

# B+B Bauen im Bestand

Sonderdruck  
aus Heft 04.2021

Professionell modernisieren, umbauen und instand setzen

Tragwerksinstandsetzung: Konstruktiv ertüchtigen  
Barrierefreiheit im Bestand: Für jeden zugänglich  
Luftdichtheitskonzept: Luftdicht ist Pflicht



Mauerwerkssanierung



Bildquelle: Franz-Josef Hölzen

Abb. 1: Feuchtigkeit und Salz sind die Hauptschadensverursacher für solche Mauerwerksschäden.

# Den Fluss nach oben unterbrechen

**Nachträgliche Horizontalsperren:** Ist ein Mauerwerk durch kapillar aufsteigende Feuchtigkeit belastet und weist einen mehr oder weniger hohen Durchfeuchtungsgrad auf, kann eine mangelhafte oder fehlende Horizontalsperre die Ursache sein. Um derartige Objekte instand zu setzen, können nach Erstellung einer detaillierten Bauzustandsanalyse und darauf aufbauendem Instandsetzungskonzept vertikale und horizontale Abdichtungsmaßnahmen getroffen werden. Für nachträgliche Feuchtigkeitssperren im Mauerwerksquerschnitt stehen unterschiedliche Verfahren zur Verfügung. Eine wirkungsvolle Technik ist die Mehrstufeninjektion.

**Dipl.-Ing. Architekt AKN Franz-Josef Hölzen**

Um die komplexen Ursachen für Feuchte- und Salzsäden (Abb. 1) zu verstehen, muss man sich Gedanken über das Zusammenwirken von Feuchtigkeit und Salz als Hauptschadensverursacher machen. Je nach seiner Saugfähigkeit tritt Feuchtigkeit in das Mauerwerk ein. Die Feuchtigkeit wird dabei zunächst durch Kapillarität aufgenommen, wobei im Prinzip auch Druckwasser vorliegen kann.

Rissbildungen sind weitere Feuchtigkeitseintrittspfade.

Wände durchfeuchten in ihrem Querschnitt allmählich, bis die Feuchtigkeit an den nicht erdberührten Wandbereichen, also innen und oberhalb des Geländes außen, angelangt ist. Dort wird sie durch Verdunsten an die Raum- und Außenluft abgegeben. Den physikalischen Prinzipien folgend, stellt sich allmählich ein Gleichgewicht ein.

Es kann durch die Wasseraufnahme auf der einen und die Wasserabgabe auf der anderen Seite beschrieben werden. Das bedeutet, dass im Gleichgewichtszustand Wasseraufnahme = Wasserabgabe ist.

In diesem Stadium wird die Wasseraufnahme ausschließlich durch Kapillarität oder Druckwasser bestimmt und die Wasserabgabe allein durch Verdunstung und Diffusion.



Bildquelle: Franz-Josef Hölzen

Abb. 2: Die Verdunstungsfläche bestimmt die Verdunstungsleistung. Die Feuchtigkeit im Mauerwerk steigt daher so hoch, dass die Fläche ausreicht, damit die eingedrungene Feuchtigkeit verdunsten kann.



Bildquelle: Desoi

Abb. 3: Aufsteigende Feuchtigkeit und Salze haben zu der Verdunstungszone geführt, die sich auf der Außenwand dieses Gasthauses deutlich abzeichnet.

Der Wasseraufnahme muss also, damit ein Gleichgewicht besteht, eine gleich große Wasserabgabe gegenüberstehen (Abb. 2). Die Verdunstungsleistung des Mauerwerks wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Hier spielen die Luftbewegung und -temperatur, die relative Luftfeuchtigkeit und die Offenporigkeit der Baustoffe eine Rolle. Wenn am Mauerwerk keine weiteren Veränderungen vorgenommen werden, sind diese Faktoren, über entsprechende Zeiträume betrachtet, sicherlich als konstant anzusetzen. Letztlich bestimmt daher die Verdunstungsfläche die Verdunstungsleistung. Um eine Verdunstungsfläche zu erreichen, die in ihrer Leistungsfähigkeit der kapillaren Wasseraufnahme entspricht, stellt sich im Mauerwerk eine korrelierende Durchfeuchtungshöhe ein. Die Höhe des Feuchtigkeitspegels begrenzt die Verdunstungsfläche. Das Gleichgewicht zwischen Wasseraufnahme durch Kapillarität und Wasserabgabe durch Trocknung und Verdunstung bestimmt die Durchfeuchtungshöhe (DFH): Wasseraufnahme = Wasserabgabe, Kapillarität = Verdunstung und Diffusion.

Aus dem bisher Dargelegten lässt sich rückfolgern, dass sich die Verdunstungsleistung verschlechtert, wenn in den Verdunstungszonen Abdichtungen aufgebracht werden. Die Durchfeuchtung im Mauerwerk steigt dadurch höher. Des Weiteren kann man folgern, dass eine Abdichtung am besten dort angebracht wird, wo flüssiges Wasser in die Wand eindringt, also am besten erdberührend und am Wandsockel. Das Gleichgewicht bleibt jedoch nicht auf der bisher besprochenen Stufe stehen. Denn es dringt nur in den allerseltensten Fällen unbelastete Feuchtigkeit in das Mauerwerk ein. Vielmehr werden im Wasser auch Salze transportiert, die ebenfalls in das Kapillarsystem des Mauerwerks eindringen. Sie werden dort abgelagert, wo das Wasser verdunsten kann. Das heißt, die Salze reichern sich in den Verdunstungszonen an. Da es sich hierbei um ein dynamisches Gleichgewicht handelt, nimmt die Salzkonzentration im Verdunstungsbereich zwangsläufig zu. Hat das Salz eine entsprechende Konzentration erreicht, nimmt das Mauerwerk hygroskopisch Wasser auf.



## NACHTRÄGLICHE HORIZONTALABDICHTUNG



Lamellenschlagpacker - Neue verbesserte Lamellenform

DESOI ist Ihr zuverlässiger Partner für Injektionstechnik und liefert das komplette Equipment für die Injektionsverfahren bei

- MAUERWERK MIT HOHLRÄUMEN
- HOMOGENEM MAUERWERK

Das im QR-Code hinterlegte Anwendungs-video verdeutlicht das Verfahren.

### ÜBERZEUGEN SIE SICH!

Weitere Informationen finden Sie auch unter [www.desoi.de](http://www.desoi.de)



DESOI PowerInject MB



### HERSTELLER VON INJEKTIONSTECHNIK

DESOI GmbH | 36148 Kalbach / Rhön | GERMANY  
Tel.: +49 6655 9636-0 | [info@desoi.de](mailto:info@desoi.de) | [www.desoi.de](http://www.desoi.de)

Die Verdunstung wird also von einer Wasseraufnahme aus der Gasphase überlagert. Das Gleichgewicht verschiebt sich dadurch, denn zur Wasseraufnahme aus dem Erdreich kommt die hygroskopische Feuchtigkeitsaufnahme hinzu. Um wieder in den Gleichgewichtszustand zu kommen, muss die Verdunstungsleistung erhöht werden. Und dies geschieht in der Regel durch eine Vergrößerung der Verdunstungsfläche, das heißt die Feuchtigkeit steigt im Mauerwerk weiter an (Abb. 3).

Wegen der verschiedenen sich beeinflussenden Mechanismen der Wasseraufnahme, ist es für die Instandsetzung von außerordentlicher Wichtigkeit, den Ist-Zustand des betroffenen Mauerwerks möglichst genau zu kennen. Durch eine fach- und sachgerechte Bauzustandsanalyse, die die verschiedenen Wasseraufnahmemechanismen, den Versalzungsgrad und die Art der Versalzung berücksichtigt, werden die entsprechenden Kenndaten ermittelt, die in die Sanierungsplanung objektspezifisch einfließen. Geschieht dies nicht, bleibt für die Instandsetzung nicht nur ein erhebliches Restrisiko bestehen, sondern es kann durchaus vorkommen, dass an den wahren Symptomen „vorbeisaniert“ wird. Dies geschieht in der Praxis leider täglich.

### Defekte oder fehlende Horizontalsperre ist oft Ursache für Feuchteschäden

Weisen Mauerwerke einen hohen Durchfeuchtungsgrad auf, kann eine mangelhafte oder sogar fehlende Horizontalsperre die Ursache hierfür sein. Um Folgeschäden zu verhindern, muss ins Mauerwerk nachträglich eine horizontale Sperre eingebracht werden. Hierfür haben sich unterschiedliche Verfahren bewährt, die objektbezogen gewählt werden können:

- Horizontalsperren im Injektionsverfahren,
- mechanische Horizontalsperren,
- wasserundurchlässige Mörtel und Betone,
- Abdichtungsbahn gemäß DIN 18533,
- Bitumen-Dachdichtungsbahnen,
- Kunststoff-Dichtungsbahnen,
- faserverstärkte Kunststoffplatten,
- gewellte Edelstahlplatten,
- gegebenenfalls zusätzlich mineralische oder polymere Stoffe.

*Abb. 4: Um eine Abdichtungsmaßnahme mit dem Injektionsverfahren zu planen, ist zwingend zunächst der Bauzustand zu erfassen. Insbesondere sollten mindestens die Wasseraufnahmemechanismen, der Versalzungsgrad, die Art der Versalzung und die Kenndaten der Baustoffe, insbesondere der Durchfeuchtungsgrad, ermittelt werden. Hier wurde für die Laboruntersuchung ein Bohrkern genommen.*



Bildquelle: Franz, Josef Hölzen

### Horizontalsperren im Injektionsverfahren ausführen

Injektionen sind Verfahren, bei denen mit oder ohne Druck Poren eines Baustoffs oder Mauerwerks mit dem Injektionsstoff getränkt werden. Durch eine geeignete Verfahrenstechnik muss dafür gesorgt werden, dass diese „Porenfüllung“ quantitativ erreicht wird. Bei Rissen und Fehlstellen, zum Beispiel in hohlräumigem Mauerwerk, fließt das flüssige Injektionsmittel fast ohne Druck in den Hohlraum und füllt ihn auf. Im Poren- und Kapillarsystem herrschen dagegen andere physikalische Gesetze. Nicht jede Pore ist eine Kapillarpore. Man unterscheidet vielmehr zwischen:

- Mikroporen ( $r < 10^{-7}$  m): Die Porenfüllung ist stark erschwert, aber in der Gasphase möglich.
- Kapillarporen ( $r > 10^{-7}$  und  $< 10^{-4}$  m): Durch die Kapillarität kommt es zur „freiwilligen“ Porenfüllung. Ein druckloses Befüllen ist möglich.
- Luftporen ( $r > 10^{-4}$  m): Die Poren füllen sich nur unter Druck.

Kapillar steigt Mauerfeuchtigkeit also nur in den Kapillarporen auf. Jeder Baustoff hat ein unterschiedliches Porenprofil mit einer unterschiedlichen Verteilung der Porengrößen. Außerdem unterscheidet man zwischen zwei Porenvolumina: dem Gesamtporenvolumen und dem scheinbaren Porenvolumen. Ersteres umfasst das Volumen aller Poren, letzteres beinhaltet nur die Kapillarporen. Das scheinbare Porenvolumen ist also immer kleiner als das Gesamtporenvolumen. In der Praxis bedeutet dies, dass mit Druck immer eine größere Menge Injektionsstoff eingebracht werden kann als ohne Druck.

Dabei muss jedoch beachtet werden, dass in feuchtem Mauerwerk ein Teil der Kapillaren bereits mit Wasser gefüllt ist – je nach kapillarem Durchfeuchtungsgrad. Mit steigendem Durchfeuchtungsgrad wird daher das verfügbare und zugängliche Restporenvolumen immer kleiner. Mit Druck ist es dagegen möglich, das zusätzliche Volumen, zum Beispiel das der Luftporen, zu füllen und die Feuchteverteilung im Mauerwerk oder Baustoff neu zu ordnen. So kann erwiesenermaßen Wasser aus den Kapillaren gedrückt werden und Raum für das Eindringen des Injektionsstoffs geschaffen werden. Mit Druck können also größere Mengen an Injektionsstoff eingebracht werden. Dies hat Konsequenzen für die Wahl der Verfahrenstechnik.

### Verschiedene Produktarten verhindern kapillaren Feuchtetransport

Im WTA-Merkblatt 4-4-10/D [1] sind Injektionsverfahren mit zertifizierten Injektionsstoffen gegen kapillaren Feuchtetransport aufgelistet, die speziell für den Einsatz zur Injektion gegen kapillare Feuchte konfektioniert wurden und sich in der Praxis bewährt haben. Die Erfahrungen aus der Praxis wurden hier eingebracht und besonders berücksichtigt. Das WTA Merkblatt unterscheidet zwischen folgenden Injektionsstoffen:

- Alkalisilicat und Alkalimethylsilicat,
- Epoxidharz,
- Paraffin,
- Polyacrylatgel,
- Polyurethanharz,
- Silan und Siloxan,
- Siliconat,
- Silikonmikroemulsion (auch auf Cremebasis).



Bildquelle: Franz-Josef Hölzen

Abb. 5: Bei Druckinjektionen werden die Injektionsstoffe mit Pumpen oder Druckbehältern über Einfüllstutzen (Injektionspacker) im Niederdruckverfahren in das Mauerwerk eingebracht.



Bildquelle: Desoi

Abb. 6: Die Anordnung der Packersysteme ist zu planen. Bei der Mehrstufeninjektion werden zunächst Hohlräume, Fehlstellen und Klüfte mit einem schrumpffreien Injektionsmörtel über Bohrpacker verfüllt. Über die gleichen Packer wird durch eine Lanze ein Bohrkanal geschaffen, in den anschließend mittels Druckinjektion der Injektionsstoff eingebracht wird.

Diese Injektionsstoffe sind ein- oder mehrkomponentig. Sie reagieren chemisch oder erhärten physikalisch in den kapillartransportfähigen Poren des injizierten Bauteils und reduzieren dadurch den kapillaren Feuchtetransport innerhalb der Injektionszone beziehungsweise durch die Injektionszone hindurch. Die Wirkung beruht dabei auf verschiedenen Prinzipien:

- Kapillarporenverstopfung,
- Kapillarporenverengung,
- Kapillarporenhydrophobierung,
- Kombination aus Kapillarporenverengung oder -verstopfung und Kapillarporenhydrophobierung.

Die Injektionsstoffe können mit unterschiedlichen Verfahrenstechniken eingebracht werden. Welche Technik sich am besten eignet, ist auf Grundlage der objektspezifischen Untersuchung zu entscheiden (Abb. 4).

#### Die WTA prüft und zertifiziert Injektionsstoffe

Die Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V. (WTA) bietet für Hersteller eine Zertifizierung von Injektionsstoffen an. Ziel ist es, Planern und Ausführenden die Möglichkeit zu geben, marktübliche Injektionsstoffe gegen kapillar aufsteigende

Feuchte bezüglich ihrer Eigenschaften, Anwendungsgebiete und -grenzen zu vergleichen und ihnen so eine objektspezifische Injektionsstoffauswahl zu ermöglichen. Um die WTA-Zertifizierung für seine Wirksamkeit zu erhalten, muss ein Injektionsstoff eine Prüfung an einem durch die WTA zugelassenen Prüfinstitut bestehen.

Die Prüfung ermittelt unter anderem, bei welchem Durchfeuchtungsgrad das System eingesetzt werden kann. Angegeben wird auch, ob und unter welchen Bedingungen eine Vortrocknung des Mauerwerks vor oder während der Injektion durchzuführen ist, um den Wassergehalt zu reduzieren. Berücksichtigt werden muss darüber hinaus, ob das Mauerwerk alkalisiert ist, das heißt, sich Natriumhydrogenkarbonat und Natriumkarbonat bei gleichzeitig ansteigendem pH-Wert angereichert haben. Die Art, der Umfang und der Zeitpunkt der Alkalisierung sind bei der Wahl des Verfahrens und der Materialbasis zu berücksichtigen.

#### Drucklos oder mit Druck injizieren

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen drucklosen Injektionen und solchen, die mit Druck eingebracht werden. Drucklose Injektionssperren gegen kapillare Feuchte werden direkt über das Bohrloch eingebracht.

Bei dieser Methode muss der Bohrkanal so oft gefüllt werden, bis eine ausreichende Tränkung des Wandquerschnitts erreicht ist. Das Bevorraten des Injektionsstoffs wird durch Vorratsbehälter am Bohrloch sichergestellt. Der Durchmesser der Bohrlöcher wird von den Herstellern des Injektionsstoffs vorgegeben. Er beträgt ab zwölf Millimetern für cremeförmige Injektionsstoffe und 20 bis 30 Millimetern für wässrige Systeme. Bei Druckinjektionen werden die Injektionsstoffe mit Pumpen oder Druckbehältern über Einfüllstutzen (Injektionspacker) im Niederdruckverfahren von drei bis fünf bar in das Mauerwerk eingebracht (Abb. 5). Der Durchmesser der Bohrlöcher wird auch bei dieser Technik von den Herstellern des Injektionsstoffs vorgegeben. Er beträgt verfahrensabhängig 10 bis 18 Millimeter. Druckinjektionen bieten in der Praxis eine Reihe von Vorteilen. Die wichtigsten sind die kontrollierbare und schnelle Durchtränkung des Mauerwerks, das Einbringen größerer Mengen an Injektionsstoff und die Anwendbarkeit auch bei kapillaren Durchfeuchtungsgraden von mehr als 90 Prozent. Der Druck muss so lange gehalten werden, bis das Mauerwerk sichtbar durchtränkt ist. Eine besondere Anwendung ist die sogenannte Mehrstufeninjektion.

Anzeige

**SCHON MIT  
UNS VERNETZT?**

Folgen Sie uns!

HEUTE die Technik von  
MORGEN kaufen!

WORLD.WIDE.



Bildquelle: Franz-Josef Hölzen



Bildquelle: Franz-Josef Hölzen

Abb. 7/8: Die Wirksamkeit einer Injektionsmaßnahme, um kapillaren Feuchtetransport im Wandquerschnitt zu stoppen, kann mit Bohrkernen überprüft werden.

Sie wird in der Praxis auch als „Nass-in-Nass-Verfahren“ bezeichnet und bekam 1995 vom Deutschen Patentamt ein Bundespatent unter der Nummer DE 4220684C2. Diese Verfahrenstechnik kann bei nahezu allen Mauerwerkstypen angewendet werden und besteht aus insgesamt drei Injektionsstufen, die in Abhängigkeit von den jeweiligen Verhältnissen am Mauerwerk gewählt und ausgeführt werden:

- 1. Stufe: Verfüllen von Hohlräumen mit Bohrlochsuspension,
- 2. Stufe: Injektion des eigentlichen Wirkstoffs der Mauerinjektion,
- 3. Stufe: Unter erschwerten Bedingungen, wie hoher Durchfeuchtungsgrad und hohe relative Luftfeuchtigkeit, wird der Injektionsstoff aktiviert, das heißt, hier wird mit einem alkalischen Produkt nachverpresst, damit sich die Wasserabweisung schneller einstellt.

Bei der Mehrstufeninjektion im Niederdruckverfahren werden zunächst Hohlräume, Fehlstellen und Klüfte mit einem schrumpffreien Injektionsmörtel über Bohrpacker mit circa zwei bis drei bar verfüllt (Abb. 6). Über die gleichen Packer wird durch eine Lanze ein Bohrkanal geschaffen. Der Injektionsstoff wird anschließend mittels Druckinjektion bei drei bis fünf bar zur besseren Verteilung injiziert.

Dadurch kann eine optimale Wirksamkeit im Bereich des injizierten Mauerwerkes erzielt werden.

#### Am Anfang steht das Instandsetzungskonzept

Auf Grundlage der Voruntersuchungen erarbeitet ein Fachplaner das Sanierungskonzept. Darin werden das Verfahren, die zu verwendenden Materialien, der Sperrhorizont sowie die flankierenden Maßnahmen festgelegt. Denn für den Erfolg eines Injektionsverfahrens ist es unbedingt erforderlich, neben einem geeigneten Produkt auch eine geeignete Verfahrenstechnik zu wählen. Zur Gesamtbeurteilung sind zusätzliche Daten über die Salzbelastung und die hygroskopische Wasseraufnahme von großer Wichtigkeit. Erst wenn diese Daten bekannt sind, kann entschieden werden, ob man mit Druck arbeiten muss oder ob eine drucklose Tränkung möglich ist. Außerdem kann darüber entschieden werden, ob eine Vortrocknung sinnvoll oder gar notwendig ist oder ob man bei entsprechender Hohlräumigkeit die Mehrstufentechnik einsetzen muss. Eine hohe relative Luftfeuchtigkeit muss zunächst eventuell erst mit Kondenstrocknern abgesenkt werden, damit der Injektionsstoff sein Wirkprinzip aufbauen kann.

#### Den Erfolg der Maßnahme überprüfen

Die Qualität einer Horizontalsperre durch drucklose Tränkung, Druckinjektion oder Cremetechnologie hängt im Wesentlichen davon ab, ob im Mauerquerschnitt genügend Material fehlerstellenfrei eingebracht wurde. Die Wirksamkeit der Maßnahmen kann anhand von Bohrkernen geprüft werden, die nach der Entnahme mit Wasser benetzt werden (Abb. 7/8). Das Wasser sollte vom Baustoff nicht mehr kapillar aufgenommen werden, sondern abperlen. Auch eine Kontrolle des Durchfeuchtungsgrads oberhalb der Injektionsebene gibt Auskunft, ob und wie erfolgreich die Arbeiten waren. ■

#### Literatur

- [1] WTA-Merkblatt 4-4-10/D:2015-3 Injektionsverfahren mit zertifizierten Injektionsstoffen gegen kapillaren Feuchtetransport

#### Über den Autor

##### Franz-Josef Hölzen

Sachverständigenbüro, von der Handwerkskammer Oldenburg ö. b. u. v. Sachverständiger für das Holz- und Bautenschutzhandwerk, Lönigen