

Prüfbericht

Abstandhalter aus Faserbeton /

PHS Mischung

Frost-Tauwiderstand / Druckfestigkeit / Chloridmigrationskoeffizient

A2316215-1a | 19.10.2023

ausgestellt durch: Kiwa GmbH, Augsburg/Gersthofen

Kiwa GmbH, Finkenweg 7, 86368 Gersthofen

Max Frank GmbH & Co. KG
Mitterweg 1
94339 Leiblfing

Kiwa GmbH
Bautest Augsburg
Finkenweg 7
86368 Gersthofen

T: +49 (0) 821 72024 – 0
F: +49 (0) 821 72024 – 40
E: DE.Info.KiwaAugsburg@kiwa.com

www.kiwa.com/de



Die Akkreditierung gilt für die in der Urkundenanlage
D-PL-11217-01-00 aufgeführten Prüfverfahren.

Projekt:	PHS Mischung für Abstandhalter aus Faserbeton ^{k)}
Werk:	Leiblfing ^{k)}
Auftragsdatum:	2. Juni 2023
Untersuchungsauftrag:	<ul style="list-style-type: none">Bestimmung der Abwitterungsbeständigkeit von Beton mittels Frost-Tauwiderstand im CDF Verfahren nach DIN CEN/TS 12390-9:2017-05 mit 3 %-iger NatriumchloridlösungDruckfestigkeit DIN EN 12390-3:2019-10Chloridmigrationskoeffizient * nach DIN EN 12390-18:2021-09 mit 5 %-iger Natriumchloridlösung bei 30 V
Probenbeschreibung:	Faserbeton PHS, Zylinder \varnothing 100 mm
Anzahl der Proben:	15
Probennahme:	Auftraggeber
Probeneingangsdatum:	19. Juli 2023
Prüfzeitraum:	19. Juli bis 19. Oktober 2023

Gersthofen, 19. Oktober 2023

Daniel Menges

- Digitally signed | see <http://ca.kiwa-deutschland.de> for more details -

i. V. B. Eng. Daniel Menges
- Lokaler Leiter Prüflabor (LLP) -

Maximilian Röhrich

- Digitally signed | see <http://ca.kiwa-deutschland.de> for more details -

i. A. Maximilian Röhrich
- Projektbearbeitung -

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände. Ohne schriftliche Genehmigung des Prüflaboratoriums ist eine auszugsweise Vervielfältigung des Prüfberichts nicht gestattet.

^{a)} Angaben des Auftraggebers. ^{k)} Änderung.

Geschäftsführer: Prof. Dr. Roland Hüttl, Dr. Gero Schönwaßer
Amtsgericht Hamburg, HRB 130568, St.Nr.: 46/736/03268

1. Allgemeines

Von der Firma Max Frank GmbH & Co. KG erhielt die Kiwa GmbH, Bautest Augsburg, den Auftrag zur Bestimmung der Abwitterungsbeständigkeit von Zylinder mittels Frost-Tauwiderstand im CDF-Verfahren nach DIN CEN/TS 12390-9:2017-05 in Gegenwart von 3%iger Natriumchloridlösung, der Druckfestigkeit von Zylinderproben nach DIN EN 12390-3:2019-03 und des Chloridmigrationskoeffizienten * nach DIN EN 12390-18:2021-09 mit 5 %-iger Natriumchloridlösung bei 30 V.

Zu diesem Zweck wurden am 19. Juni 2023 15 Zylinder mit einem Durchmesser von 100 mm und der Kennzeichnung „Faserbeton PHS“ in unser Labor in Gersthofen angeliefert.

Sämtliche Untersuchungen erfolgten durch Personal und mit Geräten unseres Labors in Gersthofen.

2. Prüfungsdurchführung

2.1 Bestimmung des Frost- Tauwiderstand

Aus den angelieferten Zylindern wurden fünf Probekörper für die CDF-Prüfung ausgesägt.

Die Bestimmung des Frost- / Taumittelwiderstandes mit verschiedenen Prüflösungen erfolgte an DIN CEN/TS 12 390-9:2017-05 nach dem CDF-Verfahren (Alternativverfahren).

Das Prüfverfahren ermittelt die Abwitterungsmenge von Oberflächen durch eine Anzahl von definierten Frost- / Tauwechseln in Gegenwart von 3%iger Natriumchloridlösung. Vor dem Beginn der Vorsättigung mit der jeweiligen Prüflösung erfolgte eine seitliche Abdichtung mit Aluminiumfolie mit Butylkautschukbeschichtung. Danach wurden die Probekörper zur kapillaren Flüssigkeitsaufnahme sieben Tage in der Prüflösung gelagert. Vor Beginn der Frost- / Tauwechsel wurden lose anhaftende Teilchen von der Prüffläche der Probekörper durch Behandlung in einem Ultraschallbad entfernt.

Im Anschluss daran erfolgte eine Beanspruchung der Probekörper mit 28 Frost- / Tauwechsel. Die Dauer eines Frost-Tau-Wechsel-Zyklus betrug dabei 12 Stunden. Der Temperaturverlauf entsprach dabei den Vorgaben der DIN CEN/TS 12 390-9, Bild 10 (Temperaturen zwischen + 20 und - 20 °C).

Zur Bestimmung der Oberflächenabwitterung wurden lose Bestandteile der Prüfflächen nach je 2, 8 bzw. 14 und 28 Frost- / Tauwechseln im Ultraschallbad entfernt. Das abgewitterte Material wurde aufgefangen und abfiltriert. Nach Trocknung bei 105 °C bis zur Massenkonstanz wurde die Masse der Abwitterung bestimmt und auf die jeweiligen Prüfflächen bezogen.

2.2 Bestimmung der Betondruckfestigkeit - Bohrkern

Normen und Regelwerke: DIN EN 12390-3:2019-10

Die Betondruckfestigkeit wird an hergestellten Proben ermittelt. Dafür werden die Probekörper aus den Zylindern herausgearbeitet, geschliffen und vorkonditioniert.

In der Regel werden Prüflinge mit einem Längen zu Durchmesser Verhältnis von 1:1 hergestellt.

^{a)} Angaben des Auftraggebers. ^{k)} Änderung. ^{z)} Die Konformitätsaussage erfolgt entsprechend der Anforderungen der genannten Spezifikationen und nach der ersten binären Kiwa-Entscheidungsregel mit dem dazugehörigen Vertrauensniveau.

Diese Beurteilung ist eine reine Konformitätsaussage der Prüfstelle. Sie ersetzt nicht die anschließende Beurteilung und Bewertung der Zertifizierungsstelle bzw. die Konformitätsbestätigung.

2.3 Bestimmung des Cloridmigrationskoeffizienten *

Die Bestimmung des Chloridmigrationskoeffizienten D_{RCM} erfolgte nach der DIN EN 12390-18:2021-09 mit 5 %-iger Natriumchloridlösung bei einer angelegten Spannung von 30 V. In Abweichung zur Norm wurden die Bohrkern nicht bereits direkt nach der Ausschalung, sondern erst nach dem Zuschnitt unter Wasser gelagert. Aus den angelieferten Bohrkernen wurden drei Probekörper mit einer Höhe von 50 mm für die Migrationsprüfung ausgesägt. Diese wurden bis zur Prüfung in Leitungswasser gelagert.

Herstellungs-, Lagerungs- und Prüfbedingungen:

Norm	DIN EN 12390-18:2021-09
Prüfkörper	Betonzylinder ($\varnothing 100 \pm 1$ mm, $h 50 \pm 2$ mm)
Betonalter	> 28 Tage
Probenvorbereitung	Zuschnitt, Abschleif, Lagerung unter Wasser bis zur Prüfung (Wassersättigung)
Prüfgeräte	Labornetzgerät PeakTech DC Power Supply 6005D mit 0 - 30 V und 0 - 5 A
angelegte Spannung	$30 \pm 0,2$ V
Prüflösungen	Kathode: 5 % NaCl in 0,2 N KOH Lösung
	Anode: 0,2 N KOH Lösung
	Indikator: 0,1 N Silbernitratlösung

3. Prüfergebnisse

3.1 Frost- Tauwiderstand

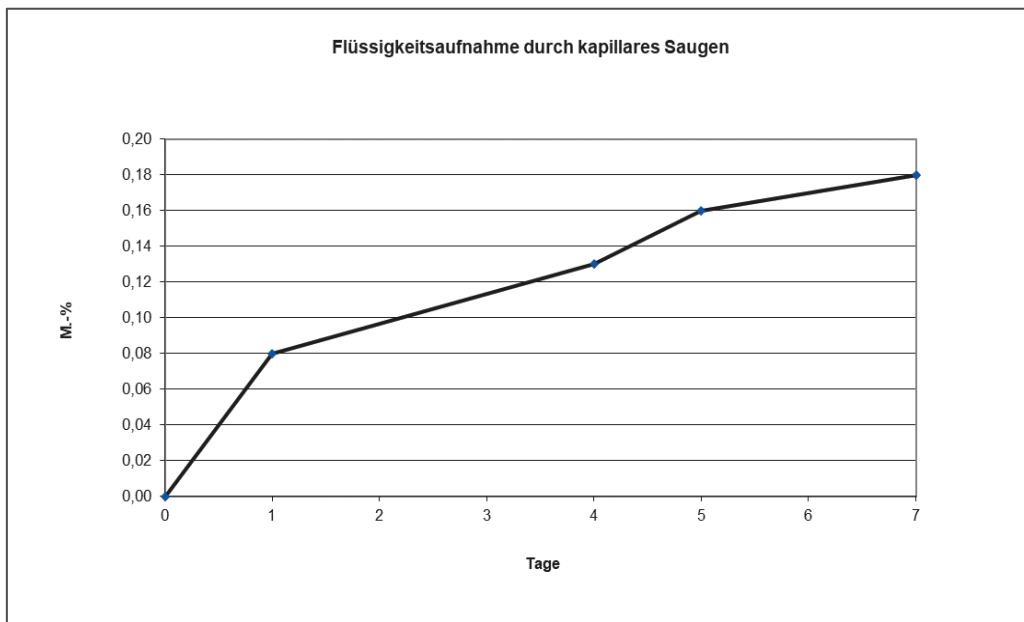
3.1.1 Flüssigkeitsaufnahme durch kapillares Saugen

Prüflösung: 3 %-ige Natriumchloridlösung

Masse der aufgesaugten Lösung in M.-% nach				
Probekörper Nr.	1 Tagen	4 Tagen	5 Tagen	7 Tagen
PHS - CDF 1	0,09	0,15	0,18	0,20
PHS - CDF 2	0,09	0,16	0,19	0,22
PHS - CDF 3	0,09	0,16	0,18	0,21
PHS - CDF 4	0,06	0,10	0,12	0,13
PHS - CDF 5	0,05	0,10	0,12	0,14
MW	0,08	0,13	0,16	0,18
SA	0,02	0,03	0,03	0,04

a) Angaben des Auftraggebers. k) Änderung. z) Die Konformitätsaussage erfolgt entsprechend der Anforderungen der genannten Spezifikationen und nach der ersten binären Kiwa-Entscheidungsregel mit dem dazugehörigen Vertrauensniveau.

Diese Beurteilung ist eine reine Konformitätsaussage der Prüfstelle. Sie ersetzt nicht die anschließende Beurteilung und Bewertung der Zertifizierungsstelle bzw. die Konformitätsbestätigung.



3.1.2 Gesamtmenge des abgewitterten Materials durch die Frost-Tau-Wechsel-Beanspruchung

Prüflösung: 3 %-ige Natriumchloridlösung

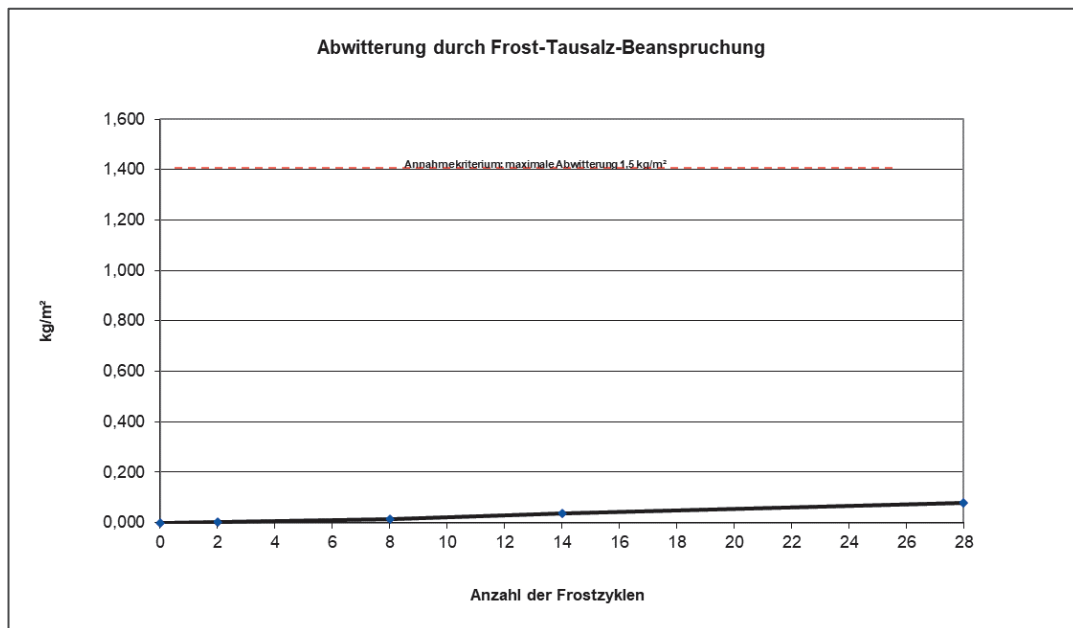
Beginn der Frost-Tau-Zyklen: 4. August 2023
 Ende der Frost-Tau-Zyklen: 17. August 2023

Probekörper Nr.	Prüffläche [m ²]	Gesamtmasse des getrockneten, abgewitterten Materials bezogen auf die Prüffläche in kg/m ² nach			
		2 Zyklen	8 Zyklen	14 Zyklen	28 Zyklen
PHS - CDF 1	0,0019	0,001	0,013	0,037	0,075
PHS - CDF 2	0,0019	0,001	0,004	0,032	0,077
PHS - CDF 3	0,0019	0,001	0,004	0,024	0,059
PHS - CDF 4	0,0019	0,001	0,000	0,010	0,055
PHS - CDF 5	0,0019	0,001	0,048	0,071	0,123
MW	-	0,001	0,014	0,035	0,078
SA	-	0,00	0,02	0,02	0,03

MW = Mittelwert, SA = Standardabweichung

QMF P A 101 a_ R.7_19.12.2022

a) Angaben des Auftraggebers. k) Änderung. z) Die Konformitätsaussage erfolgt entsprechend der Anforderungen der genannten Spezifikationen und nach der ersten binären Kiwa-Entscheidungsregel mit dem dazugehörigen Vertrauensniveau. Diese Beurteilung ist eine reine Konformitätsaussage der Prüfstelle. Sie ersetzt nicht die anschließende Beurteilung und Bewertung der Zertifizierungsstelle bzw. die Konformitätsbestätigung.



3.2 Druckfestigkeit

Probebezeichnung	1	2	3
Herstelldatum	28.03.2023		
Prüfdatum	26.07.2023		
Prüfalter [d]	120		
Durchmesser [mm]	99	99	98
Probenhöhe Prüfkörper [mm]	98	98	97
Rohdichte lufttrocken [kg/m³]	2300	2290	2290
Druckfestigkeit f_c , [N/mm²]	100,5	99,6	102,6
Mittelwert	100,9		

QMF P A 101 a_ R.7_19.12.2022

a) Angaben des Auftraggebers. k) Änderung. z) Die Konformitätsaussage erfolgt entsprechend der Anforderungen der genannten Spezifikationen und nach der ersten binären Kiwa-Entscheidungsregel mit dem dazugehörigen Vertrauensniveau. Diese Beurteilung ist eine reine Konformitätsaussage der Prüfstelle. Sie ersetzt nicht die anschließende Beurteilung und Bewertung der Zertifizierungsstelle bzw. die Konformitätsbestätigung.

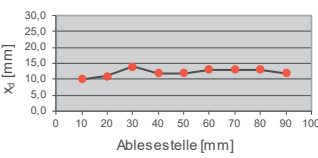
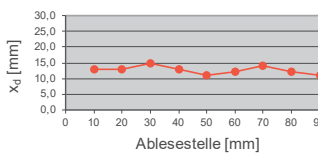
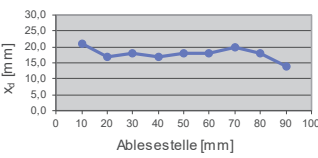
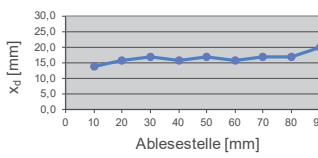
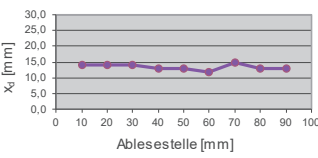
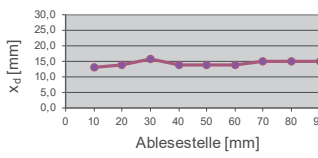
3.3 Chloridmigrationskoeffizient *

Zusammenfassung der Probenvorbereitung und der Prüfergebnisse:

Probebezeichnung	4.1	5.1	6.1
Herstelldatum Beton	28.03.2023		
Herstelldatum Probekörper	22.08.2023		
Durchmesser [mm]	98,4	98,4	98,6
Höhe [mm]	50,4	50,3	50,3
Schäden auf Prüfoberfläche (Poren/Ausbruchstellen)	keine	keine	keine
Gewicht (wassergesättigt) [g]	874	882	878
Rohdichte (wassergesättigt) [g/cm ³]	2,3	2,3	2,3
Startdatum/Uhrzeit Prüfung	4.9.23 14:45		
Enddatum/Uhrzeit Prüfung	7.9.23 12:45		
Betonalter bei Prüfung [Tage]	160		
Wasserlagerung bis Prüfung [Tage]	13		
Versuchsdauer [h / sec]	70 / 252 000		
Spannung [V] (Start/Ende)	30,0 / 29,8	30,0 / 29,8	30,0 / 32,9
Stromstärke [mA] (Start/Ende)	50 / 50	60 / 60	70 / 60
Temperatur Anode [°C] (Start/Ende)	23 / 22	23 / 23	23 / 23
Temperatur Kathode [°C] (Start/Ende)	22 / 22		
Eindringtiefe $x_{d,m}$ [mm]	12	17	14
Chloridmigrationskoeffizient $D_{RCM,m}$ [$10^{-12} m^2/s$]	1,86	2,63	2,10
Mittlerer Chloridmigrationskoeffizient $D_{RCM,ges}$ [$10^{-12} m^2/s$]	2,2		

a) Angaben des Auftraggebers. k) Änderung. z) Die Konformitätsaussage erfolgt entsprechend der Anforderungen der genannten Spezifikationen und nach der ersten binären Kiwa-Entscheidungsregel mit dem dazugehörigen Vertrauensniveau. Diese Beurteilung ist eine reine Konformitätsaussage der Prüfstelle. Sie ersetzt nicht die anschließende Beurteilung und Bewertung der Zertifizierungsstelle bzw. die Konformitätsbestätigung.

Detaillierte Übersicht der Einzelwerte, höchsten Einzelwerte und Mittelwerte der Eindringtiefen x_d bzw. Chloridmigrationskoeffizienten D_{RCM} aller drei Probekörper:

Probekörper	4.1	links	x-Achse [mm]	x_d [mm]	D_{RCM} [$10^{-12} m^2/s$]	Probekörper	4.1	rechts	x-Achse [mm]	x_d [mm]	D_{RCM} [$10^{-12} m^2/s$]
			10	10	1,47				10	13	1,95
			20	11	1,63				20	13	1,95
			30	14	2,11				30	15	2,27
			40	12	1,79				40	13	1,95
			50	12	1,79				50	11	1,63
			60	13	1,95				60	12	1,79
			70	13	1,95				70	14	2,11
			80	13	1,95				80	12	1,79
			90	12	1,79				90	11	1,63
	Probenmittelwert, links =				12,2			Probenmittelwert, rechts =			
Probenmittelwert $x_{d,m}$ =					12,4 [mm]	Höchster Einzelwert $x_{d,max}$ =					15,0 [mm]
Probenmittelwert $D_{RCM,m}$ =					1,9 [$10^{-12} m^2/s$]	Höchster Einzelwert $D_{RCM,max}$ =					2,3 [$10^{-12} m^2/s$]
Probekörper	5.1	links	x-Achse [mm]	x_d [mm]	D_{RCM} [$10^{-12} m^2/s$]	Probekörper	5.1	rechts	x-Achse [mm]	x_d [mm]	D_{RCM} [$10^{-12} m^2/s$]
			10	21	3,23				10	14	2,11
			20	17	2,59				20	16	2,43
			30	18	2,75				30	17	2,59
			40	17	2,59				40	16	2,43
			50	18	2,75				50	17	2,59
			60	18	2,75				60	16	2,43
			70	20	3,07				70	17	2,59
			80	18	2,75				80	17	2,59
			90	14	2,11				90	20	3,07
	Probenmittelwert, links =				17,9		2,7	Probenmittelwert, rechts =			
Probenmittelwert $x_{d,m}$ =					17,3 [mm]	Höchster Einzelwert $x_{d,max}$ =					21,0 [mm]
Probenmittelwert $D_{RCM,m}$ =					2,6 [$10^{-12} m^2/s$]	Höchster Einzelwert $D_{RCM,max}$ =					3,2 [$10^{-12} m^2/s$]
Probekörper	6.1	links	x-Achse [mm]	x_d [mm]	D_{RCM} [$10^{-12} m^2/s$]	Probekörper	6.1	rechts	x-Achse [mm]	x_d [mm]	D_{RCM} [$10^{-12} m^2/s$]
			10	14	2,11				10	13	1,95
			20	14	2,11				20	14	2,11
			30	14	2,11				30	16	2,43
			40	13	1,95				40	14	2,11
			50	13	1,95				50	14	2,11
			60	12	1,79				60	14	2,11
			70	15	2,27				70	15	2,27
			80	13	1,95				80	15	2,27
			90	13	1,95				90	15	2,27
	Probenmittelwert, links =				13,4		2,0	Probenmittelwert, rechts =			
Probenmittelwert $x_{d,m}$ =					13,9 [mm]	Höchster Einzelwert $x_{d,max}$ =					16,0 [mm]
Probenmittelwert $D_{RCM,m}$ =					2,1 [$10^{-12} m^2/s$]	Höchster Einzelwert $D_{RCM,max}$ =					2,4 [$10^{-12} m^2/s$]
Gesamtmittelwert $D_{RCM,ges}$ =			2,2	[$10^{-12} m^2/s$]		Gesamtstandardabweichung $D_{RCM,ges}$ =			0,39	[$10^{-12} m^2/s$]	

a) Angaben des Auftraggebers. k) Änderung. z) Die Konformitätsaussage erfolgt entsprechend der Anforderungen der genannten Spezifikationen und nach der ersten binären Kiwa-Entscheidungsregel mit dem dazugehörigen Vertrauensniveau. Diese Beurteilung ist eine reine Konformitätsaussage der Prüfstelle. Sie ersetzt nicht die anschließende Beurteilung und Bewertung der Zertifizierungsstelle bzw. die Konformitätsbestätigung.

4. Zusammenfassung und Beurteilung ^{k), z)}

4.1 Frost- Tauwiderstand

Gemäß der DIN 1045-2:2023-08 und der DIN CEN TR 16563:2013 weist der verwendete Beton einen ausreichend großen Frost-Tausalz-Widerstand auf.

Gemäß der ZTV-Ing: 2022-10 wird als Abnahmekriterium für die Frost Tau Beanspruchung die Abwitterung anhand des Mittelwertes der Prüfserie mit $\leq 1500 \text{ g/m}^2$ nach 28 Frost-Tau-Wechseln und 95%-Quantil $\leq 1800 \text{ g/m}^2$ nach 28 Frost-Tau-Wechseln geregelt.

Der Mittelwert der Prüfung liegt bei 78 g/m^2 . Anhand der ZTV-Ing: 2022-10 erfüllt der geprüfte Beton die Anforderungen an die Expositionsklasse XF4 nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2.

4.2 Cloridmigrationskoeffizient

Der ermittelte mittlere Chloridmigrationskoeffizient $D_{RCM, ges}$ liegt bei $2,2 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$. Der größte Einzelwert wurde mit $3,2 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ gemessen.

Beide Werte erfüllen die zulässigen Grenzwerte für die Expositionsklasse XD 3 nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 anhand der Grenzwerte des BAW -Merkblatt.

Siehe hierzu den folgenden Auszug aus dem BAW-Merkblatt, „Chlorideindringwiderstand von Beton (MCL)“ (Ausgabe 2012), Tabelle 2: „Einzuhaltende Mittelwerte und größte zulässige Einzelwerte der Migrationskoeffizienten in Abhängigkeit von der Expositionsklasse“ mit den jeweils größten zulässigen Werten für die Chloridmigration:

Vorgegebene Expositionsklasse nach DIN EN 206-1/DIN 1045-2	Migrationskoeffizient	
	Mittelwert	größter Einzelwert
	[$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$]	
XS 1, XD 1	$\leq 10,0$	$\leq 12,0$
XS 2, XD 2	$\leq 10,0$	$\leq 12,0$
XS 3, XD 3	$\leq 5,0$	$\leq 7,0$

„Es gibt in Europa mehrere Leitlinien, die Verfahren für Migrationsprüfungen vorschlagen. Dieses Dokument basiert insbesondere auf dem NT Build 492 Prüfverfahren und auf dem Deutschen BAW Merkblatt „Chlorideindringwiderstand von Beton“ – Auszug aus DIN EN 12390-18: 2021-09.

In der aktuellen Normenreihe DIN 1045 wird bzgl. der Anforderungen an die Chloridmigration auf die DIN CEN/TR 16563:2014-04 verwiesen. In der DIN CEN/TR 16563 wird anhand der NT Build 492 geprüft. In Anlehnung an die DIN CEN/TR 16563:2014-04 erfüllt der geprüfte Beton die Anforderungen an $D_{mig,5}$ ($D_{mig} \leq 5 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$), abweichend zur Norm wurde das Prüfalter nicht eingehalten.

Die durch einen Stern (*) gekennzeichneten Methoden sind nicht akkreditierte Prüfverfahren.
Die durch zwei Sterne (**) gekennzeichneten Methoden sind durch akkreditierte Unterauftragnehmer analysiert worden.

Gersthofen, 19. Oktober 2023

^{a)} Angaben des Auftraggebers. ^{k)} Änderung. ^{z)} Die Konformitätsaussage erfolgt entsprechend der Anforderungen der genannten Spezifikationen und nach der ersten binären Kiwa-Entscheidungsregel mit dem dazugehörigen Vertrauensniveau.
Diese Beurteilung ist eine reine Konformitätsaussage der Prüfstelle. Sie ersetzt nicht die anschließende Beurteilung und Bewertung der Zertifizierungsstelle bzw. die Konformitätsbestätigung.