

Nachträgliche Horizontabdichtung von Mauerwerk mittels Injektionsverfahren – neueste Erkenntnisse

M. Balak

Wien

Ch. Simlinger

Leobersdorf

Zusammenfassung

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Hydrophobierende und/oder porenverschließende Injektionsmittel“ [1] wurden die Wirksamkeit und die Anwendungsgrenzen von Injektionsmitteln zur nachträglichen Horizontalabdichtung von Mauerwerk unter besonderer Berücksichtigung der Einbringungsart untersucht. Obwohl Injektionsmittel zur nachträglichen Horizontalabdichtung bereits seit Jahrzehnten eingesetzt werden, zeigt die praktische Erfahrung immer wieder, dass die geforderten Ziele nicht erreicht werden. Im Rahmen einer wissenschaftlichen Arbeit [2] wurde bestätigt, dass in ca. 60 % der gewerblichen Anwendungsfälle die geforderten Wirksamkeitskriterien nach ÖNORM B 3355-1 [3] nicht eingehalten wurden und dass durch die private Anwendung (Injektionsflaschen) sich dieser Wert noch erheblich erhöht. Diese Tatsache hat sich durch die Forschungsergebnisse im ersten Projektjahr 2005/06 und in einer Vielzahl vom Autor erstellten Gutachten bestätigt, sodass im Endeffekt von derzeit ca. 80 % Fehlschlägen bei Injektionsverfahren zur nachträglichen Horizontalabdichtung von Mauerwerk gesprochen werden kann. Im derzeit laufenden zweiten Forschungsprojektjahr werden weitere Untersuchungen am Ziegelmauerwerk im Labor und an Objekten durchgeführt, um in Zukunft die derzeit vorhandenen Fehlschläge zu reduzieren.

1 Einleitung

Im Forschungsjahr 2005/06 wurde nach der Literaturrecherche die Suche nach geeigneten Objekten für die Einbringung der Injektionsmittel durchgeführt. Die Objektsuche stellte sich relativ kompliziert dar, da die einzelnen Versuchsstrecken möglichst unter einander vergleichbar sein sollten. Einerseits musste das Wandmaterial (Ziegelmauerwerk) ähnlich sein und andererseits durften die örtlichen Gegebenheiten (Innen- oder Außenmauerwerk, erdberührt oder freistehend, Mauerecken oder -anschlüsse) nicht voneinander abweichen. Ebenso musste die Voraussetzung gegeben sein, dass das Objekt für die gesamte Versuchsdauer zur Verfügung steht und dass eine künstliche Bewässerung mit der bestehenden Nutzung oder Sanierung vereinbar ist.

Mit dem „ZMK“ - Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in Wien konnte ein optimales Objekt gefunden werden (siehe Bild 1). Durch die ebenerdige Anordnung des zur Verfügung gestellten Bauteiles waren die örtlichen Gegebenheiten im Bereich der gesamten Versuchsstrecke identisch. Beim vorliegenden Grundriss mit der abwechselnden Anordnung von Mauerpfeilern und dazwischen liegenden Parapeten konnten die einzelnen Versuchsstrecken so angeordnet werden, dass eine gegenseitige Beeinflussung ausgeschlossen werden konnte.

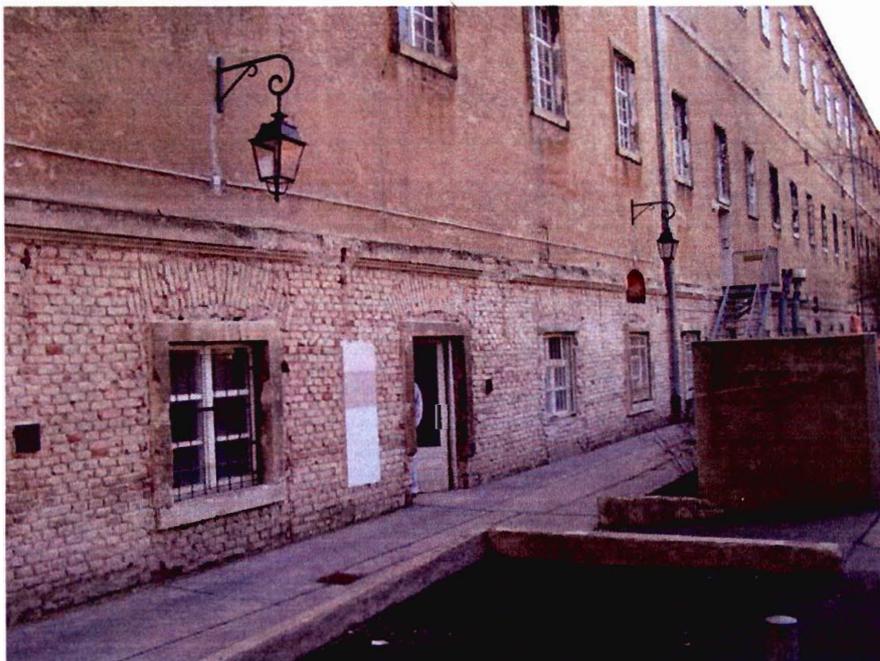


Bild 1: Hofansicht, „ZMK“ - Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, 1090 Wien

Folgende Injektionsmittel wurden bei unterschiedlichen Durchfeuchtungsgraden (20 %, 50 % und 80 %) mit variierenden Einbringungsmethoden (Injektionsflasche, Injektionspacker, Hohldochtverfahren, Impuls-Sprüh-Verfahren) beim Objekt „ZMK“ - Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in Wien eingebracht und im Labor untersucht:

- Kaliummethyilsilikonat (hydrophobierend)
- Alkalimethyilsilikonat (hydrophobierend)
- Silikonat (hydrophobierend)
- TOP DRY (hydrophobierend und porenverschließend)
- Acrylatgel-T (porenverschließend)
- Murisol Micro (hydrophobierend)
- Microemulsion (hydrophobierend)
- Acrylatgel-M (porenverschließend)

2 Untersuchungen am Objekt

Nach den erforderlichen Verhandlungen mit dem Objekteigentümer und den Vorbereitungsarbeiten wurde im Januar 2006 der Ausgangszustand des Mauerwerks bestimmt. Nach der Entnahme von Baustoffproben wurden anschließend der Feuchtigkeitsgehalt und der Durchfeuchtungsgrad des Mauerwerks nach der Darr-Methode im Labor entsprechend der ÖNORM B 3355-1 [3] ermittelt. Die gewonnenen Informationen wurden benötigt, um für die Einstellung des Durchfeuchtungsgrades zu wissen, bei welchen Mauerpfeilern mit der Heizstabtechnik getrocknet bzw. wie viel Wasser gegebenenfalls bei entsprechend trockeneren Bereichen zusätzlich eingebracht werden muss. Zusätzlich wurde auch die Schadsalzbelastung des Mauerwerks gemäß ÖNORM B 3355-1 [3] ermittelt.

Die umfangreichen Bohrarbeiten für die Trocknung bzw. Bewässerung der Injektionsebenen sowie für die Injektionsmitteleinbringung wurden anschließend durchgeführt.

Entsprechend dem Versuchsprogramm wurden im Anschluss die erforderlichen Durchfeuchtungsgrade im Mauerwerk von 20 %, 50 % und 80 % entweder durch Trocknung mittels Heizstabtechnik (siehe Bild 2) oder durch Wasserzugabe (siehe Bild 3) eingestellt.

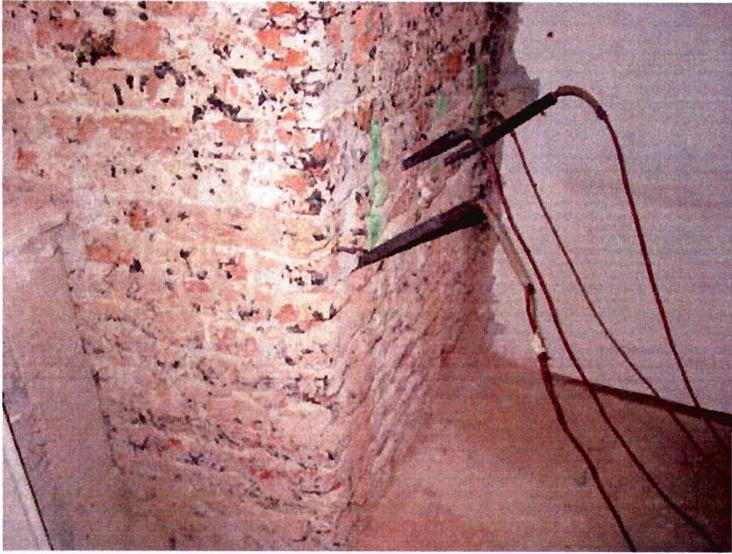


Bild 2: Trocknung der Injektionsebene mittels Heizstabtechnik



Bild 3: Bewässerung der Injektionsebene mittels spezieller Bewässerungseinrichtung

Die Einstellung des Durchfeuchtungsgrades des Mauerwerks in der Injektionsebene wurde durch eine Kontrollmessung mittels der Darr-Methode überprüft.

Folgende unterschiedliche Verfahren wurden beim Einbringen der Injektionsmittel ausgeführt:

- drucklose Einbringung („Gießkanne“)
- Injektionsflasche (siehe Bild 4)
- Hohllochverfahren (siehe Bild 5)
- Einbringung unter Druck (siehe Bild 6)
- Impulssprühverfahren (siehe Bild 7)

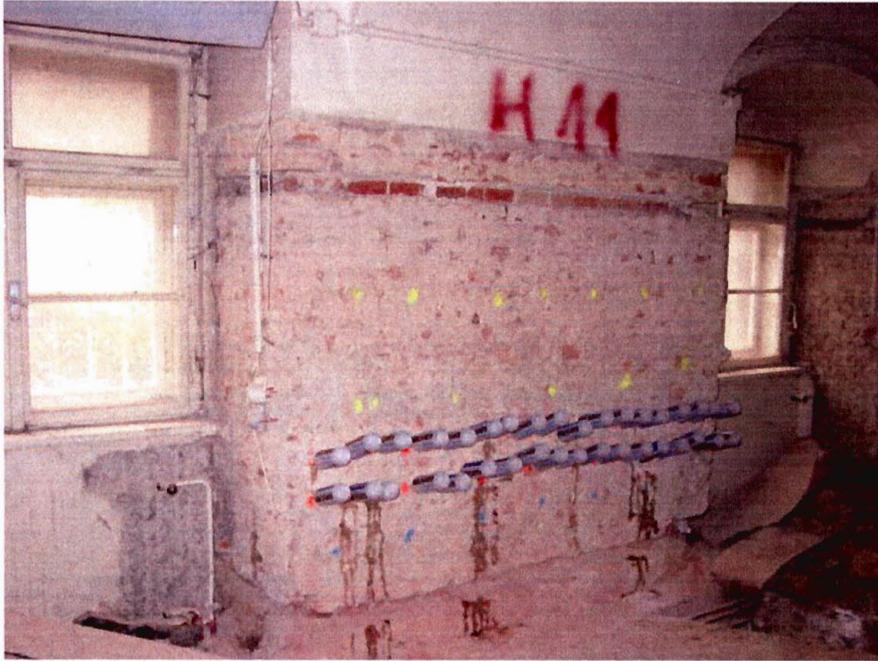


Bild 4: Injektionsmitteleinbringung mittels Injektionsflasche



Bild 5: Injektionsmitteleinbringung mittels Hohldochtverfahren



Bild 6: Injektionsmitteleinbringung mittels Druckverfahren

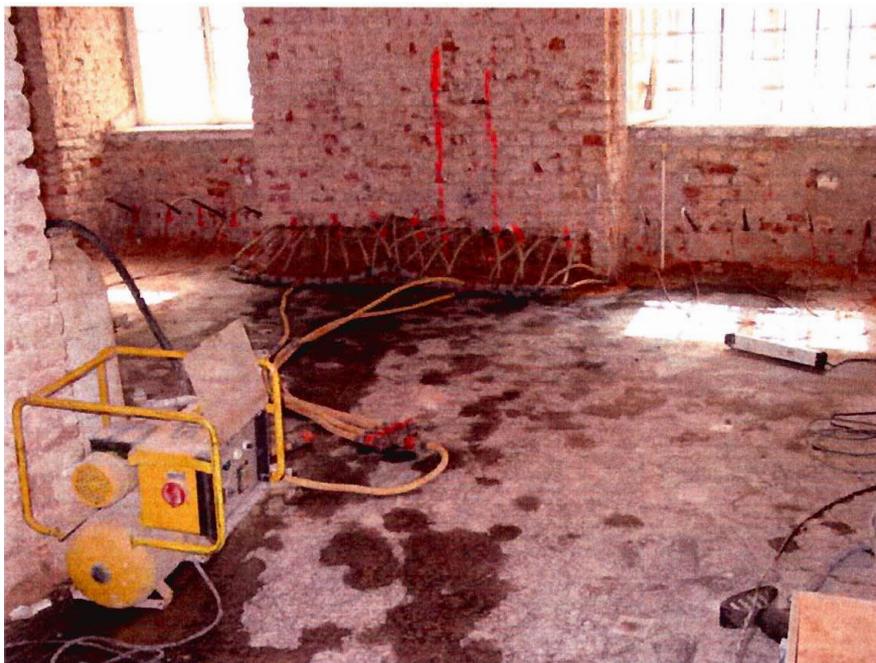


Bild 7: Injektionsmitteleinbringung mittels Impulssprühverfahren

Nach der Einbringung der Injektionsmittel wurde der Mauerwerksbereich oberhalb der Abdichtungsebene mittels der Heizstabtechnik getrocknet (siehe Bild 8). Auch in diesem Fall wurde eine Kontrollmessung oberhalb der Injektionsebene durchgeführt. Um nun die Wirksamkeit der eingebrachten Injektionsmittel zu überprüfen, wurde unterhalb der Abdichtungsebene Wasser über einen Zeitraum von acht Wochen eingebracht. Abschließend zu dieser Versuchsreihe am Objekt wurde der Durchfeuchtungsgrad des Mauerwerks oberhalb der Abdichtungsebene bestimmt.

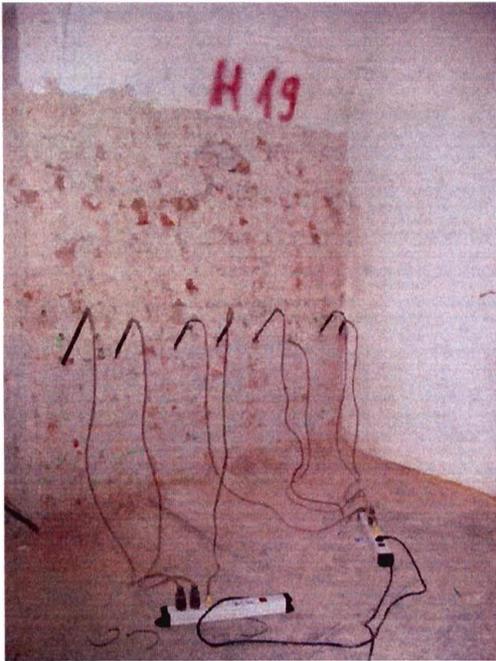


Bild 8: Trocknung oberhalb der Abdichtungsebene

2.1 Überprüfung der Wirksamkeit der Injektionsmittel durch Nachmessung des Durchfeuchtungsgrades oberhalb der Injektionsebene

In der Tabelle 1 sind die Prüfergebnisse der Nachmessung des Durchfeuchtungsgrades oberhalb der Injektionsebene hinsichtlich der Wirksamkeit der Injektionsmittel zusammengefasst, wobei bei den mit „Nein“ gekennzeichneten Injektionsmitteln oberhalb der Injektionsebene nach acht Wochen Bewässerung ein höherer Durchfeuchtungsgrad als vor der Bewässerung festgestellt wurde.

Tabelle 1: Zusammenstellung der Wirksamkeitskontrolle der Injektionsmittel durch Nachmessung des Durchfeuchtungsgrades oberhalb der Injektionsebene und mit der Bohrkernmethode gemäß ÖNORM 3355-1[3]

Injektionsmittel	Einbringungsmethode	Wirksamkeit bei Durchfeuchtungsgrad D		
		D = 20 %	D = 50 %	D = 80 %
Kaliummethylsiliconat	Hohldochtverfahren	NEIN	NEIN	NEIN
	drucklos	JA	NEIN	NEIN
Alkalimethylsilikonat	Hohldochtverfahren	NEIN	JA	NEIN
	Hohldochtverfahren mit Bohrloch ausbürsten		NEIN	
	drucklos	JA	JA	NEIN
Silikonat	Druck	NEIN	JA	NEIN
	drucklos	NEIN	NEIN	NEIN
TOP DRY	Druck	NEIN	NEIN	NEIN
	Injektionsflasche	NEIN	NEIN	NEIN
Acrylatgel-T	Druck	NEIN	NEIN	NEIN
Murisol Micro	Impulssprühverfahren	JA	NEIN	NEIN
	Impulssprühverfahren mit Druckluftreinigung		NEIN	
	drucklos	JA	NEIN	NEIN
Microemulsion	Impulssprühverfahren	JA	NEIN	NEIN
	drucklos	JA	NEIN	NEIN
Acrylatgel-M	Druck	NEIN	NEIN	NEIN

2.2 Überprüfung der Wirksamkeit der Injektionsmittel an entnommenen Bohrkernen

Für die Untersuchungen an den Bohrkernen wurden aus jedem Versuchspfeiler vier Bohrkern aus der Injektionsebene entnommen. Dabei wurden jeweils zwei Bohrkern direkt über den Injektionsbohrlöchern und zwei Bohrkern zwischen den Injektionsbohrlöchern entnommen (siehe Bild 9).



Bild 9: Mauerwerkspfeiler nach der Bohrkernentnahme



Bild 10: Bohrkern aus dem Mauerwerkspfeiler S2

An diesen Bohrkernen (siehe Bild 10) wurde die kapillare Wasseraufnahme gemäß ÖNORM B 3355-1 [3] bestimmt und bewertet. Die Wirksamkeit der Injektionsmittel gemäß ÖNORM B 3355-1 [3] ist dann gegeben, wenn die kapillare Wasseraufnahme der Bohrkern aus der Injektionsebene maximal 20 % der maximalen Wasseraufnahme des Baustoffes beträgt. Die Prüfergebnisse sind in Tabelle 1 ersichtlich.

Da die Wirksamkeitskontrollen der Injektionsmittel mittels der Nachmessung des Durchfeuchtungsgrades oberhalb der Injektionsebene und mittels der Bohrkernmethode gleiche Ergebnisse gebracht haben, ist die Bohrkernmethode hiermit - trotz ursprünglicher Kritik - evaluiert.

3 Untersuchungen im Labor

3.1 Ausbreitmaß der Injektionsmittel um das Bohrloch

Bei diesem Versuch wurden Mauerwerksziegel aus dem Versuchsobjekt in der Hälfte auseinander geschnitten und jeweils in der Mitte wurde ein Bohrloch hergestellt (siehe Bild 11).

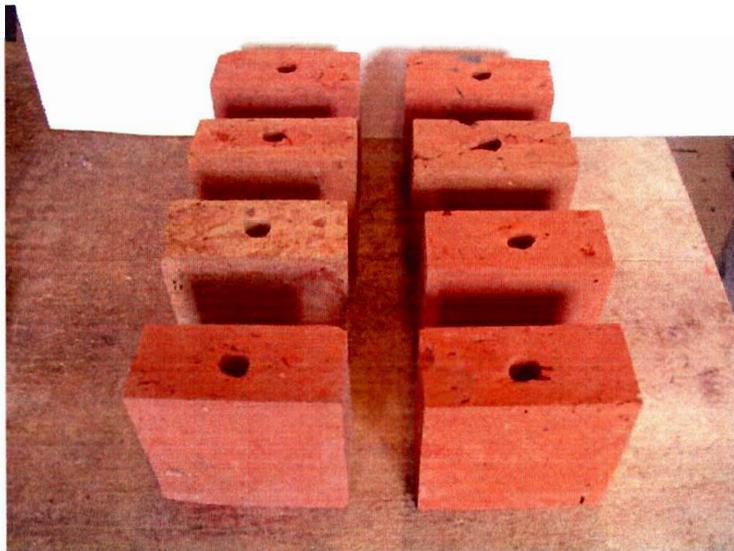


Bild 11: Mauerwerksziegel mit Injektionsbohrlöchern

Im Anschluss daran wurden die unterschiedlichen Durchfeuchtungsgrade von 20 %, 50 % und 80 % eingestellt und die Versuchsziegel abgedichtet.

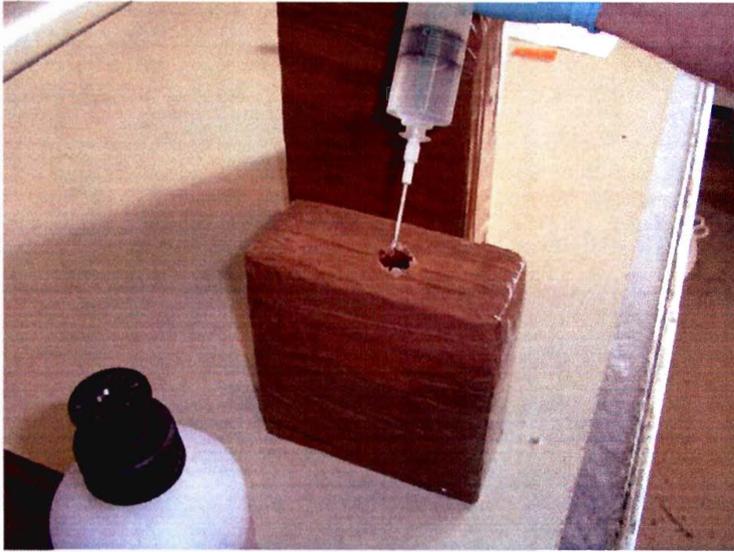


Bild 12: Injektionsmitteleinbringung in die Mauerwerksziegel über die Injektionsbohrlöcher

In der weiteren Versuchsdurchführung wurden die Injektionsmittel in die Versuchsziegel eingebracht (siehe Bild 12). Anschließend wurden diese in der Mitte auseinander geschnitten und die Injektionsmittelverteilung wurde optisch erfasst (siehe Bild 13).

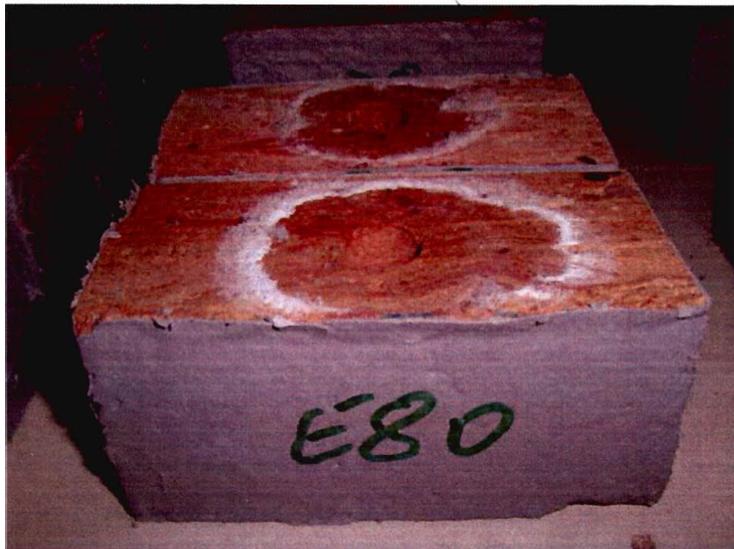


Bild 13: Injektionsmittelverteilung im Versuchsziegel

Zusätzlich wurde die Injektionsmittelverteilung durch Applikation von Wasser auf der Schnittfläche beurteilt (siehe Bild 14).



Bild 14: Injektionsmittelverteilung im Versuchsziegel

Die Ergebnisse dieser Versuchsdurchführung sind in Tabelle 2 dargestellt, wobei deutlich erkennbar ist, dass die Ausbreitung der verschiedenen Injektionsmittel um das Injektionsbohrloch größtenteils sehr gering ist.

Tabelle 2: Zusammenstellung des Ausbreitmaßes der Injektionsmittel um das Bohrloch

Injektionsmittel	Ausbreitmaß um das Bohrloch [mm]		
	D = 20 %	D = 50 %	D = 80 %
Kaliummethylsiliconat	43 - voll	38 - 40	15 - 20
Alkalimethylsilikonat	voll	40 - 46	35 - 40
Silikonat	voll	41 - 44	40
Silikonat -	voll	voll	voll
TOP	20 - 22	33 - 43	25 - 30
Acrylatgel-T	0	4	3
Murisol	10	10	13 - 20
Microemulsion	12 - 13	0	0
Acrylatgel-M	0	0	0

4. Zusammenfassung und Ausblick

Sowohl die Untersuchungen am Objekt als auch die Ergebnisse im Labor haben hinsichtlich des Einsatzes von hydrophobierenden und/oder porenverschließenden Injektionsmitteln als nachträgliche Horizontalabdichtung im Mauerwerk sehr schlechte Ergebnisse gebracht, wobei die Vorgaben der Injektionsmittelhersteller sowohl am Objekt als auch im Labor immer genau eingehalten wurden.

Auf Grund der gewonnenen Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt werden im Rahmen des Fortsetzungsprojektes im Zeitraum 2007/08 weitere Untersuchungen im Labor und an Objekten durchgeführt, wobei besonderes Augenmerk auf den Verdünnungsfaktor der Injektionsmittel und auf die Einbringungsart gelegt wird. Zunächst werden an Ziegel- und Mörtelproben die Injektionsmittelausbreitung bei halber und doppelter Konzentration sowie laut Herstellerangabe untersucht. In weiterer Folge werden an Versuchspfeilern die Injektionsmittel mit unterschiedlicher Konzentration injiziert und deren Ausbreitung im Ziegel und Mörtel überprüft.

Mit den daraus gewonnenen Erkenntnissen werden optimierte Injektionsarbeiten an Objekten durchgeführt und anschließend überprüft.

Nach den derzeitigen Erkenntnissen müssten der Bohrlochabstand reduziert und mindestens zwei übereinander liegende Injektionsbohrlochreihen gesetzt werden. Injektionen zur nachträglichen Horizontalabdichtung von Mauerwerk sind bei einem Durchfeuchtungsgrad von 80 % nicht wirksam, bei einem Durchfeuchtungsgrad von 50 % bereits problematisch. Am zielführendsten ist das Absenken des Durchfeuchtungsgrades des abzudichtenden Mauerwerks in der Injektionsebene auf unter 20 % vor Einbringung des Injektionsmittels und das Nachtrocknen des Mauerwerks nach Durchführung der Injektionsarbeiten mittels Heizstab- oder Mikrowellentechnik.

Es hat sich auch deutlich gezeigt, dass aufgrund der Inhomogenität der Wandbildner von Altobjekten in Zukunft Probeinjektionen vor Durchführung umfangreicher Abdichtungsarbeiten durchgeführt werden sollten.

Im Herbst 2008 wird das *ofi*-Institut für Bauschadensforschung (IBF) eine Richtlinie über Injektionsverfahren zur nachträglichen Horizontalabdichtung von Ziegelmauerwerk basierend auf den Forschungsergebnissen des Forschungsprojektes „Hydrophobierende und/oder porenverschießende Injektionsmittel“ herausgeben, um in Zukunft die häufigen Fehlschläge in der Praxis zu reduzieren.

Literatur

- [1] Balak M. und Simlinger C., Hydrophobierende und/oder porenverschießende Injektionsmittel - Endbericht - 1. Forschungsjahr, gefördert durch die FFG Forschungsförderungsgesellschaft, Wien 2006
- [2] Simlinger C., Erfolgskontrolle nachträglicher Maßnahmen gegen aufsteigende Feuchtigkeit im Sanierungszeitraum 1980 - 1997, Dissertation, Leobersdorf 2004
- [3] ÖNORM B 3355-1 „Trockenlegung von feuchtem Mauerwerk - Bauwerksdiagnose und Planungsgrundlagen“, Ausgabe 2006-03-01

Bildnachweis

Bild 1: Autorenteam

Bild 2: Autorenteam

Bild 3: Autorenteam

Bild 4: Autorenteam

Bild 5: Autorenteam

Bild 6: Autorenteam

Bild 7: Autorenteam

Bild 8: Autorenteam

Bild 9: Autorenteam

Bild 10: Autorenteam

Bild 11: Autorenteam

Bild 12: Autorenteam

Bild 13: Autorenteam

Bild 14: Autorenteam