



**Sonderdruck**  
aus Heft 6/2016

**B+B**

**BAUEN  
IM  
BESTAND**

## **Mauerwerks- instandsetzung**

**Einsatz von Injektionsgeräten in der  
Mauerwerkssanierung**

**DESOI®**



**Abb. 1:** Um die muldenseitige Außenwand des Ostflügels von Schloss Grimma in die Hochwasserschutzanlage zu integrieren, wurde ein auf das Bruchsteinmauerwerk abgestimmter geschäumter Injektionsmörtel hohlraumfrei verpresst.

# Einsatz von Injektionsgeräten in der Mauerwerkssanierung

Die Injektion mineralischer Injektionsstoffe, wie beispielsweise Kalk-, Trasskalk- oder Zementsuspensionen, ist oft Teil der Mauerwerksinstandsetzung, um Risse und Hohlstellen zu schließen und so die Stabilität des Mauerwerks zu verbessern. Für die Injektion stehen unterschiedliche Arten von Injektionspumpen und entsprechendes Zubehör zur Verfügung, um die Technik auf unterschiedliche Anwendungsfälle anpassen zu können. **Michael Engels und Toralf Burkert**

Durch die Injektion eines auf das Bestandsmauerwerk abgestimmten mineralischen Injektionsstoffs werden Risse und Hohlstellen geschlossen und die Voraussetzungen für einen gleichmäßigen Lastabtrag geschaffen (Abb. 1). Eine Mauerwerksinjektion kann nur erfolgreich sein, wenn im Mauerwerk Umläufigkeiten vorhanden sind. Deshalb ist sie vor allem in historischem Natursteinmauerwerk – im Besonderen in Bruchsteinmauerwerk – effektiv anwendbar. Um den Injektionsstoff möglichst zuverlässig und umfassend in die Risse und Hohlräume zu applizieren, werden verschiedene Arten von Injektionsgeräten eingesetzt.

Anders als in der Betoninstandsetzung gibt es für den Einsatz dieses Verfahrens in der Mauerwerkssanierung weder genormte Injektionsstoffe noch Injektionsgeräte und Zubehör.

Dem Merkblatt der WTA 4-3-98/D Instandsetzung von Mauerwerk – Standsicherheit und Tragfähigkeit [1] können aber Hinweise zur Injektion entnommen werden. Das Merkblatt wird derzeit überarbeitet.

Wesentliche Voraussetzungen für den Injektionserfolg sind:

- Beurteilung des Mauerwerks durch Mauerwerksdiagnostik von sachkundigem Planer,

- objektbezogen das Hinzuziehen von Fachleuten wie Tragwerksplaner, Baugrundspezialisten und so weiter,
- auf das Bauwerk und das Injektionsziel abgestimmte Injektionsstoffe (Abstimmung mit Materialhersteller und Baustofflaboren ...),
- geeignete Mischtechnik und Injektionsgeräte bis zum Injektionspacker mit permanenter Druckkontrolle und Festlegung des Injektionsdrucks,
- Beauftragung eines Fachunternehmens mit Qualifikationsnachweisen des eingesetzten Personals, zum Beispiel Teilnahme an Weiterbildungsveranstaltungen von Berufsausbildungszentren, qualifi-



2

**Abb. 2:** Hand-Zwangsmischer mit gegenläufigen Rührkörben ermöglichen ein homogenes Mischen mineralischer Materialien bis vier Millimeter Körnung.



3

**Abb. 3:** Hohe Drehzahlen bis 3.000 U/min sowie die Verwendung einer Dissolverseibe als Scheibenrührer mit Scherkräften ermöglichen das vollständige „Aufschließen“ von Injektionsstoffen.

zierte Lehrgänge in Theorie und Praxis mit Zertifikat von Materialherstellern oder andere fachgewerklische Schulungen,

- Dokumentation der Injektionsarbeiten, zum Beispiel nach WTA Merkblatt 4-4-04/D Anlage A-2 [2].

### Das richtige Pumpensystem für die Injektion auswählen

Die Auswahl geeigneter Pumpentechnik liegt in der Verantwortung des ausführenden Unternehmens. Spezielle Anforderungen können durch den sachkundigen Planer vorgegeben werden [3].

Die Injektionsstoffe werden durch geeignete Zwangsmischer laut Mischanweisung der Materialhersteller aufbereitet: Hand-Zwangsmischer mit gegenläufigen Rührkörben ermöglichen ein homogenes Mischen mineralischer Materialien bis vier Millimeter Körnung (Abb. 2). Für das Anmischen von Zementsuspensionen und Mikrozetementen stehen Rührwerke zur Verfügung, die das vollständige „Aufschließen“ des Injektionsstoffs durch hohe Drehzahlen bis 3000 U/min sowie die Verwendung einer Dissolverseibe als Scheibenrührer mit Scherkräften ermöglichen (Abb. 3).

## WAS VERSTEHT MAN UNTER DEM BEGRIFF (MAUERWERKS-)INJEKTION?

Während der Ingenieur-, Fach- und Berufsausbildung wird der Komplex der „nachträglichen Erhaltung und Instandsetzung von Bauwerken mittels Injektion“ kaum behandelt [4]. Mit Injektion werden im Bauwesen Verfahren zum Füllen von Rissen und Hohlräumen bezeichnet. Sie wird nach festgelegten Prinzipien durchgeführt, indem der Injektionsstoff unter Druck über Injektionspacker in ein Bauteil eingebracht wird. Umgangssprachlich wird dies auch als „Verpressen“ bezeichnet. Die Methode der Injektion im Mauerwerk als Zementverpressung wurde besonders durch August Wolfsholz [5] beschrieben und in der Baupraxis begleitet.

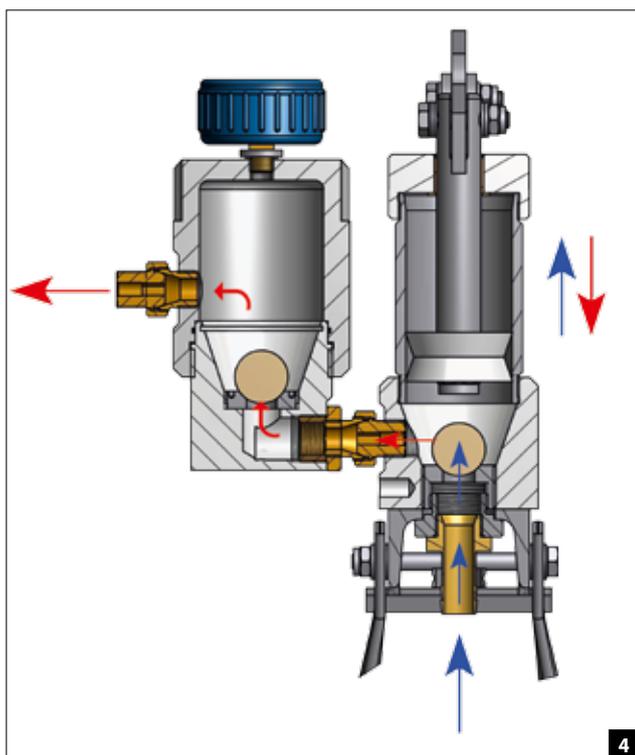
Mauerwerk ist ein Zweikomponentengefüge aus natürlichen oder künstlichen Steinen und mineralischem Mörtel, wobei die Steine in der Regel geordnet und einer vorausbestimmten Anordnung folgend schichtenweise verlegt werden, in der Regel in einem Verband. Der Mörtel übernimmt dabei den Verbund zwischen den Steinen. Verbände und Verbandsregeln wurden schon bei historischem Natur- und Backsteinmauerwerk eingehalten. Heute sind Mauerwerksarten und Verbände in einschlägigen Normen wie DIN EN 1996-1-1/NA [6] verankert.

Mauerwerke sind während ihrer Lebensdauer unterschiedlichen Einwirkungen ausgesetzt, etwa statischer Belastung, unterschiedlichen klimatischen Beanspruchungen sowie Einwirkungen von Schadstoffen und Luftverunreinigungen (Immissionen). Bestandsmauerwerke sind daher oft unterschiedlich stark geschädigt. Es zeigen sich im Mauerwerk Risse, Ausbeulungen und Abplatzungen, Kavernen und Hohlräume, Schiefstellungen und Verformungen.

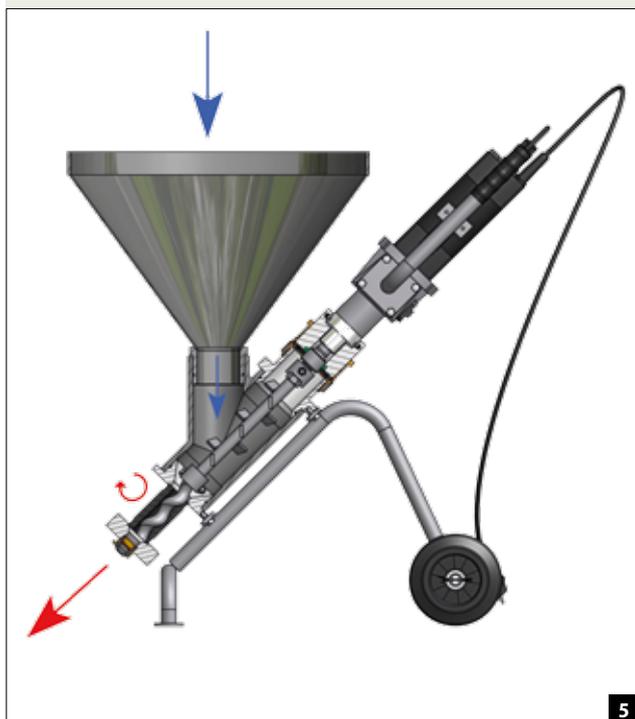
Unter einer Mauerwerkssanierung ist nach [4] die Gesamtheit der Arbeiten und Maßnahmen für eine dauerhafte Instandsetzung und Beseitigung von Mauerwerksschäden zu verstehen. Grundlage einer jeden Sanierungsmaßnahme muss eine ausführliche Analyse des Bauzustands im Rahmen einer Voruntersuchung sein. Wesentliche Bestandteile sind die Bestands- und Schadensaufnahme, die Erkundung der Bauwerksstruktur (zum Beispiel Bestimmung von Materialkennwerten) und begleitende Untersuchungen (zum Beispiel zum Baugrund und bauphysikalische Untersuchungen). Im Ergebnis müssen alle Ursachen für die Bauwerksschäden eindeutig geklärt sein. Erst dann kann der Bestand im Wesentlichen auf Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit, Dauerhaftigkeit, Schadensursachen und Denkmalwert fundiert beurteilt und darauf aufbauend ein Sanierungskonzept erarbeitet werden. Je nach Planungsziel und Ausmaß der vorgefundenen Schäden wird es sich bei der Baumaßnahme um eine Instandsetzung oder Ertüchtigung des Mauerwerks handeln.

Teil der Sanierungsmaßnahmen innerhalb des umfassenden Konzepts können Mauerwerksinjektionen sein. Mit diesen werden folgende Ziele angestrebt:

- Verfüllung von Hohlräumen, Rissen oder Fugen,
- lokale Gefügevergütung,
- Verbundsicherung und gegebenenfalls Korrosionsschutz.



**Abb. 4:** Bei Kolbenpumpen kann der Injektionsdruck über ein Manometer kontrolliert werden.



**Abb. 5:** Schneckenpumpen basieren auf dem Prinzip der archimedischen Schnecke.

**Abb. 6:** Bei Schneckenpumpen mit einer Fördermengenregulierung kann der Verarbeiter unmittelbar am Anschluss zum Packer stufenlos vom Stillstand bis zur maximalen Förderung regulieren.



Das derart aufgeschlossene Material kann grundsätzlich mit drei unterschiedlichen Arten von Pumpen injiziert werden:

- Kolbenpumpen,
- Schneckenpumpen,
- Membranpumpen.

### Kolbenpumpen

Kolbenpumpen werden als Handhebel- oder Fußhebelpumpen, elektrisch oder pneumatisch angetriebene Injektionsgeräte eingesetzt. Der Injektionsdruck kann über Manometer kontrolliert werden (Abb. 4).

### Schneckenpumpen

Die Funktionsweise von Schneckenpumpen basiert auf dem Prinzip der archimedischen Schnecke (Abb. 5). Besonders vorteilhaft sind Schneckenpumpen mit einer Fördermengenregulierung, die mit Kabel direkt am Materialschlauchende angebracht werden kann. Damit kann der Verarbeiter unmittelbar am Anschluss zum Packer stufenlos vom Stillstand bis zur maximalen Förderung regulieren (Abb. 6).

### Membranpumpen

Membranpumpen (Abb. 7) werden entweder mechanisch, hydraulisch oder pneumatisch angetrieben. Durch Auswölbung der Membrane infolge des Sogs wird der Förderraum in der Membrane mit Injektionsstoff gefüllt und durch das Pumpen weiterbefördert.

Der Injektionsstoff wird vom Antrieb getrennt gefördert. Er wird schonend behandelt und die Injektionsdrücke gezielt gesteuert und geregelt. Für den Einsatz von Schaummörteln zur Mauerwerksanierung sind spezielle Pumpen erhältlich (Abb. 8).

### Nordturm von Schloss Steinort wurde notgesichert

Injektionstechnik spielte auch bei der Notsicherung des Nordturms von Schloss Steinort in Polen eine wesentliche Rolle. Das Schloss gehört zu den wenigen noch erhaltenen Schlossanlagen im Nordosten Polens. Es war bis 1944 der Stammsitz der Familie von Lehndorff. Nach der politischen Wende in den 1990er-Jahren wurde es dem Verfall preisgegeben. Wegen starker Baugrundaufweichungen kam es am Nordturm schließlich zu signifikan-

## INJEKTIONSGERÄTE – WICHTIGSTE ANFORDERUNGEN

- Einfache Bedienung, einfache Überprüfbarkeit der Funktionsfähigkeit,
- geringe Störanfälligkeit und Anfälligkeit gegen fehlerhafte Bedienung,
- regelbarer beziehungsweise begrenzter Druck in Abhängigkeit vom Injektionsstoff,
- Messtechnik zur Kontrolle des Injektionsdrucks an der Pumpe und Anschlussystem zum Packer,
- Anschlussmöglichkeit zur digitalen Dokumentation





7

**Abb. 7:** Bei Membranpumpen wird der Förderraum in der Membrane durch Auswölbung der Membrane infolge des Sogs mit Injektionsstoff gefüllt und durch das Pumpen weiterbefördert.

**Abb. 8:** Für das Verpressen von Schaummörteln gibt es spezielle Pumpen.



8

ten Setzungen und damit einhergehenden gravierenden Rissbildungen über die komplette Fassadenhöhe hinweg. Gleichzeitig war durch von außen eindringendes Regenwasser das Kellermauerwerk bereits drastisch geschwächt.

Um das weitere Auseinandertreiben des Turmanbaus und den drohenden Einsturz

zu verhindern, wurden sofortige Gegenmaßnahmen geplant und umgesetzt:

- Einbau von dauerhaft verbleibenden, innen liegenden Ringankern in Deckenhöhe der jeweiligen Geschosse,
- Sicherung von statisch relevanten Rissen durch Anordnung von horizontal in das Mauerwerk eingebrachten Rissnadeln,

- Instandsetzung des im Keller ausgebrochenen und ausgewaschenen Bruchsteinmauerwerks mit Altmaterial (Naturstein),
- aufsteigende Injektion des gesamten Kellermauerwerks mit einer angepassten mineralischen Suspension (Abb. 9/10).



9

**Abb. 9:** Um den Nordturm von Schloss Steinort in Polen zu sichern, wurde das gesamte Kellermauerwerk mit einer angepassten mineralischen Suspension verpresst. Das Bild zeigt einen Abschnitt des zum Injizieren vorbereiteten Kellermauerwerks nach der Reinigung und vor der Fugenausbesserung.

**Abb. 10:** Für das Injizieren wurde eine Schneckenpumpe eingesetzt.



10

Abb. 9/10: Jäger Ingenieure GmbH, Projektanwendungen

Nachdem das Mauerwerk gesäubert und mit entsprechenden Bohrlöchern im Bereich der Fugen versehen wurde (Abb. 9), mussten zuerst alle Fugen mit Mörtel geschlossen werden. Je nach Fugenverlauf und Steingröße wurden drei bis fünf Bohrlöcher pro Quadratmeter Mauerwerksfläche hergestellt. Durch die massiven Ausspülungen im Inneren des Mauerwerks konnte eine gute Umläufigkeit vorausgesetzt werden.

Danach wurde in das Kellermauerwerk von unten nach oben aufsteigend ein spezieller Schaummörtel mit zementfreiem Bindemittel injiziert. Dieser Mörtel zeichnete sich durch ein sehr gutes Fließverhalten und eine an den Bestandsmörtel angepasste Festigkeit aus. Dadurch konnte sichergestellt werden, dass Hohlräume und Kavernen im Mauerwerksinneren wieder geschlossen und so eine Vergleichmäßigung des Lastabtrags und eine Verbesserung der Homogenität des Mauerwerks erreicht werden konnte.

Zum Einsatz kam dabei eine Membranpumpe (Abb. 8), die vor dem Bauwerk stationiert und dort mit der aufbereiteten Suspension befüllt wurde. Die Suspension selbst wurde über einen entsprechenden Schlauch und die in den Fugen vorgesehenen Bohrlöcher direkt in das Keller-

mauerwerk gepumpt. Von Vorteil dabei ist, dass man die Pumpe per Fernbedienung stufenlos steuern kann und somit im Keller nur der Verpressschlauch von Bohrloch zu Bohrloch versetzt werden musste.

Verpresst wurde bis zu einem Druck von etwa 1 bis 1,5 bar, um Mauerwerkschädigungen zu verhindern. In den oberen Geschossen kam eine Schneckenpumpe zum Einsatz (Abb. 10).

### Hochwasserschutz am Schloss Grimma sichergestellt

Die Stadt Grimma wurde durch die beiden Jahrhunderthochwasser von 2002 und 2013 stark überflutet. Die Ursprünge des dortigen Schlosses gehen bis ins 13. Jahrhundert zurück. Für den Hochwasserschutz sollte die muldenseitige Außenwand des Ostflügels in die Hochwasserschutzanlage integriert werden.

Hierfür musste unter anderem die gesamte Außenwand durch verpressende Injektion mit einem auf das Bruchsteinmauerwerk abgestimmten geschäumten Injektionsmörtel hohlraumfrei vergütet werden. Ziel dieser Maßnahme war es, bis zur Hochwasserschutzhöhe ein homogenes inneres Gefüge herzustellen, um den Lastabtrag gleichmäßiger zu

gestalten und den Hohlraumanteil im Inneren der Wand zu minimieren, um so auch die Feuchtetransportwege zu verringern beziehungsweise zu unterbrechen.

Die Bohrlöcher wurden bis etwa zwei Drittel der Wanddicke gebohrt. Die muldenseitige Außenwand hat im Hochwasserschutzbereich eine Dicke von etwa 1,65 Meter. Injiziert wurde aufsteigend von unten nach oben über ein vorher festgelegtes Bohrraster von vier Bohrlöchern pro Quadratmeter Wandfläche (Abb. 1).

Die Mauerwerksoberfläche wurde vor dem Verpressen maschinell im Trockenspritzverfahren verfugt. Injiziert wurde von außen. Während des gesamten Verpressvorgangs wurde die Innenwandoberfläche überwacht, um ein unkontrolliertes Austreten von Verpressgut zu verhindern.

Als Injektionsgut kam ein Schaummörtel auf Trassbasis zum Einsatz. Das Mörtel-Schaum-Gemisch wurde im Verhältnis von drei Volumenteilen Mörtel und einem Volumenanteil Schaum hergestellt. In der Regel wurde bei etwa 2 bis 2,5 bar verpresst. Der Verpressdruck wurde kontinuierlich über ein Manometer am Injektionsschlauch überwacht (Abb. 1). 

## MISCH- UND INJEKTIONSTECHNIK (BEISPIELE)

<b>Mischtechnik:</b>	Hand-Zwangsmischer „HZM-1“, Rührwerk „ZS-0“ (für Zementsuspensionen und Mikroelemente)
<b>Injektionstechnik:</b>	„HP-60ZD“ (Kolbenpumpe), „SP-20“ (Schneckenpumpe), „L-1“ (Doppelmembranpumpe), „MB-E“ und „Preko-220“ (Membranpumpen)
<b>Dokumentationssoftware:</b>	„Desoi Flow Control II“

### LITERATUR UND QUELLEN

- [1] WTA-Merkblatt 4-3-98/D:1998-11 Instandsetzung von Mauerwerk – Standsicherheit und Tragfähigkeit
- [2] WTA Merkblatt 4-4-04/D: 2003-01 Mauerwerksinjektion gegen kapillare Feuchtigkeit
- [3] STUVA Studiengemeinschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e.V.: ABI-Merkblatt Abdichten von Bauwerken durch Injektion, 3. Auflage. Fraunhofer IRB-Verlag: Stuttgart, 2014
- [4] Desoi (Hrsg.): Injektions-ABC – Das Nachschlagewerk für Bauspezialisten. 2. Aufl. Eigenverlag: Kalbach/Rhön, 2015
- [5] Wolfsholz, A.: Wiederherstellung der gewölbten Eisenbahnbrücken über den Mittel- und Südkanal in Hamburg mittels Zementeinpressung, in: Zentralblatt der Bauverwaltung 30/1910, S. 359–360
- [6] DIN EN 1996-1-1/NA:2012-05: Eurocode 6: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten-Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk

### AUTOREN

**Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Michael Engels**  
Geschäftsführer Desoi GmbH  
Kalbach/Rhön

**Dr.-Ing. Toralf Burkert**  
Jäger Ingenieure GmbH  
Büro Weimar