karbonatisierungswiderstand	Norm SIA 261/1:2103, Anhang I	1

Die Anzahl der zu prüfenden Prüfkörper bei den Dauerhaftigkeitsprüfungen richtete sich nach den Vorgaben der Norm SIA 262/1, dem nationalen Anhang NA und NB der SN EN 206.

4 Ergebnisse der Prüfungen

Die Prüfberichte sind in den **Anhängen 2 bis 4** enthalten.

4.1 Frischbetoneigenschaften

Die Resultate der Frischbetonprüfungen sind in der **Tabelle 5** zusammengestellt. Rohdichte, Luftgehalt und die Konsistenz, gemessen sofort nach der Herstellung, lagen im erwarteten bzw. im angestrebten Rahmen.

Die Konsistenz verschlechterte sich bei den Betonmischungen mit der Zeit mehr oder weniger deutlich. Sie war 45 Minuten nach der Herstellung meist 1 Konsistenzklasse schlechter als sofort nach der Herstellung.

Bewertung: Gemäss dem nationalen Anhang NC haben die Resultate der Frischbetonprüfungen orientierenden Charakter und werden nicht bewertet.

Tabelle 5: Resultate der Frischbetonprüfungen

Messgrösse		Mischung	
		M1A	M3A
Herstellung			
Zementgehalt	kg/m ³	280	300
w/z	-	0.65	0.50
FM	%/Z	0.00	0.10
Lufttemperatur	°C	16.4	16.5
Betontemperatur	°C	19.2	19.2
Rohdichte	kg/m ³	2380	2420
Luftgehalt	Vol.-%	0.8	1.3
Konsistenz			
Ausbreitmass, 0 min.	mm	540	440
Ausbreitmass, 45 min.	mm	470	380
Differenz	mm	-70	-60
Ausbreitmass, 0 min.	Klasse	F4	F3
Ausbreitmass, 45 min.	Klasse	F3	F2
Differenz	Klasse	-1	-1

4.2 Würfeldruckfestigkeit

Die Mittelwerte der Druckfestigkeit nach 2, 7 und 28 Tagen sowie die 2- und 7-Tage-Festigkeiten in % der 28-Tage-Druckfestigkeit (=100%) sind in der **Tabelle 6** zusammengestellt.

Kriterium: Die 28-Tage-Druckfestigkeiten der beiden Prüfmischungen müssen die Anforderung an die entsprechenden Expositionsklassen gemäss Tabelle NA.5 erfüllen.

Bewertung: Alle Prüfmischungen erfüllen das Kriterium.

U 173008: Untersuchungen zur Freigabe von Pneumatit

Tabelle 6: Mittelwerte der Würfeldruckfestigkeit der verschiedenen Mischungen nach 2, 7 und 28 Tagen und Festigkeitsentwicklung in % der 28-Tage-Festigkeit. Hochbaubetone.

Alter, Tage	Druckfestigkeit, N/mm ²		Druckfestigkeitsentwicklung, %28d-Werte	
	Mischung		Mischung	
	M1A	M3A	M1A	M3A
2	12.3	21.7	43%	49%
7	21.1	34.1	73%	77%
28	28.8	44.1	100%	100%
Festigkeitsklasse gem. Tab. NA.2	C20/25	C30/37		
Bewertung	erfüllt	erfüllt		

4.3 Wasserleitfähigkeit (WL)

Die Resultate der Wasserleitfähigkeitsprüfungen sind in der **Tabelle 7** zusammengestellt.

Kriterium: Grenzwert für Serienmittelwert für jede Prüfmischung: $q_w \leq 10 \text{ g/m}^2\text{h}$

Bewertung: Alle Prüfmischungen erfüllen das Kriterium.

Tabelle 7: Serienmittelwerte und Standardabweichungen der Wasserleitfähigkeit der verschiedenen Mischungen.

Messgrösse	Wasserleitfähigkeit, g/m ² h	
	Mischung	
	M1A	M3A
Mittelwert	6	4
Standardabweichung	1.5	0.9
Kriterium	$\leq 10 \text{ g/m}^2\text{h}$	
Bewertung	erfüllt	erfüllt

4.4 Karbonatisierungswiderstand (KW)

Für die Bewertung der Ergebnisse gelten die Grenzwerte gemäss **Tabelle 8**. Die Grenzwerte K_N sind abhängig von der Nutzungsdauer und der Überdeckung.

Tabelle 8: Grenzwerte für den Karbonatisierungskoeffizienten

Parameter		Expositionsklasse				
		XC3		XC4		
Nutzungsdauer	Jahre	50	100		50	100
Bewehrungsüberdeckung c_{nom}	mm	35	35	40	40	40
Karbonatisierungskoeffizient K_N	mm/Jahr ^{1/2}	5.0	4.0	4.5	5.0	4.5

U 173008: Untersuchungen zur Freigabe von Pneumatit**Tabelle 9:** Karbonatisierungskoeffizient der geprüften Mischung und Bewertung des Karbonatisierungswiderstandes.

Messgrösse	Mischung
	M3A
Karbonatisierungskoeffizient K_N, mm/Jahr^{1/2}	4.0
Kriterium (50 Jahre), mm/Jahr ^{1/2} und Bewehrungsüberdeckung gemäss Norm SIA 262	≤5.0
Bewertung	erfüllt
Kriterium (100 Jahre), mm/Jahr ^{1/2} und Bewehrungsüberdeckung gemäss Norm SIA 262	≤4.5
Bewertung	erfüllt

Bewertung: Die Prüfmischung erfüllt die Kriterien für eine Nutzungsdauer von 50 und 100 Jahren.

5 Gesamtbewertung der Ergebnisse

Der Zusatzstoff „Pneumatit“ hat, soweit geprüft, keine erkennbaren Auswirkungen auf die Betoneigenschaften der geprüften Hochbaubetone. Alle geprüften Betone erfüllen die Anforderungen..

6 Empfehlungen an den Auftraggeber

- Keine.

7 Empfehlungen an die Zertifizierungsstelle

Auf Grund der Gesamtbewertung empfehlen wir, den geprüften Zusatzstoff „Pneumatit“ für die Anwendung im Hochbau (alle Expositionsklassen) freizugeben.

TFB AG – Technik und Forschung im Betonbau

Dr. Fritz Hunkeler
Beratung + Expertisen

Roger Wasmer
Labor

Anhang 1

Detailangaben zu den Prüfmischungen

173008: Freigabe von Pneumatit

Prüfmischungen mit CEM II/A-LL von JCF, Wildegg

Material-Management:

Mischungsgrösse: **120 Liter**
120 Liter

Auftrags-Nr.	Mischungs-Nr.	Herstell-datum	Expositionsklasse	max. w/z-Wert	Zement-gehalt [kg/m ³]	Luftgehalt [Vol.%]	Annahme Luftgehalt [Vol.%]	Mengen pro Zementsorte und Mischung [kg]												
								Zement	Wasser	GK _{brech} 0/2	GK _{rund} 0/4	GK 4/8	GK 8/16	GK 16/32	GK _{total}	Sika Viscocrete 3082		Sika FRO-V5-A		Total
										12%	24%	8%	24%	32%		[% Zem.]	[kg]	[% Zem.]	[kg]	
01	1 (Sorte A)	26.07.2017	XC2	0.65	280	≤ 2	1.0%	33.6	21.8	27.639	55.279	18.426	55.279	73.705	230.33	0.00	0.000	0.00	0.000	2381.4
02	3 (Sorte C)	26.07.2017	XC4, XF1	0.50	300	< 2	1.0%	36.0	18.0	28.621	57.243	19.081	57.243	76.324	238.51	0.40	0.144	0.00	0.000	2438.8

Mengen pro Zementsorte [kg]

70	40	56	113	38	113	150	469		0.144		0.00
-----------	----	----	-----	----	-----	-----	-----	--	-------	--	------

Rohdichte Zement: **3.05 [kg/dm³]**
Rohdichte Gesteinskörnung: 2.68 [kg/dm³]

Pneumatit Dosierung : 125 ml /m³ Baustoff entspricht auf 120 Liter Beton = **15 ml pro Mischung**

Zemente: Min. 70 kg Ideal 250 kg

Ausbreitmass Zielwert: F3 420-480 mm nach 0 Min. und 45 Min.

Dosierung Zusatzmittel: gemäss Zementhersteller: gemäss Sika TM:

FM: Sika Viscocrete 3082: 0.8 - 1.0 % bez. Zement 0.4 - 1.5 % bez. Zement

Vorsicht bei der Zudosierung der Zusatzmittel!
Vorallem dann, wenn beide zum Einsatz kommen.



Anhang 2

Prüfberichte der Frischbeton- und Druckfestigkeitsprüfungen



Pneumatit AG
 Herr Markus Sieber
 Klosterplatz 1
 8462 Rheinau

Prüfbericht

Wildegg, 24. August 2017

Frischbetonkontrolle (FBK)

SN EN 12350-1, SN EN 12350-4 bis -7, SN EN 12390-2 und SIA 262/1 Anhang H / SOP 3084

Bauobjekt Untersuchung zur Freigabe von Pneumatit für Hochbaubetone
Bauteil Prüfmischung 1 (Sorte A) XC2
Projekt-Nr. 173008 - 01

Angaben des Auftraggebers / Herstellers

Festigkeitsklasse	---	Betonwerk	TFB AG, Lindimatten	
Expositionsklassen	XC2	Rezeptur-Nr.	Sorte A	
Chloridgehaltskl.	Cl 0.10	Zementart	CEM III/A-LL 42.5 N	
Konsistenzklasse	F3			280 kg/m ³
Angaben zur Gesteinskörnung		Zusatzstoff Typ II	Flugasche	--- kg/m ³
Grösstkorn D _{max.}	32 mm		Silikastaub	--- kg/m ³
Korrekturfaktor G	---	(A _c =A ₁ -G)	Silikast.-Slurry	--- kg/m ³
Wasseraufnahme w _G	---	(w=w ₀ -w _G)	Zusatzmittel 1	--- % Zem.
			Zusatzmittel 2	--- % Zem.
Weitere Angaben	Pneumatit 125 ml/m ³			

Datum FBK 26.07.2017 Entnahme Labormischer Labor
 Witterung Labor Stichproben Laborant re

Nr.	Liefer-schein Nr.	Herstellung [h:min]	Entnahme [h:min]	Temperatur		Roh-dichte [kg/m ³]	Luft A ₁ [%]	Wassergehalt			Konsistenz			Prüf-körper
				Luft [°C]	Beton [°C]			m ₀ [g]	w ₀ [kg/m ³]	w ₀ /z *) [-]	c [-]	f [mm]	Kl.	
1	-	9:42	9:47	16.4	19.2	2380	0.8					540	F4	W 1-12
2			10:32									470	F3	
3														
4														
5														
6														

E = Entmischung festgestellt bei Ausbreitmass F; W = Würfel; P = Prismen

*) w₀/z, ohne Berücksichtigung der Wasseraufnahme w_G

Bemerkungen zur Frischbetonkontrolle

Bauobjekt Untersuchung zur Freigabe von Pneumatit für Hochbaubetone
Bauteil Prüfmischung 1 (Sorte A) XC2
Projekt-Nr. 173008 - 01

Druckfestigkeiten

SN EN 12390-3 / SOP 3050

Prüfkörper

150 x 150 x 150 mm

Prüfkörperoberfläche

gesättigt

Probenbezeichnung	Hersteldatum	Prüfdatum	Prüfalter [d]	Abmessungen			Masse [g]	Rohdichte [kg/m ³]	Bruchlast [kN]	Druckfestigkeit		
				l [mm]	b [mm]	h [mm]				[MPa]	Bruchbild	
W1	26.07.2017	28.07.2017	2	150.0	149.7	149.9	7'998	2380	279.2	12.4	normal	
W2	26.07.2017	28.07.2017	2	150.6	150.7	150.5	8'137	2380	291.4	12.8	normal	
W3	26.07.2017	28.07.2017	2	150.3	149.6	150.3	8'115	2400	262.0	11.7	normal	
Prüfort geprüft durch		Wildegger	Mittelwert					2390			12.3	
			<i>Standardabweichung</i>					11.5			0.6	
W4	26.07.2017	02.08.2017	7	150.3	150.1	150.2	8'149	2400	469.5	20.8	normal	
W5	26.07.2017	02.08.2017	7	150.7	150.9	150.5	8'150	2380	483.1	21.2	normal	
W6	26.07.2017	02.08.2017	7	150.4	149.7	150.3	8'141	2410	478.7	21.3	normal	
Prüfort geprüft durch		Wildegger	Mittelwert					2400			21.1	
		aw	<i>Standardabweichung</i>					15.3			0.3	
W7	26.07.2017	23.08.2017	28	150.7	149.7	150.2	8'185	2420	657.5	29.1	normal	
W8	26.07.2017	23.08.2017	28	150.7	150.6	150.0	8'153	2390	644.1	28.4	normal	
W9	26.07.2017	23.08.2017	28	150.7	151.3	150.3	8'218	2400	655.2	28.7	normal	
Prüfort geprüft durch		Wildegger	Mittelwert					2400			28.8	
		st	<i>Standardabweichung</i>					15.3			0.4	
Prüfort geprüft durch		Wildegger	Mittelwert									
			<i>Standardabweichung</i>									
Prüfort geprüft durch		Wildegger	Mittelwert									
			<i>Standardabweichung</i>									

Bemerkungen zu Festigkeitsprüfungen

Herstellung Prüfkörper gemäss SN EN 12390-2
Lagerung Prüfkörper auf Baustelle und im Labor gemäss SN EN 12390-2

Labor Physik: Daniela Amsler

Zur Bestimmung der Rohdichte und des Luftgehaltes (Druckausgleichsverfahren) wird ein LP-Topf verwendet. Die Prüfung erfolgt an der selben Frischbetonprobe, welche in einer Schicht eingebracht und jeweils mit einem Innenrüttler verdichtet wird (bei SVB keine Verdichtung). Die Prüfergebnisse haben nur Gültigkeit für die untersuchten Proben. Dieser Bericht darf nicht auszugsweise kopiert werden. Unzerstörte Proben werden nach der Prüfung 2 Monate aufbewahrt. Das Auftragsdossier wird während 13 Jahren archiviert. Der Auftraggeber kann die Dienstleistungen innerhalb von 30 Tagen beanstanden. Bitte beachten Sie die "Allgemeinen Geschäftsbedingungen". Weitere Informationen: www.tfb.ch.





Pneumatit AG
 Herr Markus Sieber
 Klosterplatz 1
 8462 Rheinau

Prüfbericht

Wildegg, 24. August 2017

Frischbetonkontrolle (FBK)

SN EN 12350-1, SN EN 12350-4 bis -7, SN EN 12390-2 und SIA 262/1 Anhang H / SOP 3084

Bauobjekt Untersuchung zur Freigabe von Pneumatit für Hochbaubetone
Bauteil Prüfmischung 3 (Sorte C) XC4, XF1
Projekt-Nr. 173008 - 02

Angaben des Auftraggebers / Herstellers

Festigkeitsklasse	---	Betonwerk	TFB AG, Lindimatten	
Expositionsklassen	XC4, XF1	Rezeptur-Nr.	Sorte C	
Chloridgehaltskl.	Cl 0.10	Zementart	CEM III/A-LL 42.5 N	
Konsistenzklasse	F3			300 kg/m ³
Angaben zur Gesteinskörnung		Zusatzstoff Typ II	Flugasche	--- kg/m ³
Grösstkorn D _{max.}	32 mm		Silikastaub	--- kg/m ³
Korrekturfaktor G	---	(A _c =A ₁ -G)	Silikast.-Slurry	--- kg/m ³
Wasseraufnahme w _G	---	(w=w ₀ -w _G)	Zusatzmittel 1	0.10 % Zem.
			Zusatzmittel 2	--- % Zem.
Weitere Angaben	Pneumatit 125 ml/m ³			

Datum FBK 26.07.2017 Entnahme Labormischer Labor
 Witterung Labor Stichproben Laborant re

Nr.	Liefer-schein Nr.	Herstellung [h:min]	Entnahme [h:min]	Temperatur		Roh-dichte [kg/m ³]	Luft A ₁ [%]	Wassergehalt			Konsistenz			Prüf-körper
				Luft [°C]	Beton [°C]			m ₀ [g]	w ₀ [kg/m ³]	w ₀ /z *) [-]	c [-]	f [mm]	Kl.	
1	-	10:22	10:27	16.5	19.2	2420	1.3					440	F3	W1-12 P1
2			11:12									380	F2	
3														
4														
5														
6														

E = Entmischung festgestellt bei Ausbreitmass F; W = Würfel; P = Prismen

*) w₀/z, ohne Berücksichtigung der Wasseraufnahme w_G

Bemerkungen zur Frischbetonkontrolle

Bauobjekt Untersuchung zur Freigabe von Pneumatit für Hochbaubetone
Bauteil Prüfmischung 3 (Sorte C) XC4, XF1
Projekt-Nr. 173008 - 02

Druckfestigkeiten **SN EN 12390-3 / SOP 3050**
Prüfkörper 150 x 150 x 150 mm
Prüfkörperoberfläche gesättigt

Probenbezeichnung	Hersteldatum	Prüfdatum	Prüfalter [d]	Abmessungen			Masse [g]	Rohdichte [kg/m ³]	Bruchlast [kN]	Druckfestigkeit		
				l [mm]	b [mm]	h [mm]				[MPa]	Bruchbild	
W1	26.07.2017	28.07.2017	2	150.3	149.8	150.3	8'160	2410	496.6	22.1	normal	
W2	26.07.2017	28.07.2017	2	150.3	149.9	150.3	8'168	2410	491.9	21.8	normal	
W3	26.07.2017	28.07.2017	2	150.3	149.8	150.3	8'079	2390	475.9	21.1	normal	
Prüfort geprüft durch		Wildegger	Mittelwert					2400			21.7	
			<i>Standardabweichung</i>					11.5			0.5	
W4	26.07.2017	02.08.2017	7	150.6	151.9	150.5	8'356	2430	740.1	32.4	normal	
W5	26.07.2017	02.08.2017	7	150.2	148.6	150.1	8'095	2420	772.8	34.6	normal	
W6	26.07.2017	02.08.2017	7	150.6	149.5	150.6	8'188	2410	795.2	35.3	normal	
Prüfort geprüft durch		Wildegger	Mittelwert					2420			34.1	
		aw	<i>Standardabweichung</i>					10.0			1.6	
W7	26.07.2017	23.08.2017	28	150.8	150.5	150.4	8'257	2420	990.5	43.6	normal	
W8	26.07.2017	23.08.2017	28	150.1	149.5	149.9	8'125	2420	961.1	42.8	normal	
W9	26.07.2017	23.08.2017	28	150.5	148.3	150.3	8'239	2460	1020.8	45.7	normal	
Prüfort geprüft durch		Wildegger	Mittelwert					2430			44.1	
		st	<i>Standardabweichung</i>					23.1			1.5	
Prüfort geprüft durch		Wildegger	Mittelwert									
			<i>Standardabweichung</i>									
Prüfort geprüft durch		Wildegger	Mittelwert									
			<i>Standardabweichung</i>									

Bemerkungen zu Festigkeitsprüfungen

Herstellung Prüfkörper gemäss SN EN 12390-2
Lagerung Prüfkörper auf Baustelle und im Labor gemäss SN EN 12390-2

Labor Physik: Daniela Amsler

Zur Bestimmung der Rohdichte und des Luftgehaltes (Druckausgleichsverfahren) wird ein LP-Topf verwendet. Die Prüfung erfolgt an der selben Frischbetonprobe, welche in einer Schicht eingebracht und jeweils mit einem Innenrüttler verdichtet wird (bei SVB keine Verdichtung). Die Prüfergebnisse haben nur Gültigkeit für die untersuchten Proben. Dieser Bericht darf nicht auszugsweise kopiert werden. Unzerstörte Proben werden nach der Prüfung 2 Monate aufbewahrt. Das Auftragsdossier wird während 13 Jahren archiviert. Der Auftraggeber kann die Dienstleistungen innerhalb von 30 Tagen beanstanden. Bitte beachten Sie die "Allgemeinen Geschäftsbedingungen". Weitere Informationen: www.tfb.ch.



Anhang 3

Prüfberichte der Wasserleitfähigkeitsprüfungen

Pneumatit AG
 Herr Markus Sieber
 Klosterplatz 1
 8462 Rheinau

Prüfbericht

Wildegg, 14.09.2017

Wasserleitfähigkeit nach SIA-Norm 262/1:2013, Anhang A / SOP 3065

Projekt-Nr. 173008-01
Objekt Untersuchung zur Freigabe von Pneumatit für Hochbaubetone
Bauteil Prüfmischung 1 (Sorte A) XC2
 Eingang Labor 26.07.2017 Probenart Bohrkern aus Probekörper
 Herstelldatum 26.07.2017 Probenherkunft Probenherstellung TFB
 Prüfdatum 25.08.2017 Lagerung TFB Wasserlagerung 20±2 °C
 Prüfalter 30 Tage geprüft durch re/sb

Probenbezeichnung	Höhe BK	∅ BK	Trockenroh-dichte Beton	Dichte Beton	Wasser-gehalt Beginn	Wasser-aufnahme	Steig-höhe	Hydra-tations-poren	Gesamt-poro-sität	Luft-poren-gehalt	Wasser-leitfähig-keit
	h _{PK} [mm]	d [mm]	ρ _{R110} [kg/m ³]	ρ ₁₁₀ [kg/m ³]	U _B [Vol.-%]	M24 [g/m ²]	h24 [mm]	U _E [Vol.-%]	n [Vol.-%]	LP [Vol.-%]	q _w [g/(m ² h)]
BK1	49.9	49.7	2328	2700	5.2	1526.4	22.7	12.1	13.8	1.7	3.2
BK2	50.1	49.6	2353	2702	4.5	2103.8	31.5	11.2	12.9	1.7	5.8
BK3	50.1	49.7	2355	2702	4.8	2122.8	33.1	11.3	12.8	1.6	6.4
BK4	50.3	49.6	2310	2697	5.3	2406.6	32.5	12.8	14.4	1.5	7.0
BK5	50.4	49.7	2354	2717	4.8	2353.4	32.6	12.1	13.3	1.2	6.6
Mittelwert	50.1	49.6	2340	2704	4.9	2102.6	30.5	11.9	13.4	1.5	6
<i>Stabw.</i>	<i>0.2</i>	<i>0.0</i>	<i>20</i>	<i>8</i>	<i>0.3</i>	<i>349.2</i>	<i>4.4</i>	<i>0.7</i>	<i>0.6</i>	<i>0.2</i>	<i>1.5</i>

Beurteilung nach SIA 262/1:2013, Tabelle 6.

Wasserleitfähigkeit "ERFÜLLT":

Die untersuchten Probekörper weisen im geprüften Alter eine Wasserleitfähigkeit auf, die den Anforderungen der Expositions-kategorie XC3(CH) gemäss SIA 262/1:2013, Tab. 6, im Normprüfalter entspricht.

SIA 262/1:2013 Tabelle 6. Grenzwerte für die Prüfungsart TT-1

Betone mit Expositions-klassen:	XC3(CH)
Grenzwert für Serienmittelwert:	q _w ≤ 10 g/m ² h
Grenzabweichung für Serienmittelwert (nur für statistische Auswertung):	q _w ≤ 12 g/m ² h

Bemerkungen

Labor Physik: Daniela Amsler

Die Prüfergebnisse haben nur Gültigkeit für die untersuchten Proben. Dieser Bericht darf nicht auszugsweise kopiert werden. Unzerstörte Proben werden nach der Prüfung 2 Monate aufbewahrt. Das Auftragsdossier wird während 13 Jahren archiviert. Der Auftraggeber kann die Dienstleistungen innerhalb von 30 Tagen beanstanden. Bitte beachten Sie die "Allgemeinen Geschäftsbedingungen". Weitere Informationen: www.tfb.ch.





Pneumatit AG
 Herr Markus Sieber
 Klosterplatz 1
 8462 Rheinau

Prüfbericht

Wildegg, 14.09.2017

Wasserleitfähigkeit nach SIA-Norm 262/1:2013, Anhang A / SOP 3065

Projekt-Nr. 173008-02
Objekt Untersuchung zur Freigabe von Pneumatit für Hochbaubetone
Bauteil Prüfmischung 3 (Sorte C) XC4, XF1
 Eingang Labor 26.07.2017 Probenart Bohrkern aus Probekörper
 Herstelldatum 26.07.2017 Probenherkunft Probenherstellung TFB
 Prüfdatum 25.08.2017 Lagerung TFB Wasserlagerung 20±2 °C
 Prüfalter 30 Tage geprüft durch re/sb

Probenbezeichnung	Höhe BK	∅ BK	Trockenroh-dichte Beton	Dichte Beton	Wasser-gehalt Beginn	Wasser-aufnahme	Steig-höhe	Hydra-tations-poren	Gesamt-poro-sität	Luft-poren-gehalt	Wasser-leitfähig-keit
	h _{PK} [mm]	d [mm]	ρ _{R110} [kg/m ³]	ρ ₁₁₀ [kg/m ³]	U _B [Vol.-%]	M24 [g/m ²]	h24 [mm]	U _E [Vol.-%]	n [Vol.-%]	LP [Vol.-%]	q _w [g/(m ² h)]
BK1	50.2	49.6	2410	2702	4.5	1422.7	28.7	9.5	10.8	1.3	4.0
BK2	50.1	49.6	2399	2702	4.3	1283.5	25.4	9.4	11.2	1.8	3.1
BK3	50.2	49.6	2371	2679	3.8	1578.5	28.0	9.5	11.5	1.9	3.9
BK4	49.9	49.6	2412	2699	4.4	1662.7	33.9	9.4	10.6	1.2	5.6
BK5	50.0	49.6	2390	2721	5.0	1485.3	28.2	10.4	12.2	1.8	4.3
Mittelwert	50.1	49.6	2396	2700	4.4	1486.5	28.8	9.6	11.3	1.6	4
<i>Stabw.</i>	<i>0.1</i>	<i>0.0</i>	<i>17</i>	<i>15</i>	<i>0.4</i>	<i>145.6</i>	<i>3.1</i>	<i>0.4</i>	<i>0.6</i>	<i>0.3</i>	<i>0.9</i>

Beurteilung nach SIA 262/1:2013, Tabelle 6.

Wasserleitfähigkeit "ERFÜLLT":

Die untersuchten Probekörper weisen im geprüften Alter eine Wasserleitfähigkeit auf, die den Anforderungen der Expositions-klasse XC3(CH) gemäss SIA 262/1:2013, Tab. 6, im Normprüfalter entspricht.

SIA 262/1:2013 Tabelle 6. Grenzwerte für die Prüfungsart TT-1

Betone mit Expositions-klassen:	XC3(CH)
Grenzwert für Serienmittelwert:	q _w ≤ 10 g/m ² h
Grenzabweichung für Serienmittelwert (nur für statistische Auswertung):	q _w ≤ 12 g/m ² h

Bemerkungen

Labor Physik: Daniela Amsler

Die Prüfergebnisse haben nur Gültigkeit für die untersuchten Proben. Dieser Bericht darf nicht auszugsweise kopiert werden. Unzerstörte Proben werden nach der Prüfung 2 Monate aufbewahrt. Das Auftragsdossier wird während 13 Jahren archiviert. Der Auftraggeber kann die Dienstleistungen innerhalb von 30 Tagen beanstanden. Bitte beachten Sie die "Allgemeinen Geschäftsbedingungen". Weitere Informationen: www.tfb.ch.



Anhang 4

Prüfbericht der Karbonatisierungsprüfung



Pneumatit AG
 Herr Markus Sieber
 Klosterplatz 1
 8462 Rheinau

Wildegg, 26.10.2017

Prüfbericht

Karbonatisierungswiderstand nach SIA 262/1:2013 Anhang I / SOP 3310

Objekt Untersuchung zur Freigabe von Pneumatit für Hochbaubetone
Bezeichnung Prüfmischung 3 (Sorte C) XC4, XF1
 Projekt-Nr. 173008-02

Prüfkörper		Herstelldatum	26.07.2017
Herkunft	Prismenherstellung TFB	Eingang Labor	26.07.2017
Art	Prisma 120 x 120 x 360 mm	Prüfdatum	23.08.2017
Probenalter bei Prüfbeginn	28 Tage	Reaktor Nr.	6
Expositionsklassen	XC4 XF1	geprüft durch	my
		Korrekturfaktor c	1.36

Angaben Nachbehandlung 1 Tag in Schalung, bis Alter 72 ± 6 h im Wasser, danach im Klimaschrank (rH 57 ±3 %, Temp. 20±2 °C)
 Die Einhaltung der Bedingungen kann nur ab Eingang Labor garantiert werden.

Zusammenstellung der Resultate

Zeit unter CO2 [Tage]	d _{KE}				d _{KM} (Mittel) [mm]	Konstante A [mm]	K _S (4 Vol-% CO ₂) [mm/√Tag]	K _N (0.04 Vol-% CO ₂) [mm/√Jahr]
	1 [mm]	2 [mm]	3 [mm]	4 [mm]				
0	1.0	0.6	1.0	1.0	0.9	1.3	1.5	4.0
7	6.2	5.0	6.4	6.8	6.1			
28	10.8	5.4	10.4	10.2	9.2			
63	15.4	10.4	14.0	13.4	13.3			

Anforderungen für die Prüfungsart TT-1 gemäss den Normen

SIA 262/1:2013 Tabelle 6; SN EN 206:2013 Tabelle NA.14

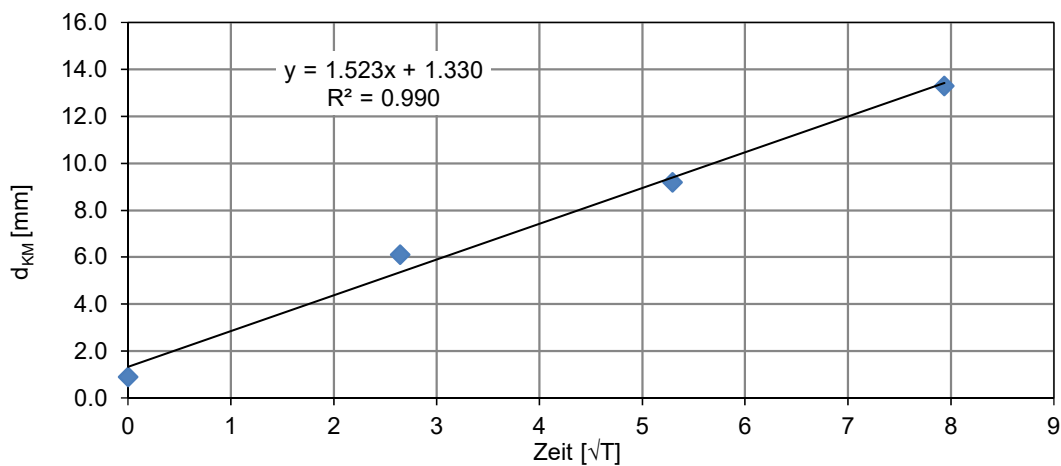
	TT-1 - Grenzwert	TT-1 - Grenzwert + maximal zulässige Grenzabweichung
XC3(CH), XC4(CH) 50 Jahre	5.0 mm/√Jahr	5.5 mm/√Jahr
XC3(CH) 100 Jahre	4.0 mm/√Jahr	4.5 mm/√Jahr
XC4(CH) 100 Jahre	4.5 mm/√Jahr	5.0 mm/√Jahr

Beurteilung

Grenzwert für XC3(CH), XC4(CH) 50 Jahre **eingehalten**
 Grenzwert für XC3(CH) 100 Jahre
 Grenzwert für XC4(CH) 100 Jahre **eingehalten**
 Bei der Beurteilung werden die Grenzabweichungen nicht berücksichtigt.

Abweichungen zur Norm

Bemerkungen



Nullmessung - 23.08.2017

0 Tage



2. Messung - 30.08.2017

7 Tage



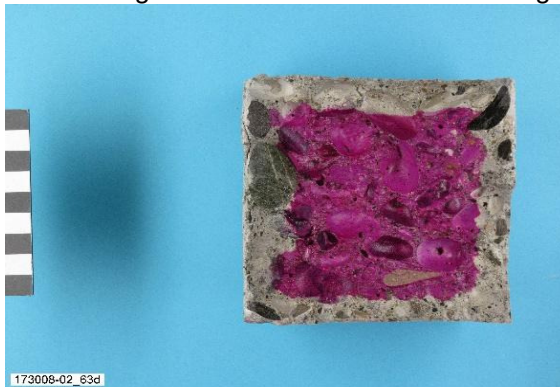
3. Messung - 20.09.2017

28 Tage



4. Messung - 25.10.2017

63 Tage



Labor Chemie

Yvonne Moser

Die Prüfergebnisse haben nur Gültigkeit für die untersuchten Proben. Dieser Bericht darf nicht auszugsweise kopiert werden. Unzerstörte Proben werden nach der Prüfung 2 Monate aufbewahrt. Das Auftragsdossier wird während 13 Jahren archiviert. Der Auftraggeber kann die Dienstleistungen innerhalb von 30 Tagen beanstanden. Bitte beachten Sie die "Allgemeinen Geschäftsbedingungen". Weitere Informationen auf www.tfb.ch.

