

# Sanierung von denkmalgeschützten Objekten (Teil II)\*

## 4. Horizontalabdichtungsverfahren gegen kapillar aufsteigende Feuchtigkeit

### 4.1. Allgemeines

In Bezug auf die Anwendung der Verfahren zur nachträglichen Horizontalabdichtung von Mauerwerk durch Fachfirmen gibt es die Zertifizierungsgrundlage ZG 190 „Fachbetriebe für Trockenlegung von feuchtem Mauerwerk“ unserer Zertifizierungsstelle am OFI (OFI CERT) und seit 1. 6. 2016 bereits sieben zertifizierte Fachfirmen.

Grundsätzlich gibt es zwei Verfahren zum nachträglichen Horizontalabdichten von Mauerwerk, die wissenschaftlich anerkannt, in der Praxis langzeiterprobt und **nicht wartungsintensiv** sind, und zwar:

- mechanische Verfahren (auch als „Durchschneideverfahren“ bezeichnet);
- Injektionsverfahren (chemische Verfahren).

In Österreich sind diese Verfahren in der ÖNORM B 3355-2 genormt.

Auch wenn elektrophysikalisch-aktive Verfahren in der ÖNORM B 3355-2 enthalten sind, ist bei diesen eine nicht unmaßgebliche Wartungsintensität (Stromflussmessungen im Mauerwerk, regelmäßige Elektrodenüberprüfung etc) erforderlich. Hinsichtlich der Anwendungsgrenzen sollten vor deren Einsatz Bauwerksuntersuchungen, in Abhängigkeit der spezifischen Systemeigenschaften, durchgeführt werden.

In den meisten Fällen sind mehrere Horizontalabdichtungsverfahren bei den Sanierungsobjekten zielführend, allerdings *in puncto* Kosten, Qualität und Haltbarkeit sehr unterschiedlich. Die Aufgabe des Planers ist es nun, den Bauherrn über die Qualität und Haltbarkeit der verschiedenen Horizontalabdichtungsverfahren aufzuklären. Die Entscheidung, welches Verfahren zur Anwendung gelangt, liegt letztendlich beim Bauherrn, da dies eine Kostenfrage ist.

In der Baupraxis zeigt es sich immer wieder, dass Bauherren, Architekten, Planer, Sachverständige und Baufirmen grundsätzlich die Verfahren zur nachträglichen Horizontalabdichtung von Mauerwerk mit Verfahren zur Entfeuchtung von Mauerwerk verwechseln. Mit den bekannten Verfahren zur nachträglichen Horizontalabdichtung von

Mauerwerk wird nur der kapillare Feuchtigkeitstransport im Mauerwerk unterbunden bzw verfahrensspezifisch reduziert. Eine Entfeuchtung des Mauerwerks findet jedoch nicht statt. Der Rückschluss allein von der Feuchtigkeitsbelastung des Mauerwerks auf die Funktionstüchtigkeit bzw Wirksamkeit eines Verfahrens zur nachträglichen Horizontalabdichtung von Mauerwerk ist nicht zulässig, da die Reduktion der Mauerwerksfeuchtigkeit von einer Vielzahl von Einflüssen und Randbedingungen abhängt.

Untersuchungen hinsichtlich der Wirksamkeit der einzelnen Verfahrensgruppen zeigen, dass nur dann ein Erfolg erzielt werden kann, wenn einerseits die Anwendungskriterien beachtet werden und andererseits eine entsprechende Kontrolle der Bauausführung erfolgt. Eine nicht zu unterschätzende Fehlerquelle liegt auch in der derzeitigen Praxis, dass bei einer Sanierung sehr viele unterschiedliche Einzelplaner (wie Gutachter, Architekt, Bauphysiker und örtliche Bauaufsicht) sowie Einzelgewerke (wie Abdichtungsfirma, Baufirma und Fassadenfirma) beteiligt sind und keinem die Verantwortung für das Gesamtsystem obliegt. Diese Aufgabe könnte ein Sanierungsplaner erfüllen, der das gesamte Bauvorhaben für den Bereich der Mauerwerkstrockenlegung übernimmt oder zumindest verantwortlich zwischen allen Beteiligten koordiniert.

Im Folgenden wird nur auf das Injektionscremeverfahren eingegangen, da dieses noch nicht sehr lange angewendet wird, aber sehr effizient und erfolgreich ist.

### 4.2. Injektionsverfahren mit Injektionscremen auf Silan- und/oder Siloxanbasis

Die durch das OFI unter der Leitung des Autors durchgeführten Wirksamkeitsüberprüfungen von bisher acht Injektionscremen sowohl am Objekt gemäß ÖNORM B 3355-1 als auch im Labor an Ziegelsteinen haben ergeben, dass die Wirksamkeit der Injektionscremen gegen kapillar aufsteigende Feuchtigkeit auch bei 100%igem Durchfeuchtungsgrad gegeben ist.<sup>1</sup>

Die Injektionscremen dringen aufgrund des chemischen Prinzips des Konzentrationsausgleichs von Flüssigkeiten und aufgrund der Diffusion der Silan und/oder Siloxanmoleküle in die Kapillaren des Baustoffs ein und hydrophobieren diese, wodurch eine Sperrschicht gegen kapillar aufsteigende Feuchtigkeit entsteht.

\* Teil I abdruckt in SV 2017/1, 14.

Die Einbringung der Injektionscreme in das Mauerwerk erfolgt über Bohrlöcher mit einem Durchmesser von 12 mm oder von 16 mm, je nach Mauerwerksdicke, Bohrlochabstand 10 cm. Die Bohrlöcher sollen sich größtenteils im Ziegel befinden, da die Verteilung in der Mörtelfuge in Abhängigkeit der Mörtelfestigkeit und des Mörtelzustands fraglich ist. Die Vorteile der Injektionscreme liegen darin, dass aufgrund der hohen Viskosität ein Abfließen der Injektionscreme in Hohlräume und Risse im Mauerwerk kaum möglich ist, dass eine Reduktion des Durchfeuchtungsgrades des Mauerwerks in der Injektionsebene vor dem Einbringen und nach dem Einbringen der Injektionscreme eine Nachtrocknung des Mauerwerks in der Injektionsebene nicht erforderlich sind.

Die Wirksamkeitsprüfung der Injektionscreme im Labor erfolgt an Mauerziegel – bevorzugt aus der Gründerzeit – mit einer maximalen Wasseraufnahme zwischen 20 und 25 Masseprozent. Die Mauerziegel werden halbiert und mittig mit einer 16 mm Sackbohrung versehen. In weiterer Folge wird der Durchfeuchtungsgrad 100 % an den Ziegelproben eingestellt und anschließend die Injektionscreme gemäß den Vorgaben des Herstellers in das Bohrloch eingebracht (siehe Abbildung 12). Nach einer Einwirkdauer von 28 Tagen werden kapillare Saugversuche gemäß ÖNORM B 3355-1 durchgeführt und somit die Wirksamkeit des Injektionsmittels bestimmt. Die Wirksamkeit der Injektionscreme ist gegeben, wenn der kapillare Durchfeuchtungsgrad der Ziegelproben nach der Durchführung der kapillaren Saugversuche maximal 20 % beträgt.

Im Rahmen der OFI CERT wurden Zertifikate von wirksamen Injektionscremen ausgestellt, die auf Basis der Zertifizierungsgrundlage ZG 180 „Injektionscremen“ überprüft wurden.

Die Wirksamkeitsüberprüfung der Injektionscreme am Objekt gemäß ÖNORM B 3355-1 erfolgt durch die Entnahme von Bohrkernen aus der Injektionsebene, und zwar jeweils zentrisch über dem Injektionsbohrloch und zwischen den Injektionsbohrlöchern. An den entnommenen Baustoff-

proben werden im Labor kapillare Saugversuche gemäß ÖNORM B 3355-1 durchgeführt und somit die Wirksamkeit bestimmt (siehe Abbildung 13).

Die Wirksamkeit der Injektionscreme im Naturstein- oder Mischmauerwerk ist abhängig von der Art des Natursteins und vom Fugenmörtelzustand. Aus diesem Grund ist vor dem Einbringen der Injektionscreme eine Probeinjektion mit anschließender Überprüfung der Injektionsmittelpenetration gemäß ÖNORM B 3355-1 zu empfehlen.

### 4.3. Flankierende Maßnahmen zur Mauerwerkstrockenlegung

Flankierende Maßnahmen zur Mauerwerkstrockenlegung verhindern grundsätzlich nicht den kapillaren Feuchtigkeitsaufstieg im Mauerwerk. Sie können die Feuchtigkeitszufuhr zum Objekt verringern oder verhindern und die Verdunstung der Mauerfeuchtigkeit beschleunigen sowie für eine Trocknung günstige Bedingungen schaffen. Nicht zu unterschätzen ist der richtige Zeitpunkt der Durchführung der Maßnahmen, da bei zu frühem, aber auch bei zu spätem Setzen von flankierenden Maßnahmen negative Auswirkungen auf das Objekt entstehen können. Folgende flankierende Maßnahmen sind beispielhaft zu nennen:

- Entfeuchtung;
- Schadsalzreduktion;
- Vertikalabdichtungen;
- Putze und Farbanstriche;
- Drainagen;
- Wärmedämmung;
- klimatische Maßnahmen.

Im Folgenden werden aus der Vielzahl der flankierenden Maßnahmen zur Mauerwerkstrockenlegung die Maßnahmen zur Entfeuchtung des Mauerwerks, Grundsätzliches über Putze und Farbanstriche und die vertikale Innenabdichtung in Form der Grünen Wanne® beschrieben.



**Abbildung 12:** Wirksamkeitsüberprüfung der Injektionscreme im Labor an Mauerziegeln



**Abbildung 13:** Wirksamkeitsüberprüfung der Injektionscreme am Objekt durch kapillare Saugversuche an Bohrkernen aus der Injektionsebene



Abbildung 14: Mauerwerksentfeuchtung – Heizstabtechnik

### 5. Entfeuchtung

#### 5.1. Allgemeines

Eine wesentliche, aber oft seitens der Objektseigentümer, Planer und Ausführenden kaum beachtete und berücksichtigte flankierende Maßnahme zur Mauerwerkstrockenlegung ist die Mauerwerksentfeuchtung, da sich in einem wassergesättigtem Mauerwerk bis zu 500 l/m<sup>3</sup> Wasser (grundsätzlich immer eine Salzlösung) befinden. Sehr oft wird das nachträgliche Einbringen einer Horizontalabdichtung in das Mauerwerk als „Mauertrockenlegungsverfahren“ bezeichnet und davon ausgegangen, dass zugleich die Mauerwerksentfeuchtung automatisch erfolgt. Dies ist jedoch grundsätzlich **falsch**. Mit dem Einbringen der Horizontalabdichtung in ein Mauerwerk wird nur der kapillare Feuchtigkeitstransport verhindert oder behindert, nicht jedoch eine Entfeuchtung bewirkt.

Für eine rasche Entfeuchtung des Mauerwerks ist ein großes Wasserdampfdruckgefälle vom Mauerwerksinneren nach außen erforderlich. Dies wird nur durch die Erwärmung des Mauerwerks in der Kernzone – also von innen her – erzielt. Wichtig ist dabei, dass die Erwärmung und Abkühlung des Mauerwerks langsam vor sich geht, um Schäden infolge von Materialausdehnung durch Temperatureinfluss zu vermeiden.

Vorsicht ist allerdings bei tonmineralhaltigen Natursteinen, aber auch bei Marmorgesteinen im Mauerwerk geboten, da durch die Temperaturerhöhung Festigkeitsverluste durch den Wasserverlust im Kristallgitter der Natursteine entstehen können.

Die Erwärmung des Mauerwerks von außen durch Heißluftanblasung kann zu Schäden im Mauerwerk durch die oberflächliche Erwärmung und die daraus resultierenden Temperaturspannungen führen und sollte daher nicht durchgeführt werden.

Die Erwärmung des Mauerwerks von innen erfolgt derzeit durch die folgenden Verfahren:

- Heizstabtechnik;
- Mikrowellentechnik.



Abbildung 15: Mauerwerksentfeuchtung – Mikrowellentechnik (Quelle: Balak/Pech, Mauerwerkstrockenlegung<sup>2</sup> [2008])

#### 5.2. Heizstabtechnik

Bei der Heizstabtechnik wird das Mauerwerk zunächst in einem flächigen Bohrlochrastrer von zirka 30 bis 40 cm und einer Bohrlochdicke von 16 bis 20 mm bis mindestens zur Mitte des Mauerwerks angebohrt und anschließend Heizstäbe in das Mauerwerk eingebracht (siehe Abbildung 14). Die derzeitigen Heizstäbe benötigen eine Stromleistung von 100 bis 150 Watt pro Stück. Das Mauerwerk wird dadurch im Mittel auf eine Temperatur von 60 bis 80 Grad Celsius erwärmt, wobei in der Nähe der Heizstäbe die Temperatur auch über 100 Grad Celsius liegen kann. Die langjährige Erfahrung mit der Heizstabtechnik hat bisher gezeigt, dass bei fachgerechter Anwendung keine Probleme aufgetreten sind. Es ist jedoch darauf zu achten, dass die Wandtemperatur im Bereich von bituminösen Abdichtungen nicht mehr als 40 Grad Celsius beträgt.

#### 5.3. Mikrowellentechnik

Eine weitere Methode zur Erwärmung des Mauerwerks in der Kernzone ist die Mikrowellentechnik (siehe Abbildung 15). Dabei werden Mikrowellen in das Mauerwerk gesendet und dadurch wird eine Erwärmung der Wassermoleküle und somit des Mauerwerks erzielt. Im Gegensatz zur Heizstabtechnik sind hier keine Bohrungen im Mauerwerk erforderlich; die Anwendungsgrenzen bei bituminösen Abdichtungen gelten uneingeschränkt.

Vorsicht bei der Anwendung dieses Systems ist geboten, da die Mikrowellen keine menschlichen oder tierischen Organismen erreichen dürfen, da dann Gesundheitsschäden auftreten können. Dies bedeutet, dass sich auf der Rückseite eines bestrahlten Mauerwerks keine Menschen oder Tiere aufhalten dürfen oder die Wandoberflächen mit Metallfolien abgedeckt werden müssen. Bei metallischen Einbauten (Leitungen, Bewehrungseisen etc) im Mauerwerk ist die Anwendung von Mikrowellen nicht möglich. Eine Effizienzsteigerung der Mikrowellentechnik kann durch das Herstellen von Bohrlöchern bis in die Mauerwerkskernzone zur Vergrößerung der Verdunstungsfläche erreicht werden.

### 5.4. Zusatzmaßnahmen zur Mauerwerksentfeuchtung bei Bauteilerwärmung

Zusätzlich zur Erwärmung des Mauerwerks sind für die rasche Entfeuchtung des Mauerwerks folgende Maßnahmen erforderlich bzw. empfehlenswert:

- Öffnen der Baustoffporen an der Wandoberfläche durch Sandstrahlen der Wandoberflächen (zB mit Aluminiumsilikat). Der Verputz muss vorher entfernt werden.
- Beschleunigung des Wasserdampfübergangs an der Wandoberfläche durch Luftanblasung der Wandoberflächen mit Ventilatoren. Grundsätzlich gilt: Je größer die Strömungsgeschwindigkeit der Luft, desto größer der Wasserdampfübergang von der Wandoberfläche in die Umgebungsluft.
- Entfeuchtung der Raumluft in Abhängigkeit des vorhandenen Raumklimas. Die vorhin angeführten Maßnahmen sind nahezu wirkungslos, wenn die das Mauerwerk umgebende Luft bereits wassergesättigt ist und dadurch keine Feuchtigkeit mehr aus dem Mauerwerk aufnehmen kann. Ist dies der Fall, muss die Luft entweder entfeuchtet oder erwärmt oder entfeuchtet und erwärmt werden.

### 5.5. Vakuumtechnik

Bei der Vakuumtechnik wird das Mauerwerk in Abständen von 1 bis 3 m in Abhängigkeit der Mauerdicke in Fußbodennähe angebohrt und Stahlrohre bzw. vakuumtaugliche Leitungen werden eingebaut (siehe Abbildung 16). Durch Anlegen eines Vakuums wird das Wasser im Mauerwerk in flüssiger und dampfförmiger Form abgesaugt. Je dichter die Wandoberfläche, desto effizienter die Methode, da der Anteil an angesaugter Umgebungsluft geringer wird. Die Vorteile liegen darin, dass der Putz nicht entfernt werden muss und keine Erwärmung im Mauerwerk stattfindet, was sich oft positiv auf die Meinung der Denkmalschützer auswirkt.



Abbildung 16: Mauerwerksentfeuchtung – Vakuumtechnik

### 5.6. Putze und Farbanstriche

Grundsätzlich – ohne auf die Vielzahl der am Markt befindlichen „Spezialputze“ (Sanierputz, Feuchtmauerputz, Feuchteregulierungsputz, Entfeuchtungsputz etc) für feuchtigkeits- und schadsalzbelastetes Mauerwerk näher einzugehen – hängen im Endeffekt die Standzeit bzw. die Schadensfreiheit dieser Spezialputze vom Durchfeuchtungsgrad und der Schadsalzbelastung des Mauerwerks sowie von der Putzdicke ab. Je geringer der Durchfeuchtungsgrad und die Schadsalzbelastung des Mauerwerks sowie je größer die Putzdicke sind, um so länger ist die Schadensfreiheit des Putzes gegeben. Wird aus Kostengründen auf die Entfeuchtung des Mauerwerks verzichtet, kaschieren diese Spezialputze das feuchte Mauerwerk kurz- bis maximal mittelfristig, reduzieren jedoch auf gar keinen Fall den kapillaren Feuchtigkeitstransport im Mauerwerk und entfeuchten auch nicht das Mauerwerk. Im Hinblick auf eine nachhaltige Objektsanierung sollte die Feuchtigkeit im Mauerwerk vor der Putzaufbringung auf unter 20 % Durchfeuchtungsgrad reduziert werden und nicht nur kaschiert werden, da dadurch die Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks deutlich reduziert wird.

Weiters sollen grundsätzlich immer mineralische Farbanstriche (wie Kalkfarben, Silikatfarben etc), die einen geringen organischen Bindemittelanteil (maximal 3 %) aufweisen und dampfdiffusionsoffen sind ( $sd < 0,02$  m), verwendet werden.

### 5.7 Vertikale Innenabdichtung des Mauerwerks – Grüne Wanne®

Die Grüne Wanne® (siehe Abbildungen 17 bis 21 auf Seite 91 und 92) wurde vor einigen Jahren von Bmstr. Ing. Johannes Fross und Bmstr. Dipl.-Ing. Dr. tech. Klaus Pohlplatz mit dem Ziel entwickelt, eine nachhaltige vertikale Innenabdichtung herzustellen. Die Grüne Wanne® besteht aus folgenden Komponenten:

- sulfatbeständiger Zementmörtelglattstrich bzw. -putz;
- Spritzbitumen (Mindestdicke: 4 mm, mit bituminösen „Schleppstreifen“ an Flächenabdichtung des Fußbodens anbindbar);
- Zementspritzmörtelschichte (Dicke: 5 bis 7 cm, bewehrt, mit Nirodübel in das Mauerwerk verankert).

Die Grüne Wanne® ist auch druckwasserdicht und kann raumseitig verputzt oder mit geeigneten Dämmstoffen verkleidet werden.

## 6. Zusammenfassung

Im Hinblick auf die langfristige Erhaltung des Altbaubestands, aber auch im Hinblick auf die Reduktion der Wärmeleitfähigkeit des Mauerwerks ist die Mauerwerkstrockenlegung unumgänglich. Durch den kapillaren Salzlösungskreislauf im Mauerwerk ist ein permanenter Zerstörungsprozess im Mauerwerk vorhanden.

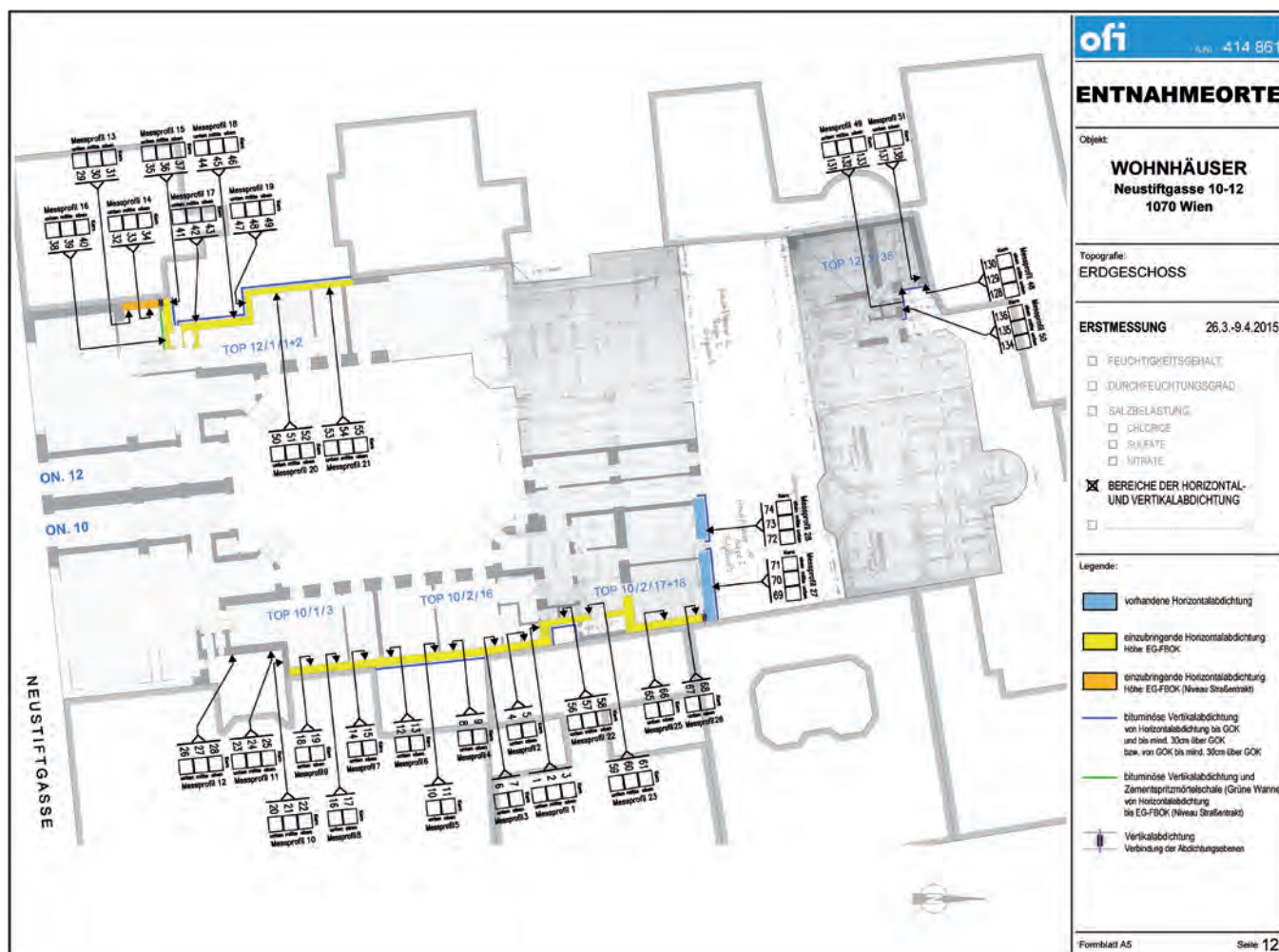


Abbildung 17: Grüne Wanne® – Planung



Abbildung 18: Grüne Wanne® – Ausführung



Abbildung 19: Grüne Wanne® – Ausführung

Die Mauerwerkstrochenlegung erfordert aber aufgrund der Komplexität und der Inhomogenität alter Bausubstanz eine umfangreiche Bauwerksdiagnose und eine objektspezifische Sanierungsplanung. Der Einsatz von Trockenlegungsmaßnahmen sollte bereits vor Baudurch-

führung festgelegt und im Bauablauf integriert werden, was jedoch in vielen Fällen nicht erfolgt, wodurch dann meist unzureichende und zu kurzfristig durchgeführte Maßnahmen ergriffen werden, woraus wiederum Folgeschäden resultieren. Besonderes Augenmerk ist auf

Überwachung und Wirksamkeitskontrolle von Trockenlegungsmaßnahmen zu legen, um kurzfristig die hohen Kosten für die Behebung von Bauschäden und Baumängeln zu reduzieren. Grundsätzlich sollten nur langzeiterprobte und wissenschaftlich fundierte Verfahren zum Einsatz gelangen.



**Abbildung 21:** Grüne Wanne® – Ausführung



**Abbildung 20:** Grüne Wanne® – Ausführung

### **Anmerkung:**

<sup>1</sup> Siehe im Detail *Balak*, Hydrophobierende und/oder porenverschießende Injektionsmittel. Endbericht des FFG-Forschungsprojekts (2008).

*Korrespondenz:*

*Dipl.-Ing. Dr. Michael Balak*

*E-Mail: Michael.Balak@ofi.at*