

Verarbeitungsrichtlinien für die Mauerwerksinjektion gegen kapillare Feuchtigkeit

Allgemein:

Es gibt unterschiedliche Verfahren zum Einbau einer nachträglichen Horizontalsperre gegen kapillar aufsteigende Feuchtigkeit in Mauerwerken. Ziel dieser Verfahren ist es, eine Ausgleichsfeuchte des Mauerwerkes zu erreichen. Ein Verfahren, ist die Acrylat-Injektion, die den kapillaren Transport von Wasser und die Saugfähigkeit in den Kapillaren verhindert oder reduziert. Nach der Aushärtung wird eine wasserabweisende Sperrwirkung erzielt. Die Qualität der nachträglichen Horizontalsperre ist nicht nur von den Eigenschaften des Injektionsmittels, sondern auch von der Art der Ausführung und der Verteilung im Mauerwerk abhängig. Die Materialien werden zumeist unter einem der Bauwerksbeschaffenheit angepassten Druck in das Mauerwerk verpresst. So erhält man eine bessere Verteilung als bei den ebenfalls praktizierten drucklosen Verfahren. In Abhängigkeit vom Materialtyp beruht die wasserabweisende Wirkung auf dem Prinzip der Kapillarverstopfung, der Kapillarverengung oder Hydrophobierung oder aus einer Kombination der genannten Prinzipien. Anhand der Bauzustandsanalyse werden die Konstruktion, die Durchfeuchtung und die Salzbelastung des Bauwerkes analysiert. Das Ziel jeder Maßnahme zur nachträglichen Abdichtung gegen aufsteigende Feuchtigkeit ist die Kapillaren zu unterbrechen, so das dem Wasser keine Möglichkeit gegeben wird aufzusteigen, oder so zu vermindern, daß das Aufsteigen des Wassers erheblich gebremst wird. Zur Kapillarunterbrechung eignen sich besonders mechanische Verfahren, zur Kapillarverfüllung- oder -verengung chemische Verfahren.

Schadensbild

horizontal aufsteigende Feuchtigkeit (bis ca. 1,5 m über vorhandener Horizontalabdichtung) vertikal eindringende Feuchtigkeit (flächige Durchfeuchtungen bzw. Wassertröpfchen) hygroskopische Feuchtigkeit (farbige Veränderungen, Ausblühungen) kondensatbildend (Wasserfilm mit Tröpfchenbildung) drückendes Wasser (zusammenhängender Wasserfluß oder Wasserfilm) Oberflächenwasser (Durchfeuchtungen nach Schlagregeneinwirkung)

Zu treffende Vormaßnahmen

Bevor die Injektionsmaßnahmen geplant und durchgeführt werden, sollte eine Untersuchung des Mauerwerkes erfolgen und eine Bauzustandsanalyse angefertigt werden. Auf der Grundlage dieser Analyse ist eine Auswahl des Injektionsmittels und des Injektionsverfahren durchzuführen.

Bauzustandsanalyse

Anhand der Bauzustandsanalyse werden die Konstruktion, die Durchführung und die Salzbelastung des Bauwerkes analysiert.

Konstruktion

- Art des Mauerwerkes (Ziegel, Bruchstein, Naturstein, sonstige Materialien)
- Aufbau des Mauerwerkes (ein- oder mehrschalig, Hohlräume, Fugengefüge)
- Festigkeit des Mauerwerkes, Wandstärke, Fundamentlage, vorhandene Abdichtungen (horizontal und vertikal), Beschaffenheit der vorhandenen Abdichtungen, Grundwassersituation (Erdfeuchtigkeit, drückendes oder nichtdrückendes Wasser), Beschaffenheit des anliegenden Erdreiches, Raumklima, durchgeführte Sanierungen, Verlauf von Versorgungsleitungen.

Feuchtebelastungen

- Horizontal aufsteigende Feuchtigkeit (bis ca. 1,5 m über vorhandener Horizontalabdichtung) vertikal eindringende Feuchtigkeit.
- Hygroskopische Feuchtigkeit (Farbige Veränderungen, Ausblühungen), Kondensatbildend (Wasserfilm mit Tröpfchenbildung), drückendes Wasser (Wasserfluss), Oberflächenwasser (Durchfeuchtungen nach Schlagregeneinwirkung)

Feststellen der Mauerwerksart und -baustoffe

Um die richtige Sanierungsart auszuwählen, ist es unbedingt notwendig, den Werkstoff, die konstruktiven Umstände und die Schadensart zu bestimmen. Hilfreich ist es auch, besonders in diesem speziellen Fall der Mauerwerkaußenwände, die Umgebung zu berücksichtigen. Denn wenn das Wohnhaus direkt an andere Häuser gebaut ist, sind Maßnahmen, denen eine Freilegung der Außenwände zugrunde liegt, nicht ausführbar.

Die Erfolgswahrscheinlichkeit hängt vor allem von der gewählten Sanierungsart ab.

Welche Baustoffe sind besonders zu beachten

Künstliche Bausteine

Besonders zu erwähnen sind Steine mit großen Hohlräumen, da bei solchen die Füllmaterialien zu sehr beansprucht werden.

a. Natürliche Bausteine

Darunter fallen Sandsteine, Kalksteine, Granite. Durch das falsche Injektionsmittel kann z.B. das Etringitreiben hervorgerufen werden.

b. Betonstein/Wände aus Ortbeton

Hier ist besonders auf die Bewehrung zu achten, also auf die konstruktiven Anforderungen und den Korrosionsschutz. Außerdem ist der Zustand des Betons zu berücksichtigen. Kann dem Bauteil keine Querschnittsminderung zugemutet werden, fallen Mechanische, sowie Injektionen (mit in das Gefüge eingreifenden Einpressbolzen) weg. Es ist ein Statiker zur Beurteilung heran zu ziehen.

c. Bindemittel im Mörtel

Sind in dem Mörtel gipshaltige Bestandteile enthalten (Sulfatnachweis)? Wenn dies gegeben ist, wird es in Verbindung mit auf zementbasierenden Injektagen oder Quellmörtel, zu Etringitbildung führen. Dadurch ist die Sanierungsmaßnahme hinfällig.

d. Fugenart

Festgestellt werden muß, ob die Lagerfuge durchgehend ist. Sollte dies der Fall sein, kann bei einer Mechanischen Horizontalsperre (Kettensäge) eine Günstigere Version in Betracht gezogen werden. Außerdem kann es bei Bruchsteinmauerwerk zur Beeinträchtigung des Optischen Gefüges kommen. Ist das nicht erwünscht, dürfen keine mechanischen Verfahren angewendet werden.

Welche Mauerwerksarten sind besonders zu beachten

a. Bruchsteinmauerwerk

Bei Bruchsteinmauerwerk ist die Besonderheit der in der Höhe variablen oder teilweise nicht vorhandenen Lagerfuge. Soll das Mauerbild nicht gestört werden, fallen manche mechanische Verfahren weg.

b. Konstruktive Mauerwerksbauteile

Ist das Bauteil statisch belastet, kann eine Querschnittsverminderung zur Gebrauchsunfähigkeit führen. Hier müssen meist Methoden verwendet werden, die nicht in das Gefüge eingreifen, oder es muß ein Statischer Nachweis erbracht werden.

c. Bauteile die im Gesamtbauwerk unter Denkmalpflege stehen

Es müssen die Vorgaben der Denkmalpflege berücksichtigt werden, was im Grunde den Gebrauch chemischer und Elektro - physikalischer Verfahren verbietet. Bei solchen Sanierungsmaßnahmen ist eng mit dem Denkmalpfleger zusammen zu arbeiten.

d. Mehrschaliges Mauerwerk

Wenn das der Fall ist, muß der Zwischenraum auf Füllungen der Arten loser Schüttung und Bauschutt geachtet werden. Besonders zu beachten ist, was bei alten Gebäuden, die Bruchsteinmauerwerke aufweisen:

Füllungen mit Ausschuß Material die bei der Herstellung angefallen sind, die zusätzlich in Sand verlegt wurden.

Die Überprüfung mehrschaliger Mauerwerke kann sehr elegant mit einem Endoskop durchgeführt werden.

Auswahlkriterien

PUR –Injektionsharze:

- Ziegel-, Naturstein-, Bruchstein oder Mischmauerwerk
- Fugen grobporig, Hohlstellen, Risse und Abrisse zwischen Stein und Fuge
- Hoher Durchfeuchtungsgrad (bis 100 %)
- bei Salzbelastung

AcylatGele

- Ziegel-, Naturstein-, Bruchstein oder Mischmauerwerk
- saugendes, grobporiges Mauergefüge
- Hoher Durchfeuchtungsgrad (bis 80 %)
- bei Salzbelastung

Injektionsverfahren

Nachfolgend werden die prinzipiellen Verfahrenstechniken zum Einbringen von Injektionsmittel beschrieben.

Auf die Nennung spezieller Verfahren wird verzichtet.

Drucklose Injektion

Für diese Injektion eignen sich am besten wasserlösliche, niedrigviskose Injektionsmittel wie z.B. Silicate, Silane, Siliconmikroemulsionen und hinreichend erwärmte Paraffine.

Die Injektionsmittel werden über das Schwerkraftprinzip mittels Vorratsbehälter oder im Sprühimpulsverfahren das Bohrloch eingebracht. Die drucklose Paraffininjektion erfolgt über beheizte Vorratsbehälter im simultanen und temperaturgesteuerten Heiz- und Injektionsprozeß nach dem Unterdruckprinzip. Die Verteilung im Baustoff erfolgt ausschließlich über Kapillarkräfte. Der maximale Bohrlochabstand (Achismaß) muß in Abhängigkeit von der Saugfähigkeit gewählt werden und sollte 10 cm bis 12,5 cm nicht überschreiten. Der Bohrlochdurchmesser richtet sich nach dem jeweils anzuwendenden Verfahren.

Der Bohrlochwinkel (Schräglage der Bohrung) ist vom Wandaufbau und dem Verfahren abhängig. Er ist so zu bemessen, dass bei dünnen Mauern mindestens eine Lagerfuge und bei dickem Mauerwerk mindestens zwei Lagerfugen gekreuzt werden. Vor der Trängung ist der Bohrstaub zu entfernen, damit die kapillare Saugfähigkeit nicht behindert wird.

Die Bohrlochtiefe sollte der um 5 cm reduzierten Wanddicke entsprechen. Bei großen Wanddicken > 60 cm wird empfohlen, die Bohrlochketten beidseitig anzuordnen. Die Bohrlochtiefe beträgt dann 2/3 der Wanddicke Die verwendeten Bohrgeräte sollten möglichst erschütterungsfrei arbeiten.

Mauerwerk mit größeren Hohlräumen und Kammersteinen erfordern besondere, auf den Einzelfall abgestimmte Maßnahmen.

Mauerwerk mit loser Kleinmaterial- und Mörtelfüllung im Kein, offenen Fugen und Rissen ab 0,2 mm ist zunächst mit einem gut fließfähigen, schwindarmen baustoffverträglichen, bindemittelhaltigen Stoff auszufüllen. Diese Verfüllung ist dann erforderlich, wenn sonst keine ausreichende Ausbreitung zustande kommt und das Injektionsmittel unkontrolliert abfließen kann.

Für saugfähiges Natursteinmauerwerk, dichtes Bruchsteinmauerwerk oder Geröllsteinmauerwerk sind die Einsatzmöglichkeiten und Bohrlochanordnungen im Einzelfall durch eine Probeinjektion zu prüfen. Der Materialverbrauch richtet sich nach dem Porenvolumen der Baustoffe. Es ist solange zu injizieren, bis eine gleichmäßige horizontale Wirkzone erreicht ist.

Grundsätzlich sind der Materialverbrauch und sonstige Besonderheiten zu protokollieren. Zur Qualitätskontrolle wird empfohlen, den Materialverbrauch je Bohrloch zu dokumentieren

Druckinjektion

Druckinjektionen eignen sich insbesondere bei stark durchfeuchteten Baustoffen. Die Bohrlochanordnung kann ein- oder mehrreihig versetzt sein. Der Abstand der Bohrlochachsen wird aufgrund der zu erwartenden minimalsten Eindringtiefen der Injektionsmittel festgelegt. Ein Regelabstand von rund 10 cm bis 12,5 cm hat sich bewährt. Bei zwei- oder mehrreihiger Anordnung soll ein Höhenversatz von 8 cm nicht überschritten werden. Die Bohrkanäle müssen je nach Verfahren (Herstellerangabe) bzw. den örtlichen Gegebenheiten entsprechend in einem Anstellwinkel oder horizontal hergestellt werden .

Die Injektion sollte mit kontinuierlichem Druck im Niederdruckverfahren erfolgen.

- (Niederdruckverfahren < 10 bar) -

Ist kein ausreichender Druckaufbau festzustellen, so ist zu prüfen, ob Injektionsmittelverluste durch Risse, lockere Fugen oder Fehlstellen erfolgen. In diesem Falle sind zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen (Hohlraumverfüllung). Der Materialverbrauch richtet sich nach dem Porenvolumen der Baustoffe. Es ist solange zu injizieren, bis eine gleichmäßige horizontale Wirkzone erreicht ist. Grundsätzlich sind der Materialverbrauch, der Injektionsdruck und sonstige Besonderheiten zu dokumentieren. Zur Qualitätskontrolle wird empfohlen, z.B. den Materialverbrauch je Bohrloch zu dokumentieren.

Flankierende Maßnahmen

Je nach örtlichen Gegebenheiten oder aus bauphysikalischen Gründen können nachfolgende Maßnahmen erforderlich werden:

Sanierputz

Durch den Trocknungsprozeß oberhalb der Mauerwerksinjektion können vorhandene Salze ausblühen und schädigend wirksam werden. Das Aufbringen eines Sanierputzsystems gemäß WTA-Merkblatt [4] vermeidet salzbedingte Schäden und fördert den Trocknungsprozeß.

Vertikalabdichtung

Zur Verhinderung des Zu- oder Durchtritts von Wasser können Vertikalabdichtungen erforderlich werden. Im Sockelbereich sowie bei der Kellerinnenabdichtung mit wasserundurchlässigen Putzen und/oder zementgebundenen Dichtungsschlämmen wird je nach Lastfall (Bodenfeuchte oder nichtdrückendes Wasser) auf die Notwendigkeit einer Vertikalabdichtung von außen nach Norm (DIN 18 195, Teil 4 und 5) oder nach allgemein anerkannten Regeln der Technik hingewiesen.

Qualitätskontrolle des angewandten Injektionsverfahrens am Bauwerk

Vor Beginn der Arbeiten sind durch Probeinjektionen die Parameter des Verfahrens festzulegen. Nach den Regeln der Bautechnik applizierte Injektionsverfahren weisen in der Regel einen deutlichen Trocknungseffekt innerhalb 2 Jahren auf. Zur Qualitätskontrolle erfolgen Untersuchungen, auf Vergleichbarkeit (Messstellen oberhalb und unterhalb der Horizontalsperre, klimatische Verhältnisse, Nutzung usw.) mit der Ursprungsmessung muß geachtet werden.

Maßnahmen

zur Vermeidung von Kondenswasserbildung nach der Vergelung von Mauerwerken

Durch die Vergelung findet eine Befüllung der freien Poren und kapillaren bzw. eine Verdrängung des Wassers statt. Dadurch wird der Wassertransport horizontal wie vertikal verhindert und das Mauerwerk abgedichtet.

Das Polyacrylatgel ist jedoch ein dampfdiffusionsoffenes System. Die Wasserdampfdiffusion bleibt innerhalb des Mauerwerks erhalten, wird jedoch durch das ausgehärtete Gel reduziert. Nach der Aushärtung ist das Polyacrylatgel in der Lage, das von der Außenseite eindringende Wasser durch die quellende Eigenschaft aufzunehmen und nur durch Diffusion wieder abzugeben. Dabei ist die Durchlässigkeit (Permeabilität) des Gels stets geringer als die Verdunstung an der Oberfläche. Die Abtrocknung geht schneller vonstatten, als durch Diffusion Wasserdampf nachkommt.

Durch die frische Vergelung erhöht sich der Wärmedurchgang durch das Mauerwerk, der sich mit der Abtrocknung von der Innenseite stetig verringert. Durch die Verringerung des Wärmedurchganges wird die Oberflächentemperatur der Wand der Raumlufttemperatur angeglichen und es entsteht keine Kältebrücke.

Bei stark durchfeuchteten Mauerwerken müssen nach der Vergelung sofort günstige klimatische Innenraumbedingungen geschaffen werden, so dass das Mauerwerk stetig Feuchtigkeit abgeben und an der Wandoberfläche verdunsten kann.

Bedingungen

- Absenkung der relativen Raumluftfeuchtigkeit < 60%
(Installation von Trocknungsgeräten)
- Zur Vermeidung von Kondenswasser auf der Innenwandfläche ist die durch Beheizung die Mauerwerkstemperatur der Raumlufttemperatur anpassen.
(siehe Taupunkttafel-Wandtemperatur 3°C höher als Taupunkttemperatur)
- Schneller Luftaustausch
(siehe Tabelle Feuchtigkeitsgehalt der Luft-Lüftung periodisch im Winter und nur an trockenen kühlen Tagen im Sommer)
- Überarbeitung durch Putz oder Anstriche erst nach Abtrocknung Mauerwerksoberfläche

Verbrauchsrichtlinien bezogen auf Mauerstärken für die nachträgliche Horizontalsperre nach dem Wirkprinzip der *Kapillarverstopfung im Druckinjektionsverfahren*

Bohrlochraster	Wandstärke (cm)	Abstand (cm)	Bohrloch (mm)	Verbrauch (kg je lfm)
<i>Bei Polyacrylat-Injektionsgel sollte zur besseren Verteilung des Injektionsmittels in zweireihiger Anordnung der Bohrungen gearbeitet werden.</i>				
	30 - 40	15	14 oder 20	5,00- 8,00
	40 - 50	15	14 oder 20	8,00-12,00
	50 - 60	15	14 oder 20	12,00-13,50
	60 - 70	15	14 oder 20	13,50-15,00
	70 - 80	15	14 oder 20	15,00-16,00
	80 - 90	15	14 oder 20	16,00-18,00
	90 -100	15	14 oder 20	18,00-20,00
Verbrauchsangaben sind Richtwerte, für die keine Verbindlichkeit übernommen werden kann				
Richtwert: Ca. 1,0 - 2,6 kg/lfm Mauerwerk und 10 cm Wandstärke je nach Saugfähigkeit.				
Bei Wandstärken über einem Meter ist es empfehlenswert, die Injektion von beiden Seiten der Mauer vorzunehmen, um eine optimale Verteilung der Injektionsmittel zu erreichen.				

Literatur:

WTA Merkblatt 4-4-96 Mauerwerksinjektion gegen kapillare Feuchtigkeit
WEBAC – Nachträgliche Horizontalsperren