

Krystaline Add1 im Vergleich zu Referenzbeton

Der nachfolgende Bericht basiert auf unabhängigen Tests, die von der University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, University Construction Testing Laboratory (USIL) durchgeführt wurden.

Accreditation Certificate No 239 LI/15.08.2018, gültig bis zum 15.08.2022 in Übereinstimmung mit BDS EN ISO/IEC 17025:2006

Die Testergebnisse dieser Untersuchung sind im Folgenden:

N° CM 278-19/10.07.2019
N° CM 286-19/10.07.2019
N° CM 290-19/10.07.2019
N° CM 296-19/10.07.2019
N° CM 345-A-19/24.09.2019
N° CM 351-A-19/24.09.2019
N° CM 396-19/10.10.2019
N° CM 279-19/10.07.2019
N° CM 291-19/10.07.2019
N° CM 285-19/10.07.2019
N° CM 297-19/10.07.2019
N° CM 346-A-19/24.09.2019
N° CM 352-A-19/24.09.2019

Alle in der folgenden Testzusammenfassung angegebenen Testergebnisse stammen direkt aus den oben aufgeführten Tests. Die vollständigen Tests sind auf Anfrage bei unseren Bestandshändlern in englischer Sprache erhältlich. Die Zusammenfassung wurde erstellt, um einen analytischen Überblick über die Daten zu geben, die bei den oben aufgeführten unabhängigen Tests bereitgestellt wurden.

Vergleichsmerkmale

	Referenz- beton	Krystaline Add1	Bemerkungen
Dosierung	-	1 kg	
Wasserreduktion	-	8,1%	Krystaline Add1-Beton reduzierte das Wasser
Ausbreitmaß	13 cm	13,5 cm	Krystaline Add1-Beton hatte ein höheres Ausbreitmaß
Ausbreitmaß nach 30 Minuten	9 cm	11 cm	Krystaline Add1-Beton hatte ein um 22% höheres Ausbreitmaß nach 30 Minuten
Ausbreitmaß nach 60 Minuten	7,5 cm	9 cm	Krystaline Add1-Beton hatte ein um 20% höheres Ausbreitmaß nach 60 Minuten
Ausbreitmaß nach 90 Minuten	5 cm	7 cm	Krystaline Add1-Beton hatte ein um 40% höheres Ausbreitmaß nach 90 Minuten
Dichte (kg/m³)	2310	2287	Krystaline Add1-Beton hatte um 1% weniger Dichte
Porenbildung	3,2%	4,3%	Krystaline Add 1-Beton hatte 34,38% mehr Porenbildung
Elastizitätsmodul (MPa)	28011	30384	Krystaline Add1-Beton zeigte eine um 8,47% stärkere Elastizität
Druckfestigkeit (MPa)	27,90	38,40	Krystaline Add1-Beton hatte 37,63% mehr Druckfestigkeit
Zugfestigkeit (MPa)	2,31	2,84	Krystaline Add1-Beton hatte 22,94% mehr Zugfestigkeit
Eindringungstiefe (mm)	42,3	14,6	Krystaline Add1-Beton hatte eine um 65,48% geringere Eindringungstiefe
Spezifische Oberfläche	24	19	Krystaline Add1-Beton hatte 20,8% weniger spezifische Oberflächenbereiche
Gesamt-Porenvolumen	0,09	0,05	Krystaline Add1-Beton hatte 44,4% geringeres Porenvolumen
Durchsch. Porendurchmesser	15	10	Die durchschnittliche Porengröße von Krystaline Add 1-Beton war um 33,3% geringer
Ca(OH)₂ - Gehalt	1,937%	1,491%	Krystaline Add1-Beton hatte einen 23% geringeren Kalziumhydroxid-Gehalt
K-S-H	8,733%	10,685%	Krystaline Add1-Beton hatte einen 22.3% höheren K-S-H Gehalt
Frost-Tau-Zyklus	2 cycles	5 Zyklen	Krystaline Add1-Beton hatte weitaus bessere Frost-Tau-Zyklus-Ergebnisse
Kapillarabsorption nach 7 Tagen (g/mm²)	0,004019	0,002521	Krystaline Add1-Beton hatte 37,27% geringere Kapillarabsorptionsergebnisse nach 7 Tagen
Kapillarabsorption nach 90 Tagen (g/mm²)	0,003967	0,002233	Krystaline Add1-Beton hatte 43,7% geringere Kapillarabsorptionsergebnisse nach 90 Tagen

Resultate im Überblick

- Krystaline Add1 ist ein hochwirksames, wasserabdichtendes Produkt.
- Krystaline Add1 wirkt bereits ab einer Dosierung von nur 1 kg/m³
- Krystaline Add1 wirkt als plastifizierendes/ wasserreduzierendes/ abbinde-verzögerndes Zusatzmittel.
- Krystaline Add1 ist ein geprüftes Zusatzmittel, das auf kristalliner Technologie basiert.
- Krystaline Add1 sorgt für erhöhten Lufteinschluss und bietet sowohl Druck- als auch Biegefestigkeit
- Krystaline Add1 verbessert die physikalische Qualität des Betons
- Krystaline Add1 Kosten sind grundsätzlich exakt zu bestimmen und überschaubar
- Krystaline Add1 reduziert die Anzahl der offenen Poren auf der Betonoberfläche.
- Krystaline Add1 reduziert das Schrumpfungsverhalten des Betons.
- Krystaline Add1 reduziert die Ausbreitung von Feuchtigkeit im Beton.
- Krystaline Add1 verringert den Anteil der Kalziumhydroxid-Kristalle im Beton.
- Krystaline Add1 erhöht die Anzahl der K-S-H – Kristalle im Beton.
- Krystaline Add1 ist ein PRAH-qualifiziertes Produkt, definiert nach ACI.
- Krystaline Add1 bietet besseren Schutz gegen Schäden, die bedingt durch den Frost-Tau-Wechsel sind.
- Krystaline Add1 reduziert die Kapillarabsorption des Betons.
- Krystaline Add1-Beton ist besser als der Referenzbeton.
- Krystaline Add1 kann als eigenständiges Abdichtungssystem verwendet werden.
- **Krystaline Add1-Beton ist haltbarer und widerstandsfähiger als Referenzbeton.**

Dosierung

Zugabemengen des kristallinen Zusatzmittels, das in der Betonmischung für den Test verwendet wurde:

	Dosierung kg/m ³	Bemerkungen
Krystaline Add1	1,0 kg/m ³	Dosiert im Fix-Verhältnis von 1 kg/m ³

Vergleich verschiedener Zementgehalte und der notwendigen Dosierungen:

Zementgehalt pro m ³	Dosierung von Krystaline Add1
300 kg pro m ³	1 kg
350 kg pro m ³	1 kg
400 kg pro m ³	1 kg
450 kg pro m ³	1 kg

Bemerkungen:

Krystaline Add1 wird konstant mit einer Dosierung von 1 kg/m³ verwendet. Wie aus der obigen Tabelle ersichtlich lassen sich die Kosten leicht durch die Anzahl der Kubikmeter bestimmen, da die Dosierung unabhängig vom Zementgehalt ist. **Das unterscheidet Krystaline Add1 deutlich von anderen Produkten.** Die Verwendung von Krystaline Add 1 eliminiert langwierige Kalkulationen und sorgt für gleichbleibende Kosten, die nicht abhängig vom Zementgehalt des Betons sind.

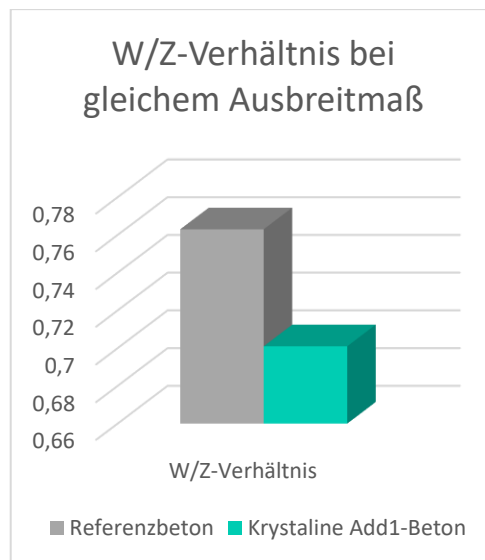
Wasser/Zement - Verhältnis

Verwendetes W/Z-Verhältnis um ein vergleichbares Ausbreitmaß gegenüber dem Referenzbeton zu erzielen:

	W/Z-Verhältnis für ein vergleichbares Ausbreitmaß	Bemerkungen
Referenzbeton	0,763	0% Unterschied (Referenzbeton)
Krystaline Add1-Beton	0,701	8,1% Wasserreduktion

Bemerkungen:

Die folgende Tabelle zeigt das W/Z-Verhältnis für den Referenz- und den mit Krystaline Add 1 behandelten Beton auf der Grundlage gleicher Zementmischungen. Krystaline Add1-Beton reduzierte im Vergleich zum Referenzbeton den Wasserbedarf für eine gleichmäßigen Ausbreitung und senkte so effektiv das W/Z-Verhältnis.



Ausbreitmaß

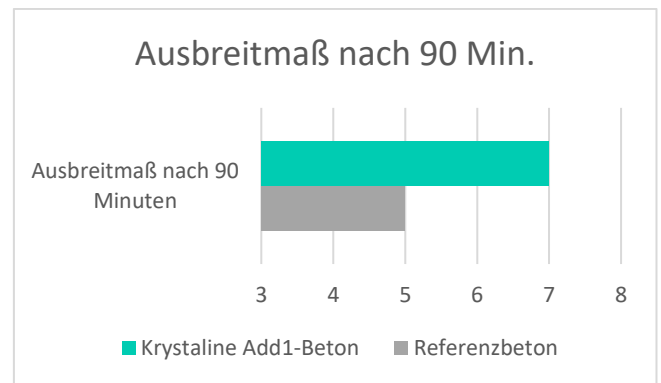
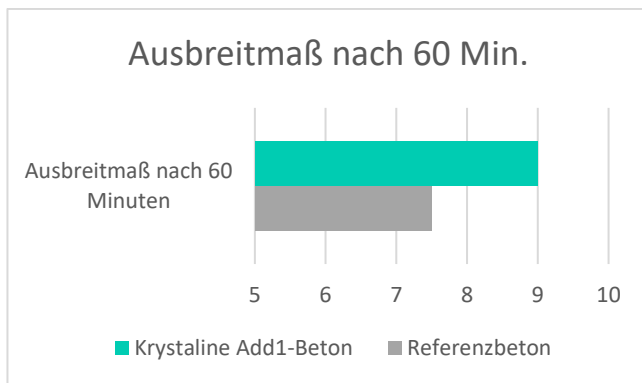
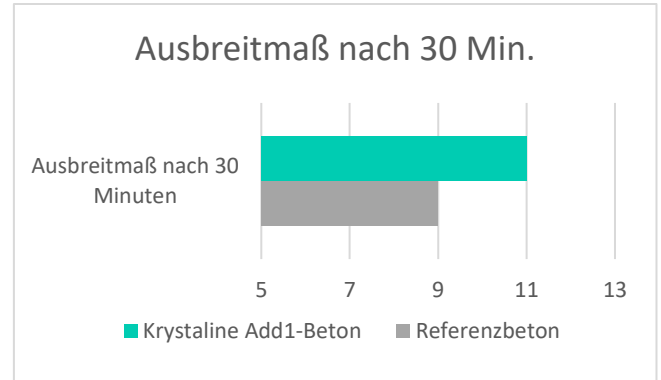
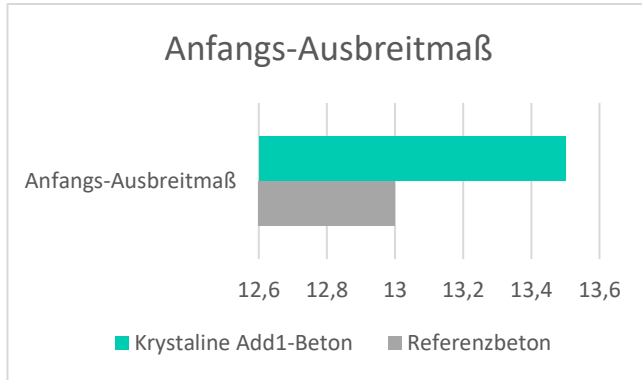
Anfangs-Ausbreitmaß und nach jeweils 30,60 und 90 Minuten beim Referenz- und beim Krystaline Add1-Beton:

	Ausbreitmaß	Notes
Referenzbeton – Anfangs-Ausbreitmaß	13,0	Referenzbeton
Referenzbeton – Ausbreitmaß nach 30 Min.	9,0	Referenzbeton
Referenzbeton – Ausbreitmaß nach 60 Min.	7,5	Referenzbeton
Referenzbeton – Ausbreitmaß nach 90 Min.	5,0	Referenzbeton
Krystaline Add1-Beton – Anfangs-Ausbreitmaß	13,5	Krystaline Add1-Beton hat ein um 3,8% höheres Ausbreitmaß als der Referenzbeton
Krystaline Add1-Beton – Ausbreitmaß nach 30 Min.	11,0	Krystaline Add1-Beton hat nach 30 Minuten ein um 22% höheres Ausbreitmaß als der Referenzbeton
Krystaline Add1-Beton – Ausbreitmaß nach 60 Min.	9,0	Krystaline Add1-Beton hat nach 60 Minuten ein um 20% höheres Ausbreitmaß als der Referenzbeton
Krystaline Add1-Beton – Ausbreitmaß nach 90 Min	7,0	Krystaline Add1-Beton hat nach 90 Minuten ein um 40% höheres Ausbreitmaß als der Referenzbeton

Bemerkungen:

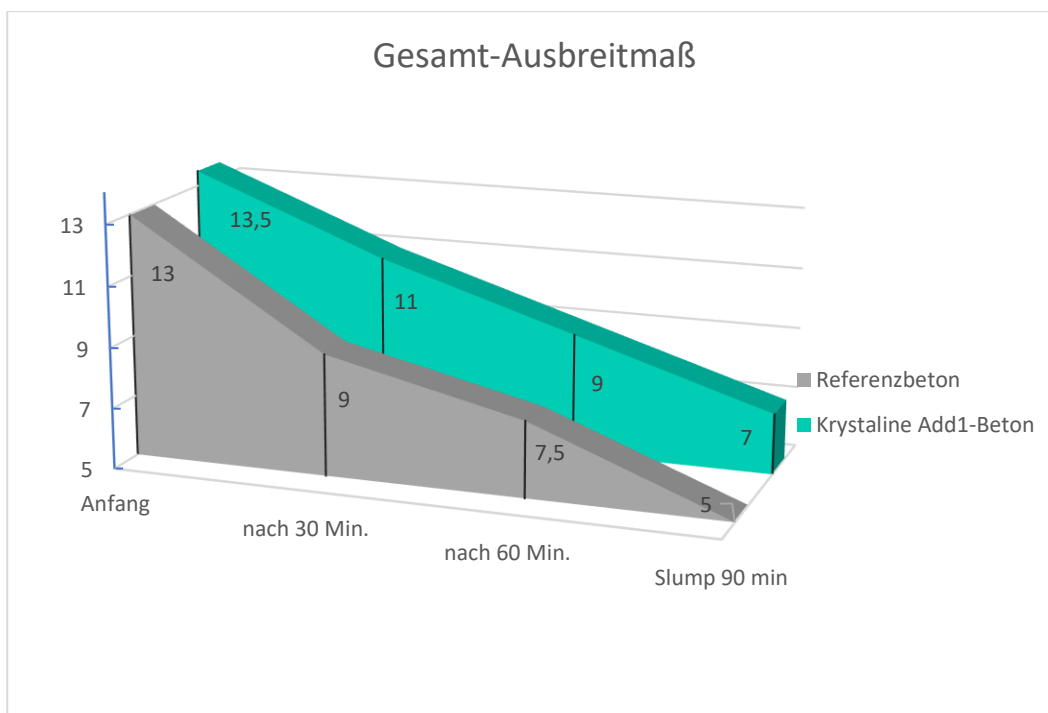
Das Anfangs-Ausbreitmaß des Referenzbetons betrug 13 cm und das des Krystaline Add1-Betons 13,5 cm, was 3,8% mehr entspricht. Das erhöhte Ausbreitmaß des Krystaline Add1-Betons ist noch innerhalb der Testnorm und vollumfänglich akzeptabel. Dies ist auch ein Anzeichen dafür, dass das W/Z-Verhältnis bei einem Ausbreitmaß von 13 cm tatsächlich weiter gesenkt werden konnte

Die nachfolgenden Diagramme zeigen, wie sich das anfängliche Ausbreitmaß nach 30, 60 und 90 Minuten verringert.



Krystaline Add1 verbesserte die Fähigkeit des Betons sich auszubreiten. Die Ausbreitung des Referenzbetons nahm innerhalb der ersten 30 Minuten rapide ab.

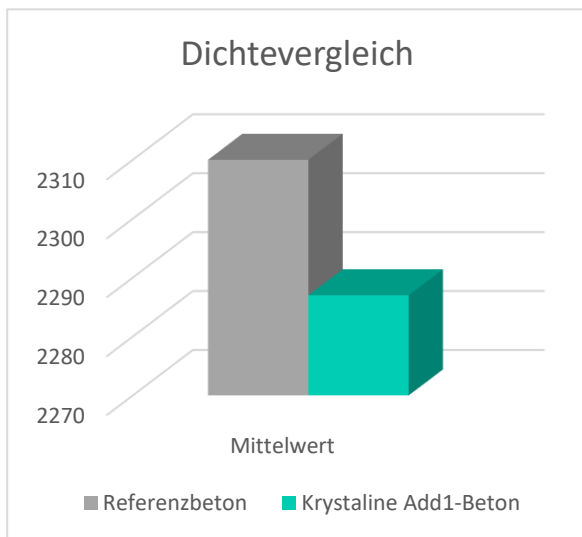
Krystaline Add1 sorgte für ein gleichmäßiges Ausbreitmaß und lag immer über den Werten des Referenzbetons.



Dichte

	Dichte	Mittlere Dichte	Bemerkungen
Referenzbeton	2330	2310	
	2320		
	2280		
Krystaline Add1-Beton	2270	2287	Die Ergebnisse zeigen eine Verringerung der Dichte um 1% im Vergleich zu Referenzbeton.
	2300		
	2290		

Bemerkungen:



Die Dichte ist die Masse pro Volumeneinheit Beton. In den meisten Beton-Tests nimmt die Dichte mit abnehmendem W/Z-Verhältnis zu, wenn alle anderen Komponenten konstant sind. Kristalline Technologie, sofern sie nicht speziell für starke Wasser-Reduzierung entwickelt wurde (wie z.B. unser Krystaline Add PLUS 2.5), widerlegt diese Regel. Ein Produkt mit einer echten kristallinen Natur verringert die Dichte sowie das Wasser-/Zementverhältnis, was zu erhöhter Festigkeit und verringerte Wasserdurchlässigkeit führt. Produkte, die die Dichte ohne deutliche Wasserreduzierung erhöhen, sind Verdichter. Sie sollten als Verdichtungsmittel und nicht als kristalline Technologie betrachtet werden.

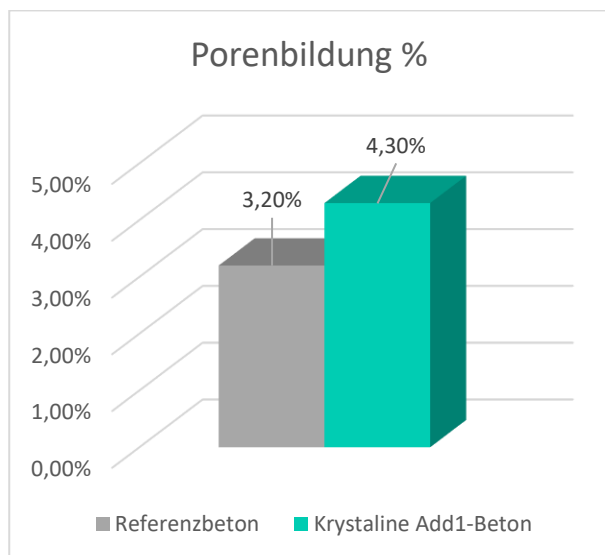
Das linksseitig abgebildete Diagramm zeigt die Verringerung der Dichte im Vergleich zwischen Krystaline Add1-Beton und Referenzbeton.

Porenbildung

	Porenbildung %	Bemerkungen
Referenzbeton	3,2%	
Krystaline Add1-Beton	4,3%	34% mehr als Referenzbeton

Bemerkungen:

Als Poren werden die mikroskopisch kleinen Blasen im Beton bezeichnet. Wie in der obigen Tabelle und im untenstehenden Diagramm dargestellt bildete der Krystaline Add1-Beton 4,3% Poren aus, was einem Anstieg von 34% im Vergleich zu Referenzbeton entspricht.

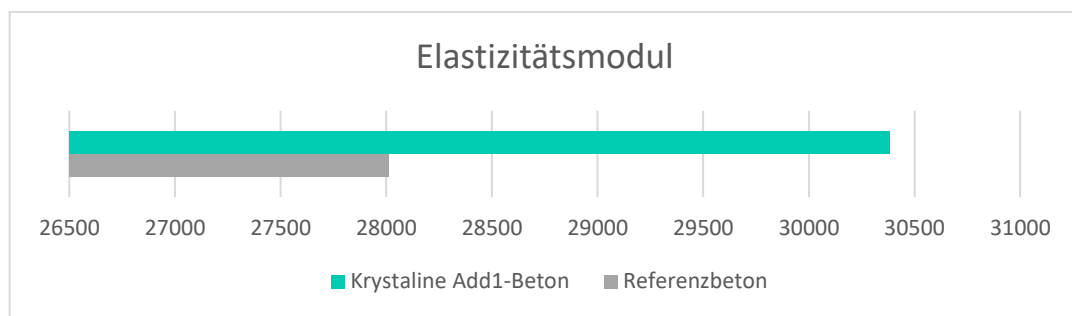


Elastizitätsmodul

	Elastizitätsmodul (MPa)	Bemerkungen
Referenzbeton	28011	
Krystaline Add1-Beton	30384	8,47% mehr als Referenzbeton

Bemerkungen:

Das Elastizitätsmodul (E_c) gibt Aufschluss über die Biegeelastizität des Betons. Man kann feststellen, dass Krystaline Add1-Beton einen im Vergleich zum Referenzbeton über 8% höheren Wert erzielt. Das untenstehende Diagramm verdeutlicht die Unterschiede zwischen den beiden Betonproben.



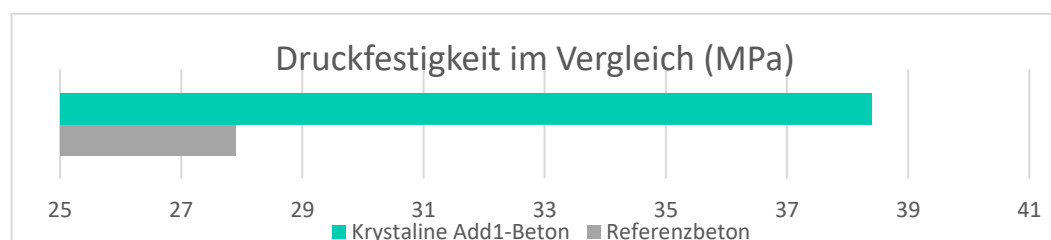
Druckfestigkeit

	Druckfestigkeit nach 28 Tagen (MPa)	Mittlere Druckfestigkeit nach 28 Tagen (MPa)	Bemerkungen
Referenzbeton	27,60	27,90	
	27,40		
	26,90		
Krystaline Add1-Beton	37,50	38,40	37,63% mehr Druckfestigkeit als der Referenzbeton.
	39,30		
	38,40		

Bemerkungen:

Es stellte sich heraus, dass der Krystaline Add1-Beton 37,63% mehr Druckfestigkeit als der Referenzbeton aufwies.

Das untenstehende Diagramm verdeutlicht den Unterschied zwischen den beiden Betonproben..

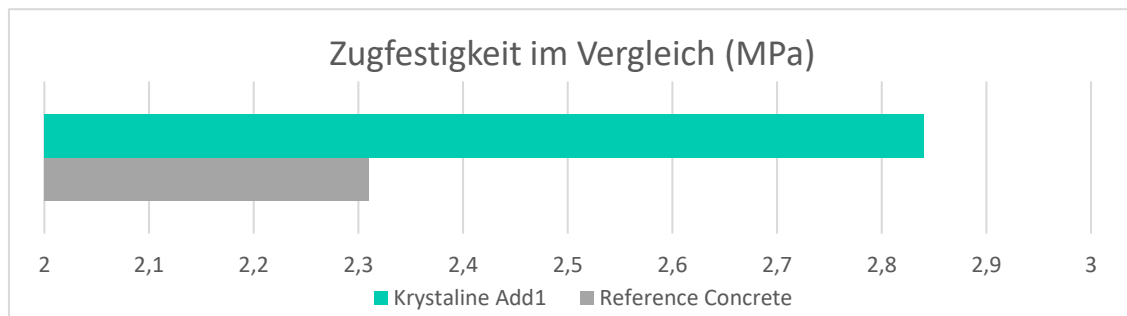


Zugfestigkeit

	Zugfestigkeit (MPa)	Mittlere Zugfestigkeit (MPa)	Bemerkungen
Referenzbeton	2,21	2,31	
	2,46		
	2,26		
Krystaline Add1-Beton	2,72	2,84	22,94% höhere Zugfestigkeit im Vergleich zum Referenzbeton.
	2,80		
	2,94		

Notes:

Der Krystaline Add1-Beton weist im Vergleich mit dem Referenzbeton eine 22,94% höhere Zugfestigkeit auf.

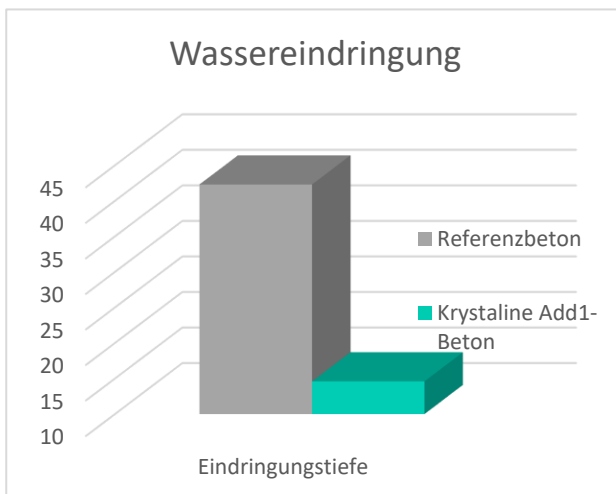
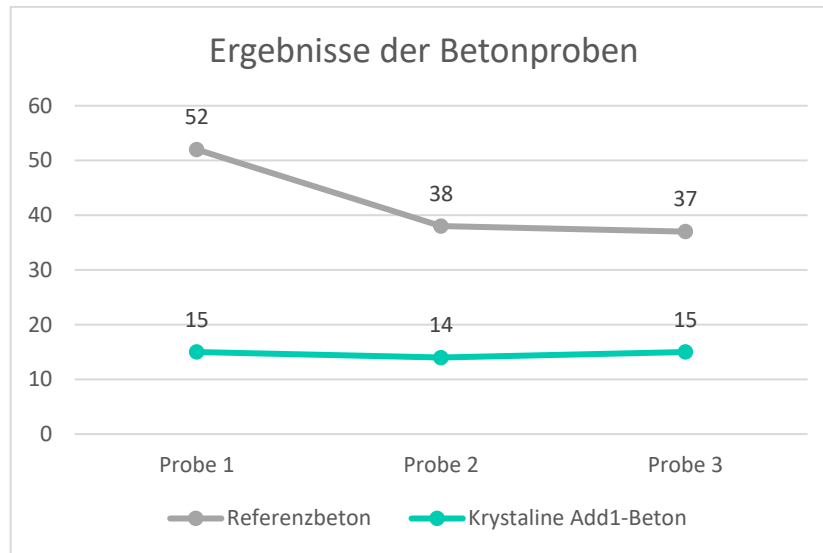


Wassereindringungstiefe

	Eindringungstiefe nach 28 Tagen (mm)	Mittlere Eindringungstiefe (mm)	Bemerkungen
Referenzbeton	52	42,3	
	38		
	37		
Krystaline Add1-Beton	15	14,6	65,48% geringere Eindringungstiefe im Vergleich zum Referenzbeton.
	14		
	15		

Bemerkungen:

Die Ergebnisse der drei Proben Referenzbeton und des Krystaline Add1-Betons sind im untenstehenden Diagramm dargestellt. Besonders beachtenswert ist, dass der Krystaline Add1-Beton gleichbleibende und fast variationslose Ergebnisse zeitigt.



Das nebenstehende Diagramm verdeutlicht die Unterschiede hinsichtlich der Wassereindringungstiefe zwischen dem Referenz- und dem Krystaline Add1-Beton. Es zeigt sich, dass der Krystaline Add1-Beton das Eindringen von Wasser signifikant reduziert.

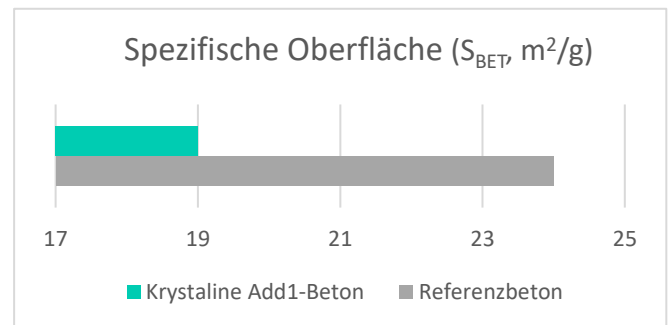
Strukturmerkmale der Mikroporen – BET Methode

Teil A – Spezifischer Oberflächenbereich

	Spezifischer Oberflächenbereich (S_{BET} , m ² /g)	Bemerkungen
Referenzbeton	24	
Krystalline Add1-Beton	19	20,8% Reduktion des spezifischen Oberflächenbereichs

Bemerkungen:

Die spezifische Oberfläche bezieht sich auf die Gesamtoberfläche des Materials pro Maßeinheit. Die hier verwendete BET-Testmethode wird unter Verwendung der gesamten Oberfläche (einschließlich der Oberfläche der Poren, die sich zur Oberfläche öffnen) durch Adsorption von auf die Oberfläche aufgebrachtem Stickstoffgas berechnet. Wenn eine Betonprobe größere bzw. mehr Poren an der Betonoberfläche aufweist, ist die Anzahl höher als bei einem Beton mit kleineren bzw. weniger Poren an der Betonoberfläche.



Teil B – Gesamt-Porenvolumen

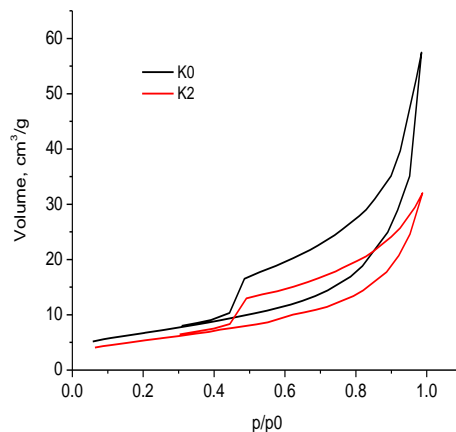
	Gesamt-Porenvolumen (V_t , cm ³ /g)	Bemerkungen
Referenzbeton	0,09	
Krystalline Add1-Beton	0,05	44,4% Reduzierung des Gesamt-Porenvolumens

Bemerkungen:

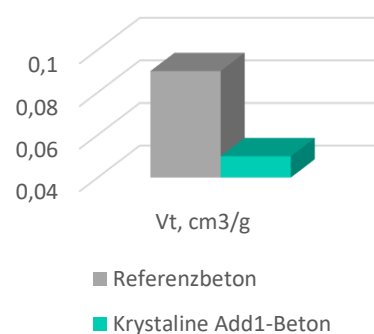
Das Porenvolumen bezieht sich auf das Volumen der Poren, die direkt oder durch Verbindung mit anderen offenen Poren zur Oberfläche hin durchlässig und damit für Flüssigkeiten zugänglich sind.

Das Gesamt-Porenvolumen bezieht sich auf die Gesamtmenge an offenen Poren pro Maßeinheit.

Die untenstehenden Ergebnisse der Niedrigtemperatur-Gasabsorptionstests nach der BET-Methode zeigen, dass der Krystalline Add1-Beton (K0) 44,4% geringeres Gesamt-Porenvolumen als der Referenzbeton (K2) aufweist.



Gesamt-Porenvolumen
(V_t , cm³/g)

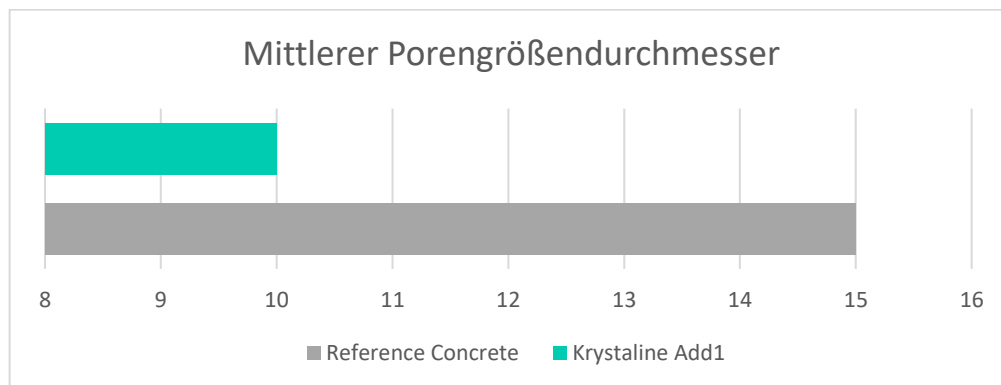


Teil C – Größe und Verteilung der Poren

	Größe und Verteilung der Poren nach Durchmesser (D_{av}, nm)	Bemerkungen
Referenzbeton	15 nm	
Krystalline Add1-Beton	10 nm	33,3% Reduzierung der durchschnittlichen Porengröße

Bemerkungen:

Die Größe und Verteilung der Poren bezieht sich auf den durchschnittlichen Porendurchmesser im Beton. Die Poren des Krystalline Add1-Betons sind im Durchschnitt um 33,3% kleiner als die des Referenzbetons.



Differential-thermal Analyse (DTA) - $Ca(OH)_2$ und K-S-H- Gehalte

	Calciumhydroxid $Ca(OH)_2$	Calciumsilicat-Hydrat C-S-H	Bemerkungen
Referenzbeton	1,937%	8,733%	
Krystalline Add1-Beton	1,491%	10,685%	23% weniger $Ca(OH)_2$ im Vergleich zum Referenzbeton. 22,3% mehr Gehalt an K-S-H im Vergleich zum Referenzbeton.

Bemerkungen

$Ca(OH)_2$ (Calciumhydroxid) oder auch Portlandit oder in der zementchemischen Notation als CH bezeichnet, bildet sich im kapillaren Porenraum des Betons. Es wächst nur im „freien“ Raum, d.h. die Wachrichtung ändert sich, sobald es auf ein anderes Calciumhydroxid-Kristall trifft. Um ein Feuchtigkeit enthaltendes Zementkorn wächst es komplett herum. Calciumhydroxid ist das schwächere und löslichere Kristallprodukt, das während des Hydratationsprozesses hergestellt wird.

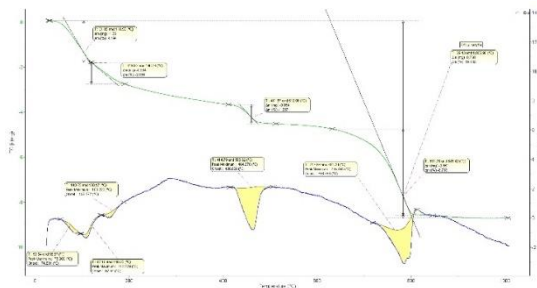
Calciumhydroxid reagiert mit Kohlendioxid. Dabei wird Calciumcarbonat gebildet, welches den Karbonatisationsprozess und den damit einhergehenden Qualitätsverlust einer Konstruktion auslöst. Durch diesen Prozess sinkt den pH-Wert des Betons, wodurch die den Bewehrungsstahl umgebende Schutzoxidschicht abgebaut wird. Infolgedessen beginnt der Stahl zu korrodieren und sich auszudehnen, was zu Rissen und anderweitigen Schädigungen des Betons führt. Der Bewehrungsstahl wird freigelegt und die Korrosion beschleunigt.

Calciumhydroxid kann sich in sulfatreichem Milieu ebenfalls ungünstig auswirken. Es ist gut dokumentiert, dass Sulfationen mit $\text{Ca}(\text{OH})_2$ zu Gips reagieren, welcher dann mit den Hydratationsprodukten des C3A zu Ettringit führt. Sowohl Gips als auch Ettringit können sich expansiv ausbreiten, wodurch die Haltbarkeit und Nachhaltigkeit des Betons eklatant geschädigt wird.

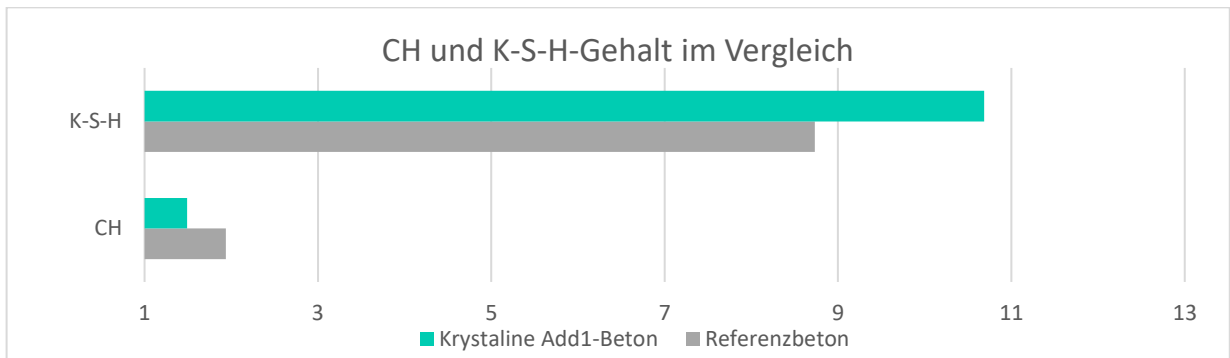
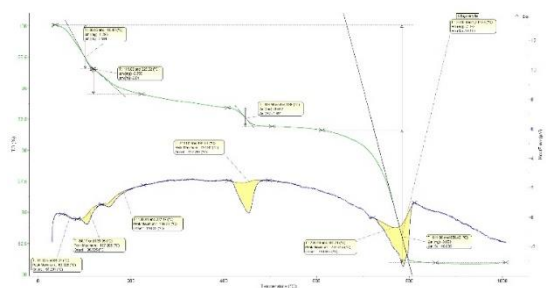
K-S-H (Kaziumsilikat-Hydrat) ist die wichtigste Komponente im Hydratationsprozess. Wenn es hydratisiert, zwingt es die nach außen gerichteten Stacheln benachbarter Partikel sich zu verzahnen. Dadurch werden feste Bindungen ausgebildet. Im weiteren Verlauf der Hydratation tragen die sich ineinander verzahnenden Stacheln zur Erhöhung des K-S-H-Wachstums bei und resultieren in einem nicht löslichen, hochfesten, kristallin behandelten Beton. K-S-H ist das stärkere Kristallprodukt und nicht wasserlöslich.

Echte kristalline Technologie verstärkt das K-S-H-Wachstum und senkt den CH-Anteil im Beton, um ihn widerstandsfähiger gegen Wasser zu machen. Der Bewehrungsstahl wird besser geschützt. Außerdem trägt die Technologie dazu bei stärkere Verbindungen innerhalb der Betonmatrix aufzubauen und somit zur Verbesserung der Druck- und Zugfestigkeit des Betons beizutragen. Das wichtigste Ergebnis jedoch ist die stärkere Haltbarkeit und Nachhaltigkeit des Betons.

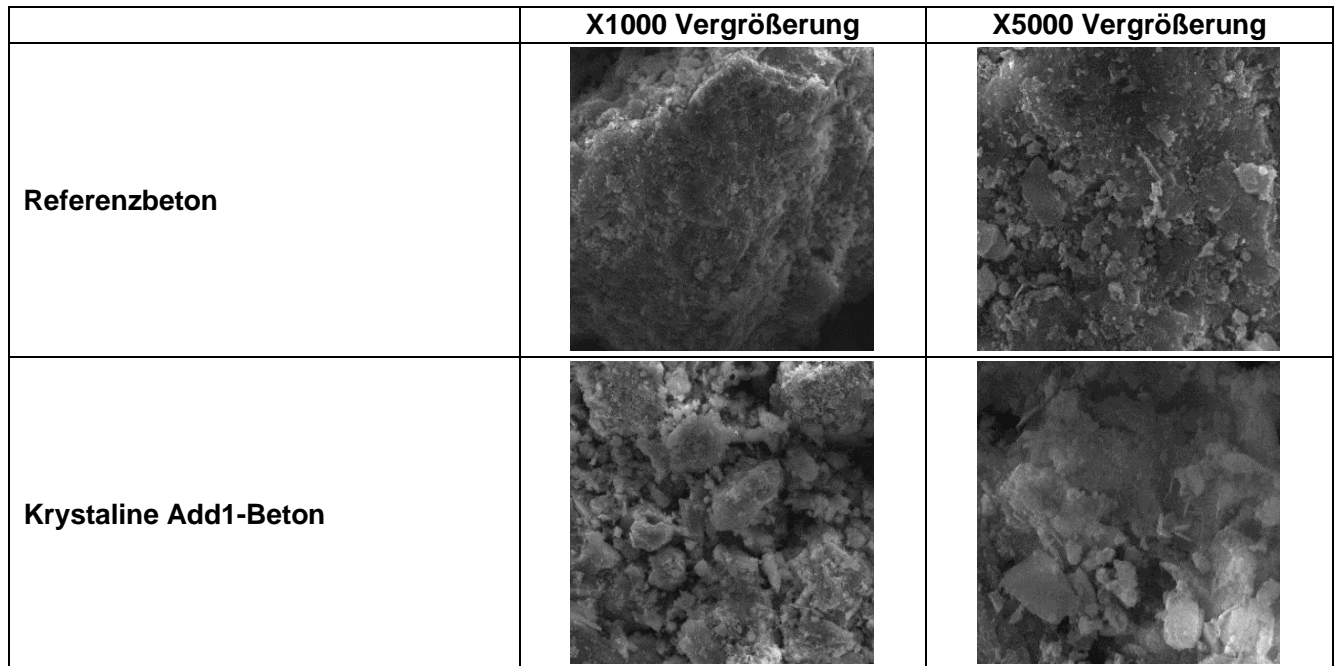
Referenzbeton DTA Analyse



Krystaline Add1-Beton DTA Analyse



Rasterelektronenmikroskop (REM)



Bemerkungen:

Die obigen Vergleichsbilder zeigen, dass die Größe des K-S-H-Gels und die Bildung von K-S-H-Kristallen nach 28 Tagen beim Krystaline Add1-Beton im Vergleich zum Referenzbeton signifikant verbessert sind.

Frost/Tauwechsel (beschleunigte Methode) 90 Tage

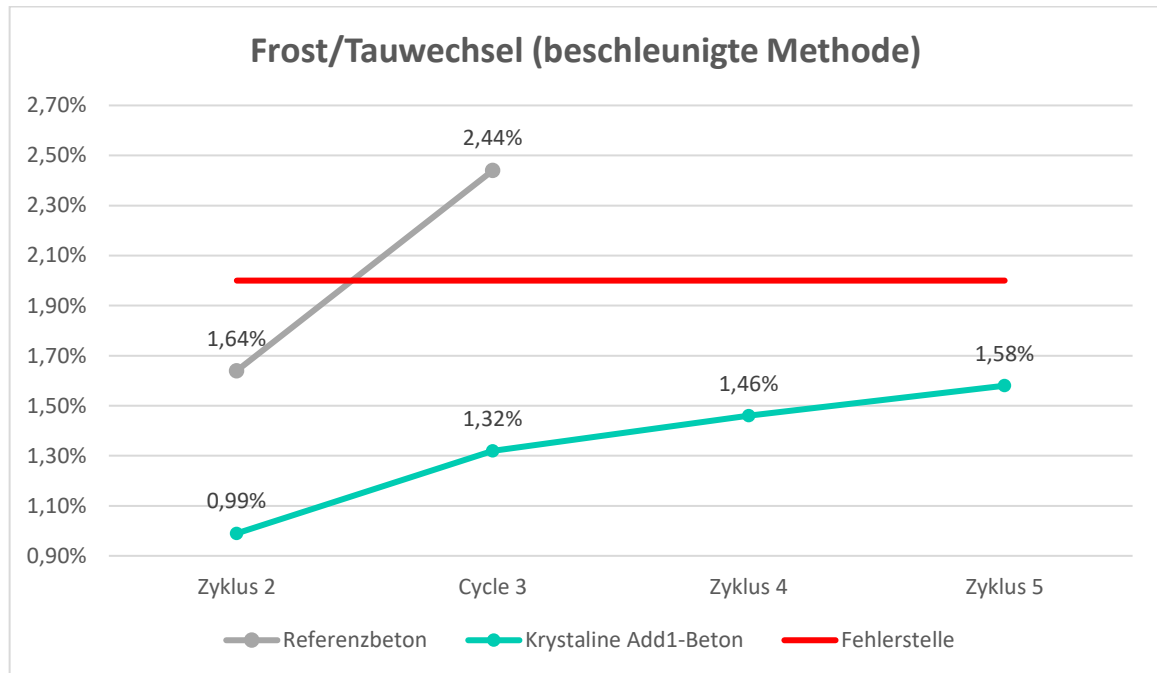
	Zyklen - Klasse	Bestanden/ fehlgeschlagen	Bemerkungen
Referenzbeton	2 Zyklen – Klasse 75	bestanden	1,64% Gewichtsverlust
	3 Zyklen – Klasse 100	fehlgeschlagen	2,44% Gewichtsverlust
	4 Zyklen – Klasse 150	-	-
	5 Zyklen – Klasse 200	-	-
Krystaline Add1- Beton	2 Zyklen – Klasse 75	bestanden	0,99% Gewichtsverlust
	3 Zyklen – Klasse 100	bestanden	1,32% Gewichtsverlust
	4 Zyklen – Klasse 150	bestanden	1,46% Gewichtsverlust
	5 Zyklen – Klasse 200	bestanden	1,58% Gewichtsverlust

Bemerkungen

Der Krystaline Add1-Beton hielt 5 Frost-Tau-Zyklen nach der beschleunigten Methode in 90 Tagen stand – das entspricht einer Frostbeständigkeitsklasse von 200.

Gewichtsverlust ist gleichzusetzen mit Qualitätsminderung des Betons. Bei dieser Methode wird ein Gewichtsverlust von 2% als Fehler gemessen. Während des Frost-Tau-Wechsels ist Wasser einer der kritischen Faktoren, die zum Gewichtsverlust führen. Wasser, welches im Beton gefriert, dehnt sich dort aus und verschlechtert die Qualität der Betonproben. Diese Testmethode ist äußerst effektiv, wenn man feststellen möchte, ob Beton wasserdicht und beständig im Frost-Tau-Wechsel ist, da nur Produkte, die das Eindringen von Wasser wirksam verringern daraus erfolgreich hervorgehen

Wie die obige Tabelle und das untenstehende Diagramm verdeutlichen hat der Krystaline Add1-Beton die maximale Anzahl der Testzyklen bestanden und eine Frostbeständigkeit der Klasse 200 erreicht. Der Referenzbeton hat lediglich zwei Zyklen bestanden und somit eine Frostbeständigkeit der Klasse 75.



Das obige Diagramm liefert einen sehr starken Hinweis auf die Leistung des Referenz- als auch des Krystaline Add1-Betons zwischen den Zyklen 2 und 5 des Tests. Krystaline Add1 schafft mehr Zyklen und erfüllt dennoch die Testanforderungen. Zu beachten ist auch, dass der Krystaline Add1-Beton bei 5 Zyklen bessere Ergebnisse lieferte als der Referenzbeton bei 2 Zyklen.

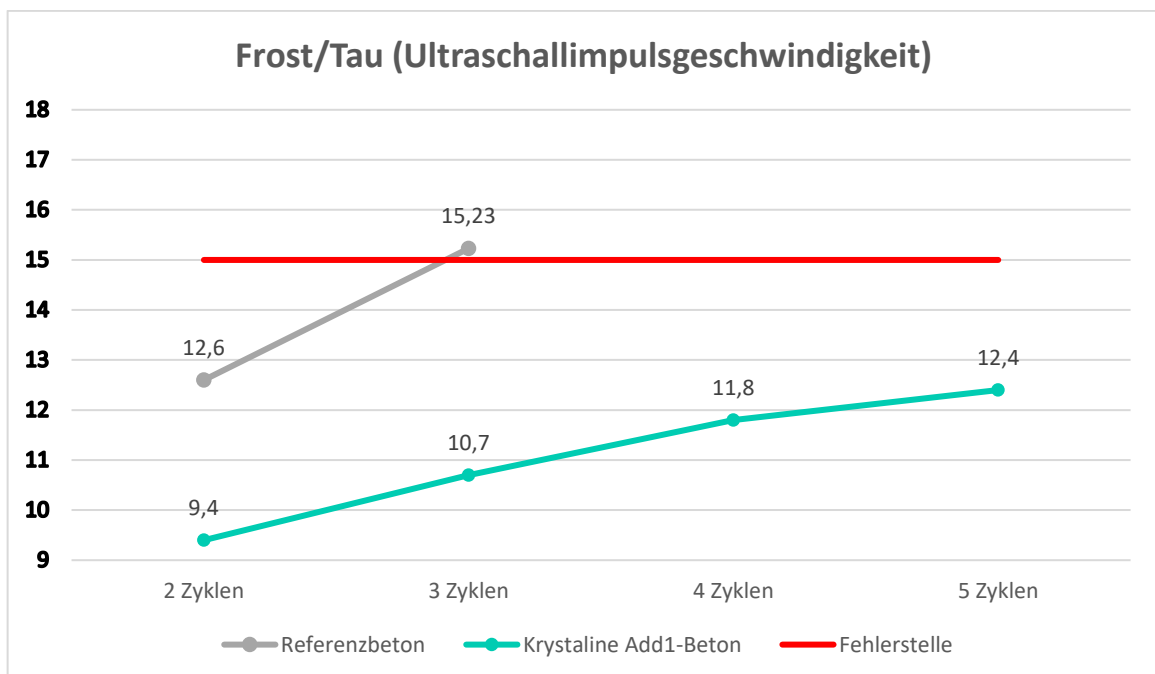
Frost /Tau (Abnahme der Ultraschallimpulsgeschwindigkeit)

	Zyklen	Bestanden/ fehlgeschlagen	Bemerkungen
Referenzbeton	2 Zyklen – Klasse 75	bestanden	12,60 Abnahme
	3 Zyklen – Klasse 100	fehlgeschlagen	15,23 Abnahme
	4 Zyklen – Klasse 150	-	-
	5 Zyklen – Klasse 200	-	-
Krystaline Add1- Beton	2 Zyklen – Klasse 75	bestanden	9,40 Abnahme
	3 Zyklen – Klasse 100	bestanden	10,70 Abnahme
	4 Zyklen – Klasse 150	bestanden	11,80 Abnahme
	5 Zyklen – Klasse 200	bestanden	12,40 Abnahme

Bemerkungen:

Diese Methode zur Untersuchung der Frost-/ Taubeständigkeit beinhaltet die Verwendung der Ultraschallimpulsgeschwindigkeit, um die Homogenität und Qualität des Betons unter Verwendung hochfrequenter Schallwellen zu bestimmen. Nimmt diese ab, ist die Betonqualität schlechter. Dieses System verwendet eine Abnahme von 15% als Fehlerstelle.

Die obige Tabelle und das nachfolgende Diagramm zeigen, dass der Krystaline Add1-Beton alle 5 Testzyklen bestanden und somit eine Frostbeständigkeit der Klasse 200 aufweist. Der Referenzbeton hat nur zwei Testzyklen bestanden und erhält eine Frostbeständigkeit der Klasse 75.



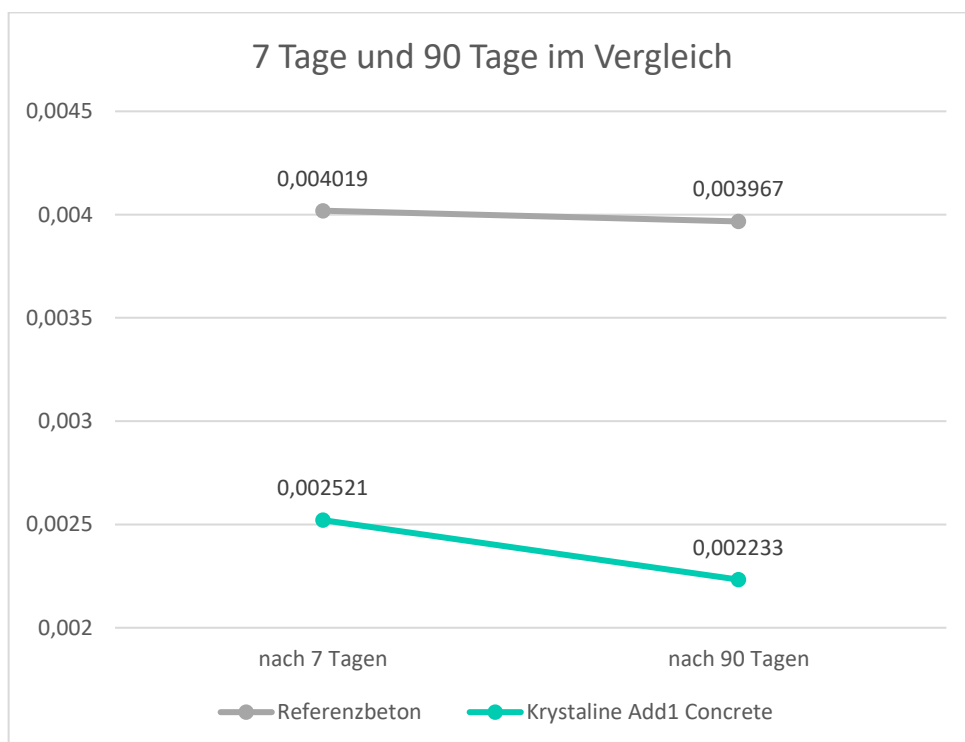
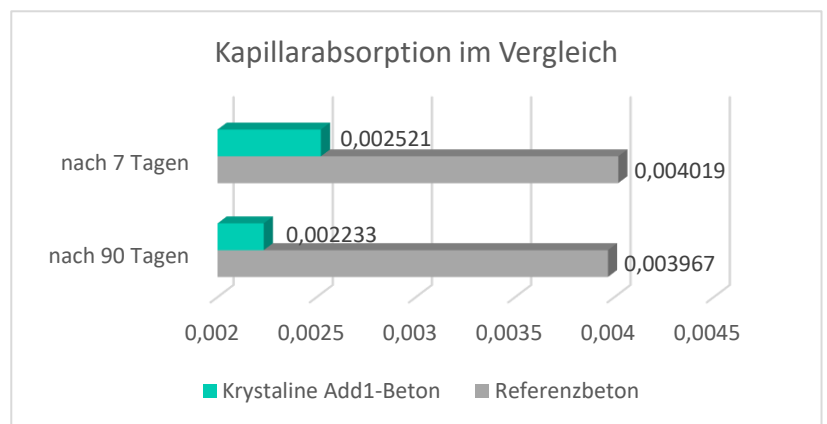
Das obige Diagramm liefert einen sehr starken Hinweis auf die Leistung des Referenz- als auch des Krystaline Add1-Betons zwischen den Zyklen 2 und 5 des Tests. Krystaline Add1-Beton schafft mehr Zyklen und erfüllt dennoch die Testanforderungen. Zu beachten ist auch, dass der Krystaline Add1-Beton bei 5 Zyklen bessere Ergebnisse lieferte als der Referenzbeton bei 2 Zyklen.

Kapillarabsorption

	Kapillarabsorption nach 7 Tagen	Kapillarabsorption nach 90 Tagen	Bemerkungen
Referenzbeton	0,004019	0,003967	1,2% weniger Kapillarabsorption zwischen 7 Tagen und 90 Tagen
Krystalline Add1-Beton	0,002521	0,002233	11,4% weniger Kapillarabsorption zwischen 7 Tagen und 90 Tagen 37,27% weniger als Referenzbeton nach 7 Tagen 43,70% weniger als Referenzbeton nach 90 Tagen

Bemerkungen

Wie aus der Tabelle und den beiden Diagrammen hervorgeht, zeigte der Krystalline Add1-Beton im Vergleich zum Referenzbeton eine geringere Kapillarabsorption. Es zeigt sich auch, dass die Kapillarabsorption des Krystalline Add1-Betons im Laufe der Zeit schneller abnimmt als beim Referenzbeton. In der obigen Tabelle ist aufgeführt, dass der Referenzbeton nach 90 Tagen eine Verbesserung von 1,2% vorwies und der Krystalline Add1-Beton 11,4%.



Die höhere Abnahmerate der Kapillarabsorption verdeutlicht den Langzeiteffekt der kristallinen Technologie.

Schlussfolgerungen

- 1) Die Dosierung von Krystaline Add1 beträgt konstant 1 kg / m³, was eine einfache Verwendung und schnelle Berechnungen ermöglicht. Die Kosten ändern sich nicht im Verhältnis zum Zementgehalt, da die Dosierung 1 kg / m³ bleibt. Die Möglichkeit, die Kosten für alle Projekte zu ermitteln, wird sich als konsistent erweisen. Die Kalkulation der Kosten ist im Gegensatz zu anderen Produkten, die in Abhängigkeit vom Zementgehalt dosiert werden, einfach und übersichtlich.
- 2) Krystaline Add1 ermöglicht eine Verringerung der Wasserzugabe um 8,12% gegenüber dem Referenzbeton und bei gleichem Ausbreitmaß. Krystaline Add1 kann als Betonzusatzmittel daher zusätzlich die Funktion als Plastifizierer bzw. Hilfsmittel zur Reduktion des Wassergehaltes übernehmen.
- 3) Krystaline Add1 reduzierte die Dichte des Betons durch Wasserreduktion und verbesserte dessen Festigkeit, Wasserdichtigkeit und Kapillarabsorption eklatant, was zweifelsfrei beweist, dass es sich bei der Technologie um eine kristalline Technologie und nicht um eine Verdichtungstechnologie handelt. Das erhöhte K-S-H-Wachstum zusammen mit den kleineren Porengrößen und dem verringerten Gesamtporenvolumen und dennoch einer geringeren Verdichtung weist auf eine echte kristalline Technologie hin.
- 4) Krystaline Add1 erhöhte die Porenbildung von 3,2% auf 4,3%, die Druckfestigkeit jedoch um 37%. Wenn wir die zusätzlichen Poren als freien Rohstoffbestandteil betrachten, werden pro 1000 m³ Beton zusätzlich 10 m³ Beton hinzugefügt.
- 5) Der Krystaline Add1-Beton verringerte die Eindringtiefe um 65,48%, was beweist, dass Krystaline Add1 ein Hochleistungs-Imprägniermittel ist.
- 6) Die Krystaline Add1-Beton-Proben waren beim Permeabilitätstest sehr konstant in ihrer Leistung und lagen im Gegensatz zum Referenzbeton innerhalb von 1 mm der maximalen Eindringtiefe. Dies zeigt an, dass die Leistung des Krystaline Add1-Betons konsistent ist und bleiben wird.
- 7) Krystaline Add1 erhöht die physikalischen Eigenschaften des Betons, sollte jedoch nicht als zusätzliche Kosten für das Betonbudget angesehen werden. Es handelt sich um Abdichtungskosten und sollte als Abdichtungskosten budgetiert werden. Da Krystaline Add1 als eigenständiges Abdichtungsprodukt verwendet werden kann, sollten seine wirtschaftlichen Auswirkungen mit den Kosten für Membranen und andere Abdichtungsprodukte verglichen werden.
- 8) Krystaline Add1 erhöht die Menge an Kalziumsilikathydrat im Beton. Laut ACI ist dieser Aspekt von Krystaline Add1 ein wichtiger Faktor wie er bei PRAH-qualifizierenden Materialien gemäß der Definition von ACI festgestellt wurde.
- 9) Krystaline Add1 reduzierte die Anzahl offener Poren auf der Betonoberfläche und die durchschnittliche Porengröße, was zu einem verringerten Gesamtporenvolumen führte. Dies ist ein starker Indikator dafür, dass Krystaline Add1 das Schrumpfverhalten und die Benetzungsausdehnung des Betons wirksam reduziert. Dies führt zu weniger Rissen im Beton.
- 10) Krystaline Add1 erhöhte die K-S-H-Kristalle im Beton, während die Calciumhydroxid-Kristalle gesenkt wurden, wodurch der Beton eine stärkere, nicht lösliche kristalline Technologie erhielt. Das erhöhte C-S-H im Beton führt zu einer besseren Hydratation und einem besseren C-S-H-Wachstum innerhalb der Grenzflächenzonen innerhalb des Betons, wodurch die Druckfestigkeit effektiv erhöht wird.

- 11) Krystaline Add1 hat die Fähigkeit des Betons, Frost-Tau-Zyklen standzuhalten signifikant verbessert, was die Haltbarkeit von Betonkonstruktionen in kalter Umgebung deutlich erhöht.
- 12) Die Ergebnisse der Kapillarabsorption ergeben auch, dass Krystaline Add1 eine echte kristalline Technologie ist. Dies zeigt sich in der deutlichen Verringerung der Kapillarabsorption nach 90 Tagen im Vergleich zum Referenzbeton.
- 13) Insgesamt betrachtet sind die Unterschiede zwischen dem Referenzbeton und dem Krystaline Add1-Beton eklatant. In jeder Kategorie übertraf der Krystaline Add1-Beton den Referenzbeton. Man kann den sicheren Rückschluss ziehen, dass das Hinzufügen von Krystaline Add1 dem Beton sowohl zu besserer Qualität verhilft als auch effektive Abdichtungsfähigkeiten aufweist.
- 14) **Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass Krystaline Add1-Beton haltbarer und nachhaltiger als Referenzbeton ist.**