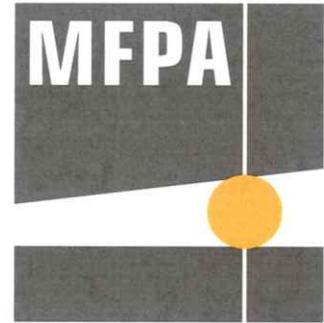




Durch die DAKKS GmbH nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren, welche unter [www.mfpa-leipzig.de](http://www.mfpa-leipzig.de) eingesehen werden kann.



## Geschäftsbereich V – Tiefbau

Geschäftsbereichsleiter: Prof. Dr.-Ing. Olaf Selle

### Arbeitsgruppe 5.1 – Bauwerksabdichtung

# Prüfbericht

PB 5.1/10-052/3

vom 05.08.2011 1. Ausfertigung

<b>Gegenstand:</b>	<i>Kiesol C –</i> Prüfung der Wirksamkeit des Injektionsstoffes als nachträgliche horizontale Abdichtung gegen kapillare Wasseraufnahme im Mauerwerk
<b>Auftraggeber:</b>	Remmers Baustofftechnik GmbH Bernhard-Remmers-Straße 13 49624 Lönigen
<b>Probeneingang:</b>	22.06.2010
<b>Probeneingangsnummer:</b>	914 (Chargennummer: 02040610)
<b>Prüfzeitraum:</b>	März 2010 - Juli 2011
<b>Bearbeiter:</b>	Dipl.-Ing. Jüling

Dieser Prüfbericht besteht aus 6 Seiten und 2 Anlagen.

Dieser Prüfbericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Eine Veröffentlichung – auch auszugsweise – bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung der MFPA Leipzig GmbH. Als rechtsverbindliche Form gilt die Schriftform mit Originalunterschriften und Originalstempel des/der Zeichnungsberechtigten. Es gelten die allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB) der MFPA Leipzig GmbH.

Gesellschaft für Materialforschung und Prüfungsanstalt  
für das Bauwesen Leipzig mbH  
Geschäftsführer: Prof. Dr.-Ing. Frank Dehn  
Sitz: Hans-Weigel-Straße 2b · D - 04319 Leipzig  
Telefon: +49 (0) 341/65 82-140  
Fax: +49 (0) 341/65 82- 199  
E-Mail: [abdichtung@mfpa-leipzig.de](mailto:abdichtung@mfpa-leipzig.de)

Handelsregister: Amtsgericht Leipzig  
HRB 177 19  
Ust.-Nr.: DE 813200649  
Bankverbindung: Sparkasse Leipzig  
Kto.-Nr 1100 560 781  
BLZ 860 555 92

## 1 Aufgabenstellung

Das von der Firma Remmers Baustofftechnik GmbH angebotene Injektionsmaterial *Kiesol C* soll hinsichtlich seiner Wirksamkeit als nachträgliche Horizontalsperre zur Reduzierung des kapillaren Feuchtetransportes in Mauerwerk untersucht werden. Die Grundlage für die Wirksamkeitsprüfung stellt das WTA - Merkblatt 4-4-04/D<sup>1</sup> dar.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Injektionsstoff

Bei dem zu prüfenden Injektionsstoff *Kiesol C* handelt es sich nach Aussagen des Auftraggebers um eine wässrige, lösemittelfreie Injektionscreme auf Silanbasis.

*Kiesol C* besitzt im Verarbeitungszustand eine milchige-weiße Färbung, Anlage 1, Bild 1. Der in 600 ml - Schlauchbeuteln oder in 5 l bzw. 18 l - Gebinden gelieferte Injektionsstoff wird drucklos mit einer Handpistole mit Injektionsspitze bzw. mit einem anderen geeigneten Injektionsgerät (z.B. Flächenspritze, Drucksprüngerät; vgl. Technisches Merkblatt *Kiesol C*) in das Mauerwerk eingebracht.

### 2.2 Prüfkörper und Prüfbedingungen

Gegenstand der Untersuchungen ist die Wirksamkeit des Injektionsstoffes in einem zu 95 % durchfeuchteten Ziegelmauerwerk. In Vorbereitung der Prüfung wurden drei Mauerwerksprüfkörper entsprechend WTA - Merkblatt, Abschnitt 3.2.1.4, Abb. 4 unter Verwendung der angegebenen Ziegel und Mörtelrezeptur mit Gesamtabmessungen von 74 x 57 x 24 [cm] angefertigt. Die Ziegelcharge besaß folgende Eigenschaften:

• Ziegelart	Handformziegel Muhr VMz-12-1,6-NF
• mittlere Abmessungen	239 x 113 x 72 [mm]
• Ziegelrohddichte nach DIN 105, Teil 1	$\rho_f = 1,51 \text{ g/cm}^3$
• Druckfestigkeit nach DIN 105, Teil 1	$\beta_{ST} = 20,0 \text{ N/mm}^2$
• Wasseraufnahme	13,9 Masse - %

<sup>1</sup> WTA Merkblatt 4-4-04/D, „Mauerwerksinjektion gegen kapillare Feuchtigkeit“, WTA e.V., Baierbrunn

Zusätzlich zu den großen Prüfkörpern wurden drei 6-Steinprüfkörper angefertigt, mit denen das für die Wirksamkeitsprüfung verwendete Messgerät kalibriert wurde. In Absprache mit dem Auftraggeber wurden folgende Prüfbedingungen gewählt:

Applikation:	Injektion mit <i>Remmers FERRUM Plus Hochdrucksprühgerät</i> durch einen Vertreter des Auftraggebers im Beisein eines Mitarbeiters der MFGPA Leipzig
Injektionsdruck:	drucklos
Verdämmung:	ohne
Durchfeuchtungsgrad:	95 % (Tabelle 1, WTA Merkblatt 4-4-04/D)
Bohrraster:	einreihig
Reihenabstand:	entfällt
Bohrlochabstand:	12,5 cm
Bohrwinkel:	0° (horizontal)
Bohrlänge:	ca. 22 cm
Bohrlochdurchmesser:	12 mm
Vorbehandlung:	ohne
Injektionsdauer:	je Bohrloch ca. 1 min
Wirksamkeitsprüfung:	Feuchtemessung mit Mikrowellenmesstechnik, Darrprüfung
Wirkprinzip:	hydrophobierend (Wirkprinzip 3 nach WTA Merkblatt)

Für die Wirksamkeitsprüfung wurden die zu 95 % durchfeuchteten Prüfkörper 5 und 6 injiziert. Der unter der Bezeichnung PK 7 verwendete und ebenfalls zu 95 % durchfeuchtete Mauerwerkskörper diente als Referenzprüfkörper. Er wurde nicht injiziert, jedoch den gleichen Prüfbedingungen unterworfen.

### **3 Beschreibung der durchgeführten Prüfungen**

#### **3.1 Injektion der Prüfkörper**

Zum Injektionszeitpunkt waren die zu injizierenden Prüfkörper drei Monate alt. Nach einer einmonatigen Konditionierung und Trocknung erfolgte in den folgenden Wochen zunächst an allen Prüfkörpern die Einstellung der Sättigungsfeuchte, indem die Prüfkörper mit langsam ansteigendem Wasserstand in einen entsprechend großen Behälter getaucht wurden, in dem sie bis zum Erreichen der zuvor berechneten Zielmasse verblieben.

Anschließend wurden alle Prüfkörper mit einer seitlich anliegenden, nahezu luftdichten Umhüllung versehen und zur Vergleichmäßigung des Feuchtegehaltes bis zum Beginn der Injektion in der Prüfhalle gelagert. Danach wurden in die zu injizierenden Prüfkörper durch den Vertreter des Auftraggebers schlagfrei und vorsichtig mit einer Tiefe von etwa 22 cm die für die Applikation des Injektionsstoffes erforderlichen Bohrungen  $\varnothing$  12 mm eingebracht, Anlage 1, Bild 2. An zwei Bohrungen kam es auf der Rückseite des Mauerwerks zu Ausbrüchen des Fugenmörtels. Diese wurden vom Verarbeiter mit Schnellmörtel verschlossen, um einen unkontrollierten Materialaustritt während der anschließenden Injektion auszuschließen. Auf eine Verdämmung der Fugen wurde verzichtet.

Das in den Bohrkanälen verbliebene Bohrmehl wurde mit Druckluft ausgeblasen. In die so gesäuberten Bohrkanäle wurde die Emulsionscreme *Kiesol C* mit Hilfe der Flächenspritze *Remmers FERRUM Plus Hochdrucksprühgerät* injiziert. Die Injektion erfolgte so, dass die Injektionsspitze bis an das Ende des Bohrkanals geführt wurde und das Material während des langsamen Herausziehens des Injektionsrohrs somit nahezu fehlerstellenfrei eingebracht werden konnte, Anlage 1, Bild 3.

Über die Wägung des mit *Kiesol C* gefüllten Injektionsgerätes vor und nach der Injektion der jeweiligen Probekörper ließ sich die tatsächlich eingebrachte Materialmenge exakt ermitteln. In die jeweils 6 Bohrkanäle wurden beim Prüfkörper 5 168 g (entspricht ca. 189 ml) und beim Prüfkörper 6 172 g (entspricht ca. 193 ml) injiziert. Unmittelbar im Anschluss erfolgten der Verschluss der Bohrlochmündungen mit dem *Remmers Dichtspachtel* und die luftdichte Umhüllung der vertikalen Flächen der Prüfkörper mit einer Schrumpffolie sowie das Auffüllen der wannenartigen Träger mit Wasser. Der Start der Wirksamkeitsprüfung wurde eine Woche später mit der Nullmessung vollzogen.

### 3.2 Wirksamkeitsprüfung

Während der Wirksamkeitsprüfung stehen alle drei Probekörper so im Wasserbad, dass die halbe untere Ziegelschicht mit Wasser bedeckt ist. In regelmäßigen Zeitintervallen wird an zuvor gekennzeichneten Messpunkten (je drei Messpunkte in der 1., 2., 3., 4. und 5. Ziegelschicht von oben, vor- und rückseitig) die Feuchtigkeitsverteilung (Feuchteindizes) mit einem Mikrowellenmessgerät gemessen, Anlage 1, Bild 4. Aus allen zu einem Zeitpunkt an einem Prüfkörper gemessenen Werten wird der Mittelwert gebildet. Die Beurteilung der Wirksamkeit erfolgt auf der Grundlage des Vergleichs zwischen Referenzprüfkörper und injizierten Prüfkörpern. Der Vergleichswert des Referenzprüfkörpers wird nach einer Prüfdauer von 60 Tagen ermittelt.

#### 4 Ergebnisse und Bewertung

Die Prüfung der Wirksamkeit der durch Injektion eingebrachten nachträglichen Horizontalsperre gegen kapillar aufsteigende Feuchtigkeit erfolgte über vergleichende Feuchtemessungen. Die nachfolgende Tabelle fasst die wesentlichen Messdaten für die bei einem Durchfeuchtungsgrad von 95 % geprüften Prüfkörper zusammen. Die in der Tabelle 1 angegebenen Werte stellen Mittelwerte des gesamten Prüfkörpers oberhalb der unteren beiden Ziegelschichten dar. In Anlage 2 sind die Ergebnisse der zerstörungsfreien Feuchtemessungen graphisch dargestellt. Nach Beendigung des Versuchszeitraumes wurden die Prüfkörper demontiert. Bei der Demontage wurde festgestellt, dass in einigen Bohrungen teilweise noch Reste der Injektionscreme vorhanden waren, Anlage 1, Bilder 5 und 6. Während *Kiesol C* im Bohrkanal weiß und pastös-cremig war, zeigte *Kiesol C* an der Mündung des Injektionskanals durch Trocknung eine gelbliche Verfärbung bei leicht glasiger Konsistenz. Aus der 1., 2., der 3., 4. und 5. Ziegelschicht von oben wurde jeweils an einem Ziegel im Darrversuch der Feuchtegehalt ermittelt und dient zusammen mit den an den 6-Stein-Prüfkörpern ermittelten Vergleichswerten der Umrechnung der Feuchteindizes auf relative Feuchtigkeiten.

**Tabelle 1:** Prüfergebnisse

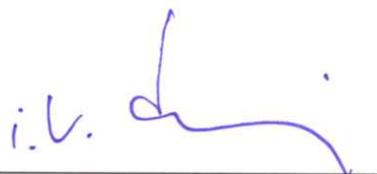
Zeit	Prüfkörper 5		Prüfkörper 6		Prüfkörper 7 (Referenz)	
	Feuchteindex	entspricht ca. rel. Feuchtegehalt [%]	Feuchteindex	entspricht ca. rel. Feuchtegehalt [%]	Feuchteindex	entspricht ca. rel. Feuchtegehalt [%]
Beginn Wirksamkeitsprüfung	1497	13,0 %	1567	13,2 %	1532	13,2 %
60 - Tage - Wert	1076	9,8 %	1109	10,1 %	1217	<b>11,0 %</b>
260 - Tage - Wert	730	<b>5,1 %</b>	760	5,7 %	---	---
290 - Tage - Wert	715	4,7 %	740	<b>5,2 %</b>	---	---
306 - Tage - Wert	700	4,6 %	730	5,1 %	---	---
1., 2., 3., 4. Steinreihe von oben; Mittelwert DARR-Prüfung	---	4,1 %	---	4,9 %	---	---

Die dargestellten Prüfergebnisse zeigen, dass durch die Injektion der Emulsionscreme *Kiesol C* in sättigungsfeuchtem Mauerwerk eine Verringerung der kapillaren Wasseraufnahme stattfindet. Der Bezugswert des Referenzprüfkörpers beträgt nach 60 Tagen 11,0 %. Das Wirksamkeitskriterium - Abnahme des relativen Feuchtegehaltes um ca. 50 % - wird von einem injizierten Prüfkörper (Pk 5) bereits nach einem Zeitraum von 260 Tagen Versuchsdauer mit einem relativen Feuchtegehalt von ca. 5,1 % erreicht. Der 2. Prüfkörper hat das Wirksamkeitskriterium nach einem Zeitraum von 290 Tagen sicher erreicht. Auch nach Fortführung des Versuches kommt es zu einer weiteren Abtrocknung. Damit sind beide WTA-Wirksamkeitskriterien im Mittel nach 275 Tagen erfüllt.

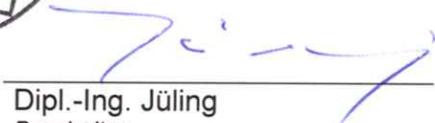
Wie der Kurvenverlauf (Anlage 2) zeigt, findet nach einem relativ raschen Abfall der Werte eine kontinuierliche Abtrocknung oberhalb der Horizontalsperre statt. Das wird durch die Ergebnisse der Darrprüfung bestätigt. Der damit zerstörend ermittelte Feuchtegehalt liegt erwartungsgemäß unterhalb des zerstörungsfrei ermittelten Feuchtegehaltes, da in diese Messungen auch die injizierte Steinreihe mit eingeht.

Im Ergebnis der Wirksamkeitsprüfung auf der Grundlage des WTA - Merkblattes<sup>1</sup> kann festgestellt werden, dass die kapillare Wasseraufnahme von wassergesättigtem Ziegelmauerwerk durch die Injektion von *Kiesol C* reduziert werden kann. Eine völlige Austrocknung findet unter den gewählten Umgebungsbedingungen (starke Behinderung der Austrocknung durch allseitige Umhüllung der senkrechten Flächen) im betrachteten Zeitraum nicht statt. Bei der Übertragung der Ergebnisse auf praktische Anwendungsfälle ist zu beachten, dass der Trocknungszeitraum neben der Bauteilgeometrie stark von den Trocknungsbedingungen (Luftfeuchtigkeit, Luftbewegung, Luftaustausch) beeinflusst wird. Es wird empfohlen, den Trocknungsprozess durch flankierende Maßnahmen zu unterstützen.

Leipzig, den 05.08.2011



Prof. Dr.-Ing. Selle  
Geschäftsbereichsleiter



Dipl.-Ing. Jüling  
Bearbeiter



Bild 1: Injektionscreme *Kiesel C*



Bild 2: Bohren der Injektionskanäle

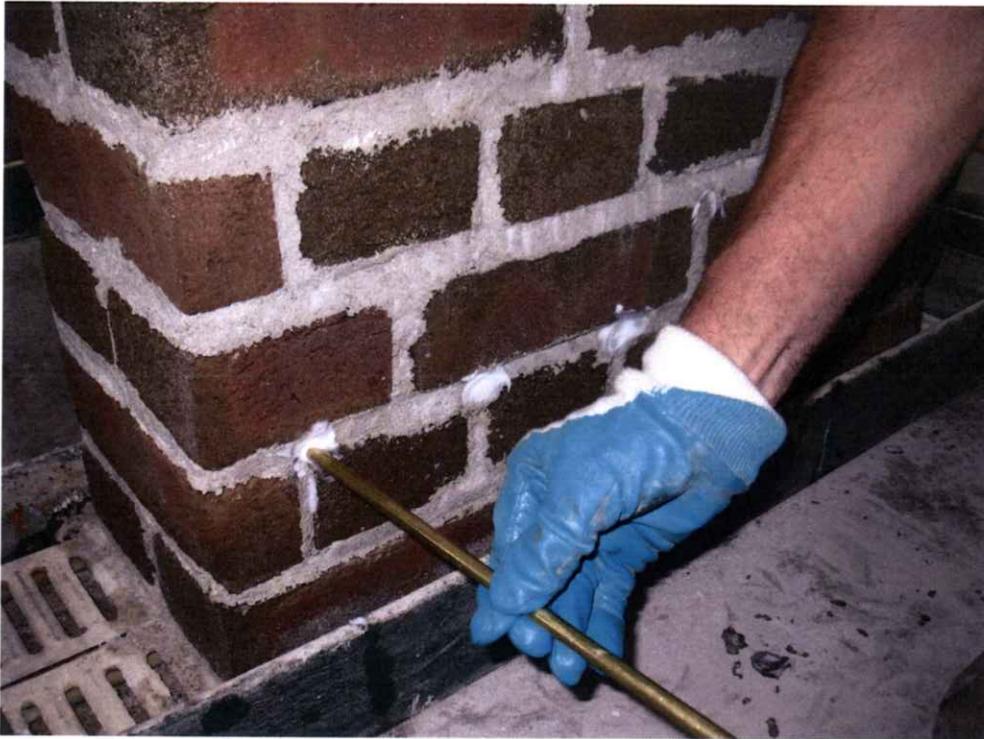


Bild 3: Injektion von *Kiesel C*

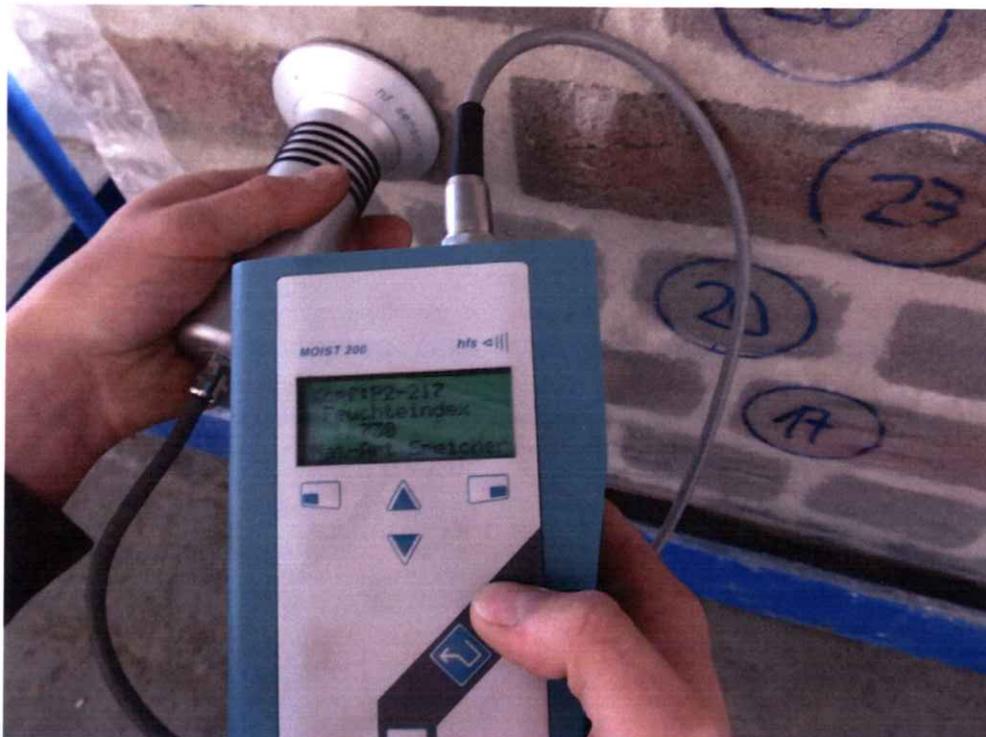


Bild 4: Feuchtemessung mit dem Mikrowellenmessgerät



Bild 5: Demontage des Prüfkörpers in Höhe der Injektionsebene

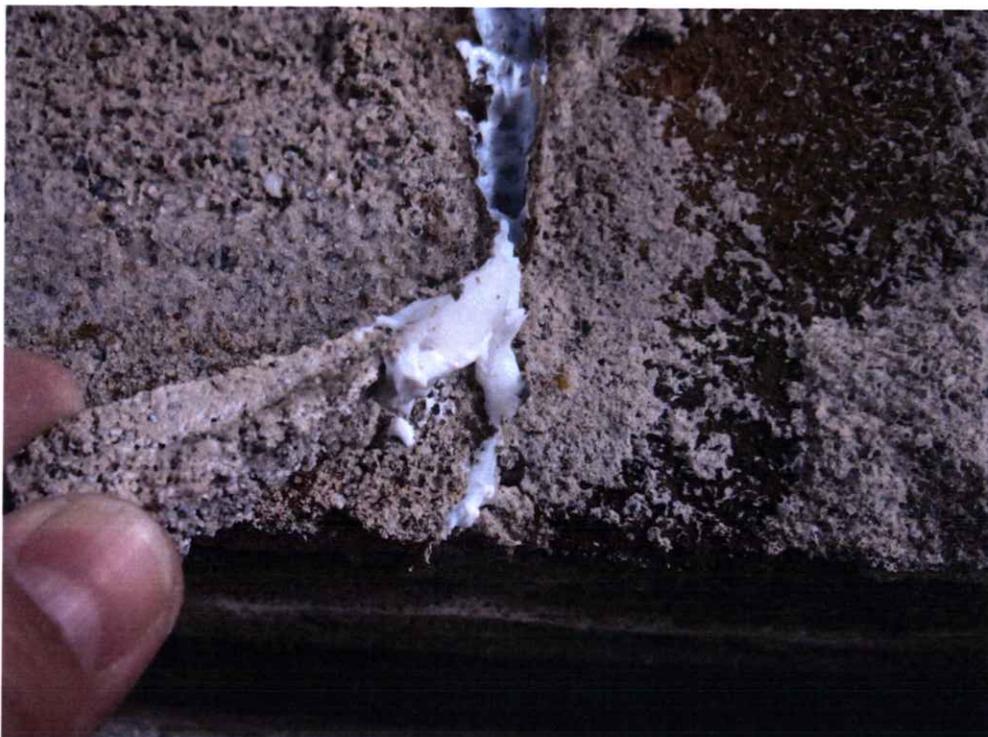


Bild 6: Detail *Kiesel C* nach der Prüfung

