ibac
Institut für Bauforschung
Bauwerkserhaltung
und Polymerkomposite

RWTH AACHEN UNIVERSITY

Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Raupach
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. O. Weichold

Postadresse:
Institut für Bauforschung Aachen
Bauwerkserhaltung · Polymerkomposite
RWTH Aachen
52056 Aachen

Hausadresse:
Institut für Bauforschung Aachen
Schinkelstraße 3
52062 Aachen

Sekretariat +49 241 80-95126
Durchwahl +49 241 80-95099
Telefax +49 241 80-92139

E-Mail andrianov@ibac.rwth-aachen.de

www.ibac-aachen.de

Av/Fk
1. Ausfertigung

M-2305-Av.docx

THEMA Prüfung des Injektionsstoffes Ruberstein® Drysilex nach WTA-Merkblatt 4-4-04/D

Prüfbericht Nr. M 2305
vom 25.04.2017

Projektbearbeitung Dipl.-Ing. R. Schulte Holthausen

I. Andrianov, M. Sc.

Auftraggeber/ Förderer Rubersteinwerk GmbH
Michelner Straße 7-9
09350 Lichtenstein

Auftragsdatum 11.04.2017

Aktenzeichen -

Konten der Hochschulkasse

RWTH Aachen
Verwendungszweck: Für 311 320

SPARKASSE AACHEN
IBAN: DE53 390 500 00 0000 0000 18
SWIFT-BIC: AACSDE33

Dieser Bericht umfasst 9 Seiten, davon 5 Textseiten.

Soweit Versuchsmaterial nicht verbraucht ist, wird es nach 4 Wochen vernichtet. Eine längere Aufbewahrung bedarf einer schriftlichen Vereinbarung. Die auszugsweise Veröffentlichung dieses Berichtes, seine Verwendung für Werbezwecke sowie die inhaltliche Übernahme in Literaturdatenbanken bedürfen der Genehmigung des ibac.

1 ALLGEMEINES

Im Folgenden wird die Prüfung der Wirksamkeit eines Injektionsstoffes zur Ausbildung einer Horizontalsperre auf Basis eines Silan/Siloxan-Gemischs nach WTA Merkblatt 4 4 04/D „Mauerwerksinjektion gegen kapillare Feuchtigkeit" aus dem Jahre 2008 beschrieben. Das Produkt wird vom Auftraggeber als „Ruberstein® Drysilex" bezeichnet. Im Rahmen des vorliegenden Prüfberichtes wird das untersuchte Produkt als „Injektionsstoff" bezeichnet.

2 PROBENMATERIAL

Der eingesetzte Injektionsstoff ist in der nachfolgenden Tabelle 1 beschrieben. Die Basis des Injektionsstoffes ist ein Silan/Siloxan-Gemisch. Damit kann der primäre Wirkmechanismus entsprechend Anlage A1 des WTA-Merkblattes 4-4-04/D mit „hydrophobierend" angebeben werden. Der Injektionsstoff wurde in Mauerwerke mit einem Durchfeuchtungsgrad von 95 % ± 5 % DFG eingebracht.

Tabelle 1: Beschreibung des untersuchten Injektionsstoffes

Bezeichnung	Verdünnung mit Wasser	Aktivator	Injektion
1	2	3	4
Injektionsstoff	1:12	Nein	Druck

3 WTA WIRKSAMKEITSPRÜFUNG AN MAUERWERKEN

3.1 Prüfkörper

Entsprechend WTA-Merkblatt 4-4-04/D wurden Prüfkörper mit Muhr-Vollziegeln und Kalkzementmörtel in den Abmessungen 740 mm Länge, 569 mm Höhe und 240 mm Tiefe hergestellt. Drei Prüfkörper dienten als Referenz (Referenzmauer 1, 2, 3), an den anderen zwei Prüfkörpern ist die nachfolgend beschriebene Injektion durchgeführt worden. Nach der Herstellung erfolgte eine 28-tägige Lagerung bei Raumklima; 23 °C und 50 % relative Luftfeuchte.

3.2 Probenvorbereitung

Nach der 28-tägigen Lagerung gemäß Abschnitt 3.1 wurden die Probekörper bei 23 °C bis zur Massekonstanz vollständig in einem Wasserbad getaucht. Anschließend wurden die Probekörper jeweils in einer wasserdampfdichten Umhüllung bis zur Injektion aufbewahrt.

Unmittelbar vor der Injektion wurde im Bereich der Injektionsebene an allen vier Seiten eine Dichtungsschlämme aufgebracht (Bild B1). Weiterhin wurden Bohrlöcher mit einem Durchmesser von 12 mm waagerecht in die 2. Steinlage von oben in die Mauwerke eingebracht. Der Abstand der Bohrlöcher betrug etwa 10 cm, die Tiefe etwa 19 cm. Pro Mauerwerk wurden 7 Bohrlöcher gesetzt. Damit die Mauerwerke infolge der durch die Bohrung ausgelösten Erschütterung keine Gefügeauflockerung innerhalb der Fugen erfuhren, wurden die Mauerwerke vorher verspannt. Das Bohrmehl wurde nach den Bohrungen mit Druckluft ausgeblasen.

3.3 Injektion und Lagerung bis zur Wirksamkeitsprüfung

Die Injektion der Prüfkörper erfolgte unter Beaufsichtigung eines authorisierten Vertreters der Prüfstelle durch Mitarbeiter des AG in den institutseigenen Laborräumen. Die Druckinjektion erfolgte bei 23 °C und 50 % relativer Luftfeuchte über Bohrlochpacker (Kunststoff-Einschlagpacker, Bild B2 und Bild B3). Der Injektionsdruck sowie die injizierte Menge sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Angaben zur Injektion des Injektionsstoffes

Bezeichnung	Injizierte Mauern	Verdünnung/ Aktivator	Injektions-druck in bar je Etappe	Injektions-menge je Packer	Injektionsetappen
1	2	3	4	5	6
Injektionsstoff	11 + 13	1:12 / nein	3	~ 700 ml	1

Der Verlust durch austretenden Injektionsstoff wird auf etwa 10 % geschätzt. Bild B3, Seite B2, vermittelt einen Eindruck von der Injektion der Mauerwerke.

Unmittelbar nach der Injektion wurden drei Seiten der Mauerwerke mit Epoxidharz wasserdampfdicht versiegelt (die Injektionsseite wurde nicht versiegelt). Im Anschluss wurden sowohl die injizierten als auch die Referenzprüfkörper mit der unteren halben Ziegelschicht in ein Wasserbad gestellt. Das Raumklima betrug 23 °C und 50 % relative Luftfeuchte. Die Wirksamkeitsprüfung begann 14 Tage nach der Injektion. Hierzu wurde auch die Injektionsseite versiegelt.

3.4 Wirksamkeitsprüfung

Die Probekörper wurden während der Wirksamkeitsprüfung in Edelstahlwannen gelagert. In den Edelstahlwannen befand sich bis etwa zur unteren halben Ziegelschicht Wasser. Die Edelstahlwannen waren dampfdicht verschlossen. Das durch die jeweilige Mauer transportierte Wasser wurde über die Veränderung des Pegelstandes unter Berücksichtigung der Leckrate sowie der Verdunstungsfläche der Probekörper ermittelt (Bild B4).

Bild B5, Seite B3, zeigt die Entwicklung der Durchlassraten über die Zeit während der Wirksamkeitsprüfung. Entsprechend des WTA-Merkblatts 4-4-04/D wurden nach der Wirksamkeitsprüfung von den injizierten Mauerwerken aus der Mitte der zweiten Steinreihe von oben Ziegel- und Mörtelproben entnommen. An diesen Proben wurde mittels der Darr-Methode der Feuchtegehalt ermittelt. Die Ergebnisse sind in Tabelle A1, Seite A1, wiedergegeben.

Die Ergebnisse der Dichtebestimmung nach dem Tauchkörper-Verfahren am unverdünnten Injektionsstoff befinden sich in Tabelle A3, Seite A1. Das IR-Spektrum ist in Bild B6, Seite B3, dargestellt.

4 BEURTEILUNG DER ERGEBNISSE

Das Ergebnis ist in Tabelle A2, Seite A1, zusammengefasst sowie in Bild B5, Seite B3, dargestellt.

Entsprechend Tabelle A2, Seite A1, erfüllt der Injektionsstoff die Anforderungen gemäß WTA-Merkblatt 4-4-04/ D „Mauerwerksinjektion gegen kapillare Feuchtigkeit" nach 90 Tagen. Die Wirksamkeit des Injektionsstoffes wurde somit an zwei standardisierten Mauerwerksprobekörpern für einen Durchfeuchtungsgrad von 95 % ± 5 % nach WTA-Merkblatt 4-4-04/D nachgewiesen.

Die Institutsleitung
i. A.

Dipl.-Ing. R. Schulte Holthausen

Institut für Bauforschung
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHN. HOCHSCHULE AACHEN

Der Sachbearbeiter
i. A.

I. Andrianov, M. Sc.

Tabelle A1: Durch Darren ermittelte Feuchtegehalte in der Mitte der 2. Steinreihe von oben nach einer Versuchsdauer von 140 Tagen

Mittelwert der Mauern	Feuchtegehalt	
	Ziegel	Mörtel
-	M.-%	
1	2	3
11 + 13	5	9

Tabelle A2: Beurteilung der Wirksamkeit der Injektion nach WTA-Merkblatt 4-4-04/D

Probekörper	Wasserdurchlassrate	Reduktion gegenüber der Referenz
-	ml/m²·d	%
1	2	3
Referenz (Bezugswert nach 60 d; Mittelwert)	110	-
Mittelwert aus 11 + 13 nach 90 d	34	69

Tabelle A3: Bestimmung der Dichte des unverdünnten Injektionsstoffes nach DIN 51757 bei 23 °C

Messung	Dichte		
	Messung 1	Messung 2	Mittelwert
-	g/cm³		
1	2	3	4
Injektionsstoff	0,9597	0,9598	0,960

Institut für Bauforschung
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHN. HOCHSCHULE AACHEN

Bild B1: Mauwerk mit gebohrten Löchern und Dichtungsschlämme

Institut für Bauforschung
RHEINISCH-WESTFÄLISCHE TECHN. HOCHSCHULE AACHEN

Bild B2: Einsetzen der Packer

Bild B3: Durchführung der Druckinjektion

Bild B4: Darstellung eines WDL-Versuches

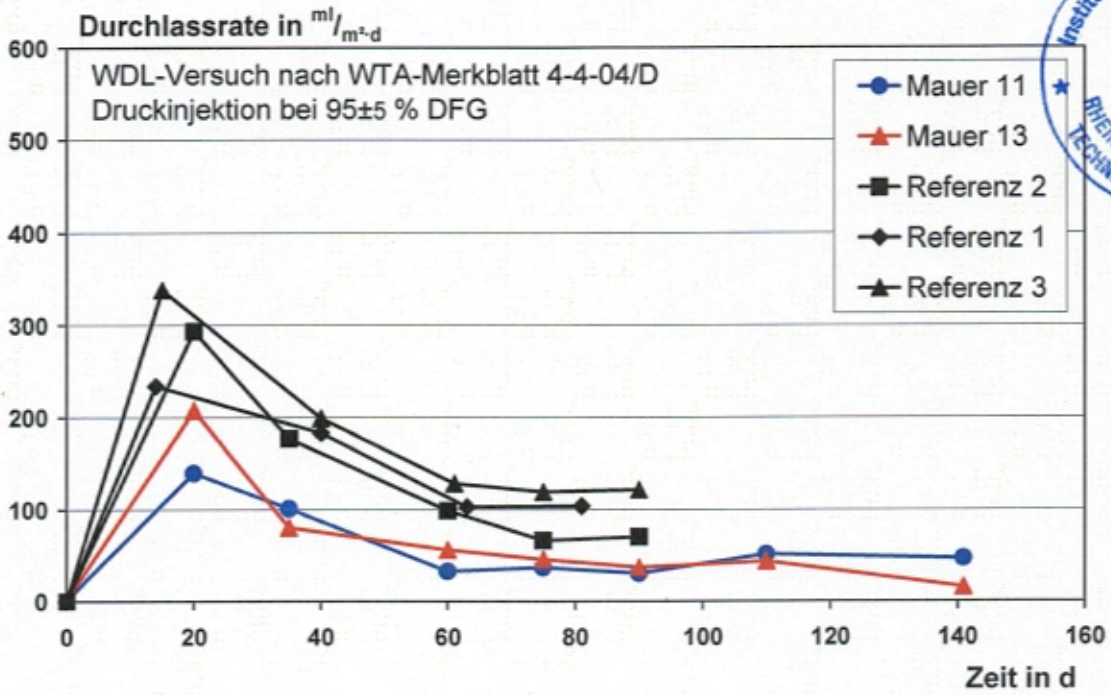

Bild B5: Wirksamkeitsprüfung an den Mauerwerken 11 und 13 nach Injektion des Injektionsstoffs in die Bohrlöcher

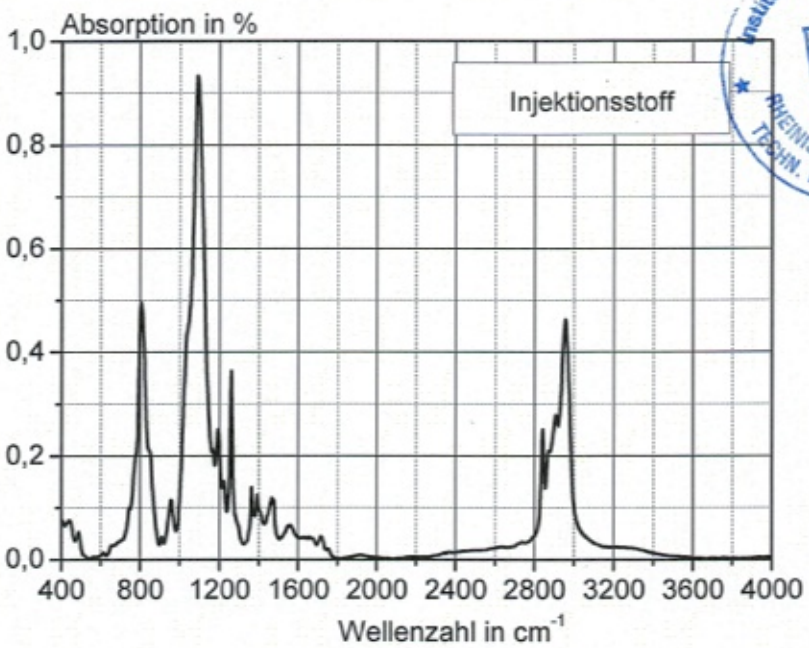

Bild B6: IR-Spektrum des Injektionsstoffs (Fenstermaterial: KBr, Messbereich 400 bis 4000 cm-1, Auflösung 4 cm-1, Anzahl der Scans: 32, Trockenrückstand)