

MFPA Leipzig GmbH

Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle für
Baustoffe, Bauprodukte und Bausysteme

Geschäftsbereich V - Tiefbau

Dr.-Ing. Ute Hornig

Arbeitsgruppe 5.1 - Bauwerksabdichtung

Prüfbericht Nr. PB 5.1/18-387-1

vom 22. Februar 2019

1. Ausfertigung

- Gegenstand:** *CrystalProof Admix* und *Crystal-Proof L1*
Prüfung des Selbstdichtungsverhaltens von Beton bei Zugabe
bzw. nachträglichem Auftrag von Zusatzmitteln
- Auftraggeber:** WBA Abdichtungssysteme
Konsul-Smidt-Straße 10
28217 Bremen
- Bearbeiter:** M.Sc. M. Göpel
- Bearbeitungszeitraum:** Oktober 2018 - Februar 2019

Dieses Dokument besteht aus 6 Seiten und 2 Anlagen.

Dieses Dokument darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Als rechtsverbindliche Form gilt die deutsche Schriftform mit Originalunterschriften und Originalstempel des/der Zeichnungsberechtigten. Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB) der MFPA Leipzig GmbH.

1 Aufgabenstellung

Die MFPA Leipzig GmbH wurde von der WBA Abdichtungssysteme mit der Untersuchung des Selbstdichtungsverhaltens von Beton zum Einen durch Zugabe des Betonzusatzmittels *CrystalProof Admix* in den Frischbeton und zum Anderen durch einen nachträglichen Auftrag der kristallinen Dichtungsschlämme *Crystal-Proof L1* beauftragt.

Der Nachweis der Selbstdichtung von Trennrissen unter Wasserdruckbeanspruchung wird über eine anwendungstechnisch orientierte Prüfung an Rissprüfkörpern aus Stahlbeton mit und ohne Zusatzmittel geführt. Die geöffneten Risse dieser Prüfkörper werden dazu über einen Zeitraum von 5 Tagen einer Druckwasserbeaufschlagung unterworfen. Dabei wird der Wasserdurchfluss an einem Referenzkörper, einem Prüfkörper mit Zugabe des Zusatzmittels *CrystalProof Admix* und einem Prüfkörper mit nachträglichem Auftrag der kristallinen Dichtungsschlämme *Crystal-Proof L1* miteinander verglichen.

2 Grundlagen

Für die Prüfungen standen die folgenden Informationen und Unterlagen zur Verfügung:

- [1] Angebot der MFPA Leipzig GmbH vom 21. August 2018
- [2] Produktinformation des Auftraggebers für *CrystalProof Admix*
- [3] Prüfbericht Nr. 39587.2 der Firma Exova vom 25. Oktober 2010
- [4] Verarbeitungsrichtlinie des Auftraggebers für *Crystal-Proof L1* von April 2017
- [5] Produktdatenblatt des Auftraggebers für *Crystal-Proof L1* Stand: 14.07.15

3 Angaben zu den Bauprodukten

Das Betonzusatzmittel *CrystalProof Admix* besteht nach Angaben des Auftraggebers aus organischen Verbindungen und führt unter Wassereinwirkung zum Kristallwachstum in der Betonstruktur. Es wird dem Frischbeton mit 2 Masse-% des Zementgewichtes zugefügt. Dadurch verringert sich die Wasserzugabe im Beton um 7-10 %.

Die kristalline Dichtungsschlämme *Crystal-Proof L1* ist nach Angaben des Auftraggebers ein kristallines Abdichtungssystem, welches nachträglich als Oberflächenbeschichtung aufgetragen wird. Dadurch soll das Eindringen von Wasser in Poren und Kapillarsysteme des Betons verhindert werden. Der Auftrag kann ein- oder mehrschichtig mit einer Bürste oder als Spritzbeschichtung erfolgen. Die Menge bei einem einschichtigen Auftrag beträgt 1 kg Pulver pro m² bzw. bei einem zwei- oder mehrschichtigem Auftrag 0,8 kg pro m² pro Auftrag bei einer Wassermenge von 8 l je 25 kg².

Die nachfolgende Tabelle enthält Angaben zu den zur Prüfung eingereichten Produkten.



Tabelle 1: Probeneingang

Probeneingangsdatum / -nummer	Produktbezeichnung	Beschreibung	Chargen-Nr.	Menge
31.08.2018 / 2629	<i>Crystal-Proof Admix</i>	Betonzusatzmittel	6332 Prod. 12/06/18	2,5 kg
31.08.2018 / 2628	<i>Crystal-Proof L1</i>	kristalline Dichtungsschlämme	6336 Prod. 12/06/18	2,5 kg

4 Probenherstellung

Für die Prüfung des Selbstdichtungsverhaltens von Trennrissen unter Wasserbeanspruchung wurden drei Rissprüfkörper mit den Abmessungen 50 x 40 x 22 [cm] hergestellt. Die Bezeichnung der Betonmischung lautet C25/30 XC4 XF1 XA1 WA. Der Beton wurde mit dem Zement CEMII/A-LL42,5 N und einer Gesteinskörnung, Rundkorn mit einem Größtkorn von 16 mm hergestellt. Der w/z-Wert betrug 0,55. Dem Beton wurden 9,33 Masse-% des Fließmittels *Glenium Sky 593* beigemischt. Die Herstellung der Probekörper ist in Anlage 2, Bild 1 dokumentiert.

Die Prüfkörper werden wie nachfolgend beschrieben hergestellt und eingesetzt:

Prüfkörper 1:

- Prüfkörper ohne Zusatzmittel als Referenz

Prüfkörper 2:

- Zugabe des Zusatzmittels *CrystalProof Admix* in den Frischbeton, Zugabemenge: 2 M.-%

Prüfkörper 3:

- Beton ohne Zusatzmittel, aber 2-lagigem Auftrag von *Crystal-Proof L1* auf der wasserabgewandten Betonoberfläche nach einer ersten Beaufschlagung des Rissprüfkörpers mit Wasser entsprechend den Verarbeitungshinweisen des Auftraggebers.

Für den nachträglichen Auftrag der Schlämme wurde die Pulverkomponente mit Wasser im Masseverhältnis 25 : 8 vermischt. Entsprechend den Verarbeitungshinweisen des Auftraggebers erfolgte der Auftrag 2-lagig mit einer Bürste. Dabei sollte je m² und Auftragslage eine Auftragsmenge von 0,8 kg Pulver, vermischt mit 0,256 kg Wasser, eingehalten werden. Für die zu bearbeitende Fläche von 0,1 m x 0,22 m = 0,022 m² ergibt sich somit eine Masse von 23 g je Auftragslage. In der Anlage 2 dokumentiert das Bild 4 den Auftrag der ersten Lage und Bild 5 den Auftrag der zweiten Lage der Dichtungsschlämme.

Die Herstellung der Betonprüfkörper erfolgte in speziellen Schalungskonstruktionen, in welchen durch Dreikantleisten an den Ober- und Unterseiten sowie an zwei seitlichen Flächen der gewünschte Rissverlauf durch Querschnittschwächung vorgegeben werden konnte. Durch zylindrische Aussparungen senkrecht zur Prüfkörperoberseite konnten nach Erhärtung des Betons Spezialkeile mit Hülsen eingebracht werden. Darüber ließen sich definierte Trennrisse mit parallelen Rissufern einstellen.



Mit Hilfe der Spezialkeile und der vorhandenen Querschnittsschwächung wird vor dem Einbau der Prüfkörper in den Versuchsstand ein definierter Trennriss im jungen Betonalter (Alter < 7 d) erzeugt. Während der Risserzeugung besitzen die Prüfkörper bereits eine Umspannung mit Stahltraversen und Gewindestangen und sind mit jeweils vier Messuhren (zwei an der Oberseite und zwei an der Unterseite, Genauigkeit 1/100 [mm]) bestückt, so dass die geplante Rissbreite von $w = 0,3 \text{ mm}$ mit hoher Genauigkeit eingestellt werden kann. Die Rissaufweitung erfolgt solange, bis alle Messuhren den Zielwert anzeigen. Die Rissbreitenmessung erfolgt als Verschiebungsmessung, da wegen der Einkerbung im Prüfkörper keine Rissmesslupe angesetzt werden kann.

5 Prüfablauf

Trennrisse in Stahlbetonbauteilen führen bei Wasserbeaufschlagung in Abhängigkeit vom Wasserdruck und der Rissbreite zum Wasserdurchtritt. In der Regel kommt es beim Durchströmen von Trennrissen zunächst zu einem starken Anfangsdurchfluss, der in Abhängigkeit von der Zeit und den Randbedingungen unterschiedlich stark abnimmt oder ganz zum Erliegen kommt. Auf den zeitlichen Verlauf haben die Rissgeometrie (Rissrauigkeit, Risslänge, Rissbreite) und der Wasserdruck einen wesentlichen Einfluss.

Die ausgeschalteten Prüfkörper sind beidseitig parallel zum Rissverlauf mit Stahltraversen verspannt, die über Gewindestangen miteinander verbunden sind. Die folgende Abbildung 1 und das Bild 2 in der Anlage 2 zeigen schematisch den Versuchsaufbau.

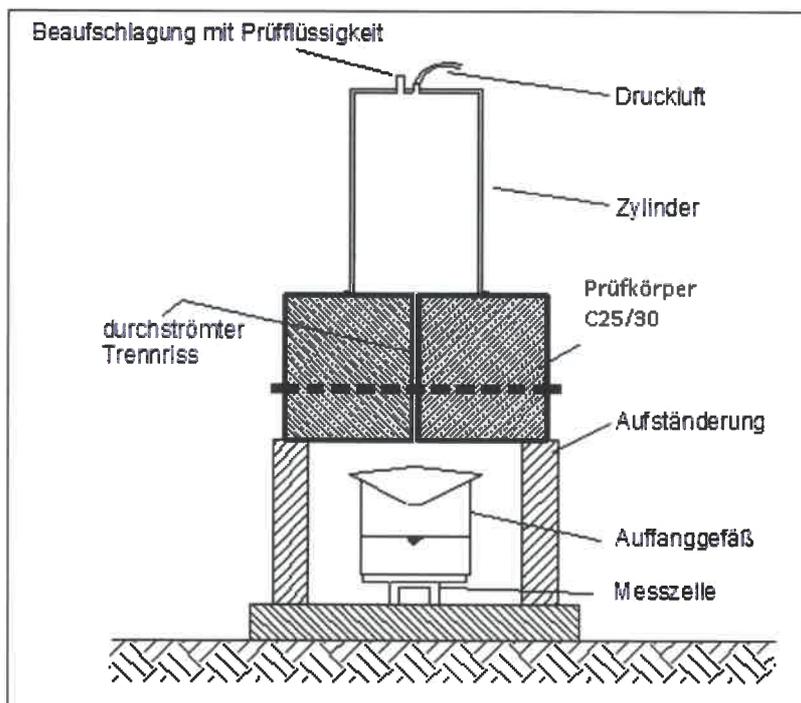


Abbildung 1:
Schematischer Versuchsaufbau

Der Prüfkörper 1 blieb zum Vergleich unbehandelt (Referenz). Der Prüfkörper 2 wurde durch die Zugabe des Betonzusatzmittels *CrystalProof Admix* in den Frischbeton modifiziert. Für den Prüfkörper 3 erfolgte der Auftrag der kristallinen Dichtungsschlämme *Crystal-Proof L1* auf der

Unterseite des Prüfkörpers nachdem ein erster Wasserdurchfluss stattfand.

Während die Prüfkörper 1 und 2 zeitgleich geprüft wurden, konnte der 3. Prüfkörper auf Grund des nachträglichen Auftrags von *Crystal-Proof L1* und einer prüftechnisch bedingten Wartezeit erst später geprüft werden. Hier wurde nach einer mindestens achtstündigen drucklosen Wasserbeaufschlagung der Prüfkörper um 180 ° gewendet, so dass die während der Beaufschlagung dem Wasser abgewandte Seite für den Auftrag der Schlämme oben angeordnet war. Dazu wurde die zu beschichtende Fläche mit Klebebändern eingefasst, das Material in zwei Lagen aufgetragen und anschließend über einen Zeitraum von 14 Tagen mit einem feuchten Tuch und einer PE-Folie gegen Austrocknung geschützt.

Für die Wasserbeaufschlagung wurde jeweils über dem geöffneten Riss eine Druckkammer aufgesetzt. Zu Beginn der Versuche wurde jeweils eine Ausgangsmenge von 10 l Wasser eingesetzt, die über ein Luftpolster mit Luftdruck in der entsprechenden Prüfdruckhöhe von konstant 0,5 bar (entsprechend 5 m Wassersäule) beaufschlagt wurde. Die Erfassung des zeitabhängigen Durchflusses erfolgte durch die unter den Prüfkörpern auf Wägezellen positionierten Auffangbehälter. Hierfür wurden die Wägezellen vor dem Versuch kalibriert, um die Durchflussraten genau ermitteln zu können. Zusätzlich wurden regelmäßig Sichtkontrollen an den Rissunterseiten der Prüfkörper durchgeführt.

Die Rissöffnung wurde während der gesamten Versuchsdurchführung an jeweils vier Stellen des Prüfkörpers mithilfe von Messuhren kontrolliert. Alle Prüfkörper wurden gleichen Drücken und Beaufschlagungszeiten unterworfen. Da sich beim Referenzprüfkörper ausgehend von einer Durchflussrate von ca. 12 l/h der Durchfluss nach 12 Stunden erwartungsgemäß noch nicht halbiert hatte, wurde die Wasserbeaufschlagung zu diesem Zeitpunkt beendet.

6 Prüfergebnisse

Die Versuchsergebnisse sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst. Die Bestimmung des Wasserdurchflusses erfolgte gravimetrisch über einen Zeitraum von 5 Tagen. Der Durchfluss wurde kontinuierlich erfasst und dargestellt. Die Anlage 1 enthält eine grafische Darstellung der Versuchsergebnisse.

Der Prüfkörper 1 diente als Referenz und beinhaltete kein Zusatzmittel oder nachträglichen Auftrag einer Dichtungsschlämme. Bei Beaufschlagung des Trennrisses mit der Druckwasserbeanspruchung stellte sich sofort ein Durchfluss ein, der innerhalb der ersten Stunde $q = 12$ l/h betrug. Er reduzierte sich anschließend und betrug nach 12 h noch $q = 7,10$ l/h. Da keine weitere signifikante Verringerung des Durchflusses bei der untersuchten Rissbreite von 0,3 mm unter dem einwirkenden Wasserdruck von 0,5 bar eintrat, wurde die Wasserbeaufschlagung zu diesem Zeitpunkt beendet.

Der Prüfkörper 2 wies durch die Zugabe des Zusatzmittels *CrystalProof Admix* im Vergleich zum Referenzprüfkörper bereits zum Prüfbeginn einen wesentlich geringeren Durchfluss auf. Der Anfangsdurchfluss lag bei 1,96 l/h, welcher sich innerhalb von 12 h auf 0,51 l/h und am Ende der Versuchszeit auf 0,00 l/h verringerte.

Der Prüfkörper 3 wurde nach dem Durchfluss einer ersten Druckwasserbeanspruchung nachträglich mit der Dichtungsschlämme *Crystal-Proof L1* abgedichtet. Hier war eine gravimetrische



Bestimmung des Durchflusses nicht möglich. Die an der wasserabgewandten Seite des Risses vereinzelt erkennbaren Tropfen verteilen sich z.T. auf der Oberfläche der Schlämme bzw. tropfen nicht ab, Anlage 2, Bild 6.

Tabelle 2: Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Prüfkörper-Nr.		1	2	3
Prüfkörperbeschreibung		Referenz	<i>CrystalProof Admix</i> im Frischbeton	<i>Crystal-Proof L1</i> nachtr. aufgetragen
Durchfluss [l/h]	nach 1 h	12	1,96	0*
	nach 12 h	7,1	0,51	0*
	nach 24 h	-	0,24	0*
	nach 48 h	-	0,07	0*
	nach 72 h	-	0,04	0*
	nach 100 h (Ende)	-	0,00	0*

* gravimetrisch nicht bestimmbar

Mit den durchgeführten anwendungstechnisch orientierten Versuchen wurde nachgewiesen, dass Trennrisse mit einer Rissbreite von 0,3 mm unter der Einwirkung von Wasserdruck mit einer Druckhöhe von 0,5 bar entsprechend einer Wassersäule von 5 m sich bei Anwesenheit des Betonzusatzmittels *CrystalProof Admix* nach einem anfänglichen Wasserdurchfluss selbst abdichten. Der nachträgliche Auftrag von *Crystal-Proof L1* auf wasserführende Trennrisse unter gleichen Randbedingungen führt unmittelbar nach dem Auftrag zum Stoppen des Durchflusses.

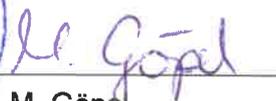
Leipzig, den 22. Februar 2019



Dr.-Ing. Hornig
Geschäftsbereichsleiterin



M.Sc. M. Göpel
Bearbeiter



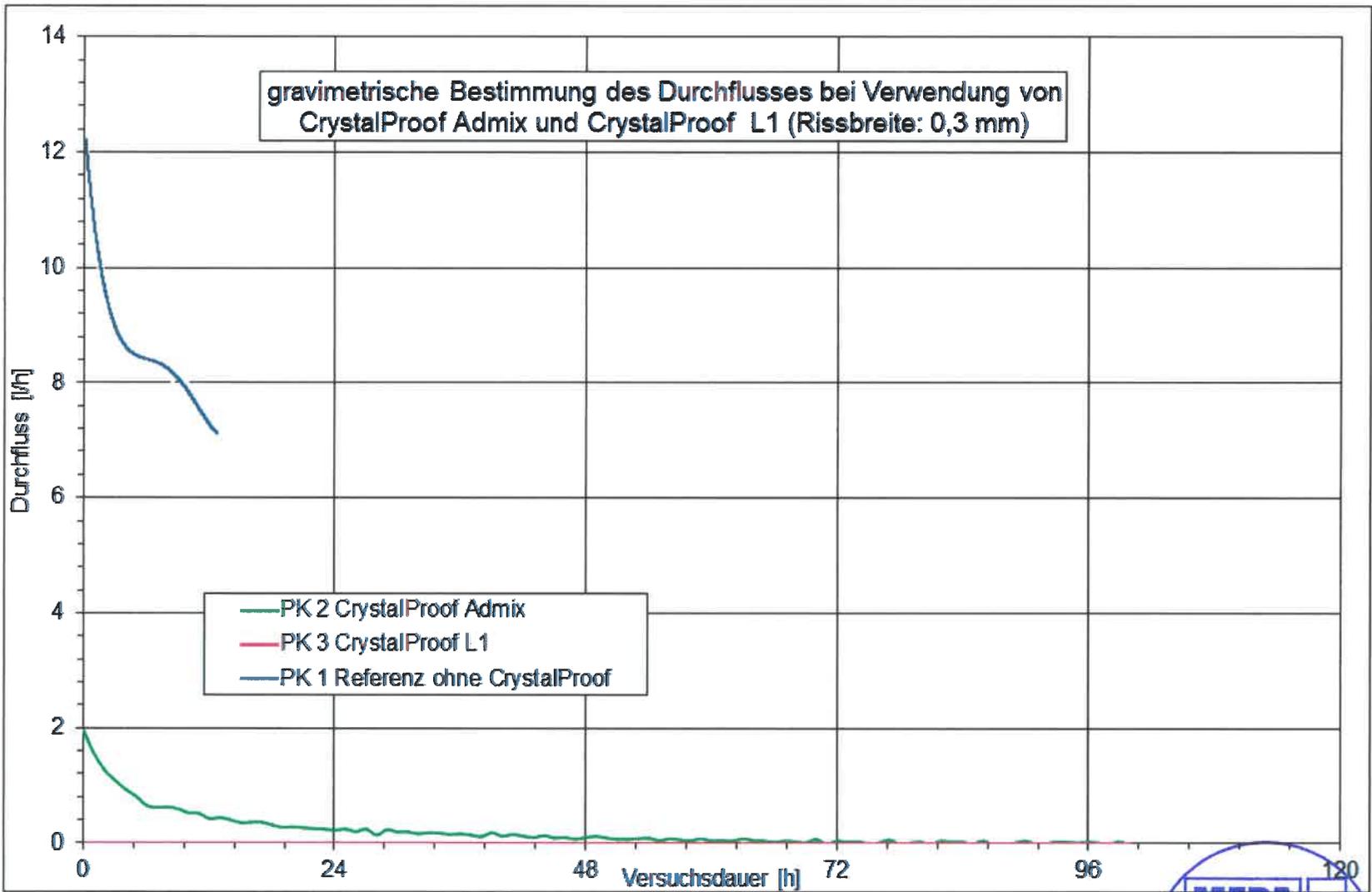




Bild 1 Herstellung der Prüfkörper



Bild 2 exemplarischer Versuchsaufbau





Bild 3 Versuchsdurchführung an den 3 Prüfkörpern



Bild 4 Auftrag der 1. Lage der Dichtungsschlämme *Crystal-Proof L1*



Bild 5 Auftrag der 2. Lage der Dichtungsschlämme *Crystal-Proof L1*



Bild 6 Unterseite Prüfkörper 3 mit *Crystal-Proof L1* während des Versuches