

# **Die nachträgliche Vergelung von Bauwerken – Aufgaben und Pflichten des Planers, des Überwachenden und des ausführenden Betriebes**

**Dipl.-Ing. Eur.-Ing. Katrin Hofmann**

**Asendorf Bauchemie Consult GmbH, Sozius**

**FGV (Fachgemeinschaft für die Vergelung von Bauwerken e.V.), Geschäftsführerin**

Die Auswirkungen von feuchten Bauwerken sind vielfältiger Natur: Die Schädigung der Bausubstanz mit hohen Folgekosten in der Zukunft ist nur ein Aspekt.

Auch hier gilt die Regel: je frühzeitiger etwas geschieht umso wirtschaftlicher ist die Maßnahme durchführbar. Welche Maßnahme ist jedoch die sinnvollste und damit die günstigste?

Zunächst gilt der Grundsatz, dass ohne eine fachgerechte Voruntersuchung und anschließende Planung der Maßnahme keine gezielte und erfolgreiche Instandsetzung erwartet werden kann. Die Instandsetzungsrichtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DafStB) und alle anderen Regelwerke, wie z.B. ZTV-ING oder DIN 18349, schreiben die Planung durch den sachkundigen Planer vor. Insbesondere bei Schäden, die die Bausubstanz gefährden. Dazu zählen zweifellos Durchfeuchtungen.

Der Planer muss die zur Verfügung stehenden Verfahren in Bezug auf Gefährdung, Umweltfreundlichkeit, Betriebsstörung, Wirtschaftlichkeit und viele anderer Aspekte untersuchen, um dann die optimale Lösung zur Ausführung zu bringen.

## **1. Planungsgrundsätze**

### **1.1 Hinzuziehen eines sachkundigen Planers**

Die fachgerechte, qualifizierte Planung einer Vergelungsmaßnahme ist von einem sachkundigen Planer durchzuführen. Er/Sie muss durch die „Fachgemeinschaft für die Vergelung von Bauwerken e.V.“ geprüft und anerkannt sein. Die Vergelungsmaßnahmen sind wie eine Instandsetzung ingenieurmäßig zu planen. Vorerhebungen sind zu veranlassen und durchführen.

Zur Ursachenforschung sind repräsentative Kernbohrungen als Erkundungsbohrungen rechtzeitig zu veranlassen, sowie die Gründe und Ursprünge der Durchfeuchtung festzustellen.

Vor dem Einsatz der Vergelung sind herkömmliche Instandsetzungsmöglichkeiten oder Erneuerung der Abdichtung durch den sachkundigen Planer zu prüfen und einer Vergelung gegenüber zu stellen. Es ist eine technisch-wirtschaftlich fundierte Beurteilung vorzunehmen.

Nachdem alle herkömmlichen Abdichtungsmöglichkeiten (DIN 18195, ZTV ING u.s.w.) als Abdichtungsmethode ausgeschlossen wurden, bleibt als technisch richtige Lösung oft nur die Möglichkeit der Vergelung des bauwerkberührenden Baugrundes.

Bei dieser Maßnahme wird Acrylatgel in den Baugrund oder die bauwerksnahen Schichten im Injektionsverfahren eingebracht, so dass ein sogenannter Dichteschleier entsteht, der auch drückendes Wasser vom Baukörper fern hält.

Nach der Auswertung der Voruntersuchungen sind durch den sachkundigen Planer die Instandsetzungsbereiche vorzugeben. Die allg. und objektbezogene Materialanforderungen, Verfahrensweisen (Haupt- und Vorarbeiten), allgemeine Bauwerksangaben, Durchführungshinweise (Bohrungen, Injektionsarbeiten, angestrebte Abmessungen der Gelabdichtung, Bauablauf, Varianten, Prioritäten, Wasserführung nach Maßnahmen (Entwässerungsplanung), sowie Kosten sind zu beschreiben.

## **1.2 Anzeigen und Genehmigungen einholen**

Die Vergelung ist der unteren Wasserbehörde und dem Amt für Umweltschutz rechtzeitig anzuzeigen. Die Genehmigungen für die Arbeiten sind einzuholen.

### **1.3 Der sachkundige Planer**

Der sachkundige Planer bedarf einer Schulung und Listung bei der FGV. Eine Aktualisierung des Zertifikats erfolgt alle 3 Jahre. Hierzu muss der Planer eine Weiterbildung bei gelisteten Herstellern, eine Teilnahme bei entsprechenden Schulungen am BZB, Krefeld, einer FGV Weiterbildung, Teilnahme an Fachtagungen oder Projektnachweise vorlegen.

#### **1.3.1 Verantwortung des sachkundigen Planers**

Erarbeiten eines ausführbaren, wirtschaftlichen Instandsetzungskonzepts, sowie baubegleitende Kontrollen in Bezug auf das Konzept.

#### **1.3.2 Aufgaben des sachkundigen Planers**

Beauftragung von Sonderfachleuten (Bauphysik, Baugrunderkundung, Bauwerkserkundung, Statik), sofern er diese Aufgaben nicht selber erfüllen kann.

Es sind Untersuchungen am Bauwerk zur Erkundung des Schadensbildes und zur Erarbeiten einer Schadensdokumentation erforderlich. Darin werde Aussagen zum Umfang einer geschädigten Abdichtung, sowie eine fachl. Stellungnahme mit Beurteilung im Hinblick auf ihre Durchführbarkeit, Dauerhaftigkeit, Varianten und Kosten gemacht. Danach erfolgt das Erstellen eines LV's.

#### **1.3.3 Mitwirkung des sachkundigen Planers**

Der sachkundige Planer wirkt mit bei der Angebotsüberprüfung, der fachlichen Baustellenkontrolle in Bezug auf den Einsatz der Gel-Technologie, sowie der Begutachtung der Schadensbeseitigung vor einer VOB Abnahme.

Des Weiteren überprüft der sachkundige Planer die erstellte Dokumentation und den Technischen Abschlussbericht.

Über ihn erfolgt das Abstimmen der Fachleute und Firmen. Er arbeitet mit der Dokumentationsstelle der FGV, sowie mit den Materialherstellern in Fragen der objektbezogenen Anforderungen zusammen.

## **2 Vergelung mit Injektionstechnologie**

Die nachträgliche Abdichtung mittels Vergelung in den Baugrund bietet die Möglichkeit eine flächige Abdichtung hinter das Bauwerk zu bringen. Über Injektionen durch das Bauwerk werden Bodenplatte, Wandbereiche, Decken, Unterzüge, Einfahrten und Treppenhäuser bis hin zu großen Ingenieurbauwerken wie z.B Talsperren, gezielt abgedichtet. Es sind also keine Eingriffe von außen durch Aufgraben oder andere Störungen erforderlich. Im Innenraum kann mit lokalen Sperrungen im Bereich der jeweils zu bearbeiteten Flächen normalerweise der Betrieb aufrecht erhalten werden.

Die besten Ergebnisse werden erzielt, wenn die Technologie der Vergelung mit der herkömmlichen Injektionstechnologie einhergeht. Hierzu wird nach der fundierten sachkundigen Planung eine fachgerechte Ausführung der Arbeiten durch Spezialfirmen erforderlich. Aufwendige Schulungen des Personals und Praxiserfahrungen sind bei der Anwendung dieser komplexen Technologie unerlässlich.

### **2.1 Ausführende Betriebe**

#### **2.1.1 Geräteanforderungen**

Die Ausrüstung muss ausreichend erprobt sein. Eine Einrichtung zur Vermeidung von Mischfehlern muss vorhanden sein. Eine Gerätebeschreibung ist vorzulegen. Es gelten alle Anforderung an die Geräte nach ZTV-ING Teil 3 Abschnitt 5.

**2.1.2 Schulung** Der ausführende Betrieb muss eine produktspezifische Schulung vom Hersteller nachweisen können. Der Kolonnenführer und sein Vertreter müssen den SIVV-Schein besitzen. Einer von Beiden muss ständig auf der Baustelle anwesend sein. Ein Nachweis über Maschinenschulung in Übereinstimmung mit der angebotenen Verpressausrüstung muss vorliegen.

#### **2.1.3 Eigenüberwachung des Auftragnehmers**

1. wichtiges Dokument auf der Baustelle
  2. wichtiges Dokument auf der Baustelle
  3. wichtiges Dokument auf der Baustelle
- .....das Bautagebuch

Das Bautagebuch muss Auskunft geben über: Mensch, Maschine, Material und Chargennummern, Klima, Leistung, Einbauort, Verpressprotokoll (Anhang 2 DB AG Richtlinie 804.6102), Örtliche Anordnungen, Bedenken, Abweichungen vom Schadenskataster, sowie besondere Vorkommnisse.

### **3 Überwacher**

#### **3.1 Fremdüberwachung**

Im Sinne der DB AG Richtlinie 804.6102 ist eine Fremdüberwachung z.B von der Bundesgütegemeinschaft Instandsetzung von Betonbauwerken e.V. vorzunehmen. Hier wurde von den Urvätern der richtlinie eine Analogie und Zusammenarbeit angedacht, die nur kurze Zeit mit der Ausbildung eines ib internen Mitarbeiters durchgeführt wurde.

Derzeit verfügt die ib nicht über ausgebildete Fachplaner. Man arbeitet daran, das Prozeder anzupassen und einen Zusammenschluss zwischen der FGV und der ib zu erzielen. Das Resultat sieht eine Unterstützung der Prüfügenieure der ib durch Fachplaner der FGV als Subunternehmer vor. Derzeit lohnt sich die Ausbildung eigener Fachplaner noch nicht, da das Potenzial der Baumaßnahmen fehlt.

Verlangt werden eine Überwachung der Bautagesberichte, die Kontrolle der verbrauchten Massen anhand der Verpressprotokolle, sowie eine Hochrechnung der Endmassen.

All dies in Anlehnung an die Vorgaben der ZTV-ING Teil 3.

**3.2 Technische Oberbauleitung (Verfahrensweise ABC GmbH)** In der Praxis werden zu Beginn der Ausführung die Qualifikation des AN überprüft. Es finden Abstimmungsgespräche mit BH Vertretern und der ausführender Firma statt. Es folgt eine Objektbegehung mit den Verantwortlichen des AN und festgelegten Arbeitsschritte werden protokolliert.

Es folgt das Festlegen der Eigenüberwachungsmaßnahmen des AN.

Während der Ausführung werden regelmäßige protokollierte Baubegehungen und Baubesprechungen durchgeführt. Daraus erfolgt ein Soll – Ist Vergleich mit Standbericht an den BH. Zum Abschluss der Ausführungen erfolgen die Mitwirkung bei der Abnahme und das Unterstützen beim Erstellen einer technischen Abschlussdokumentation.

Nicht enthaltene Leistungen sind die Bauherrenvertretung i. S. der VOB oder des Bauvertrages, die kaufmännische Abwicklung, Aktivitäten einer Oberbauleitung und die Verhandlungen mit Genehmigungsstellen.

Als Asendorf Bauchemie Consult GmbH, einer Ingenieur-Sozietät mit Hauptsitz in Wiesbaden, verfügen wir über weit mehr als 30 Jahre Erfahrung in der Vergelungstechnologie. Unsere vier ausgebildeten Fachplaner sind deutschlandweit ansässig. Wir bilden in Zusammenarbeit mit der deutschen Bahn AG, dem BZB in Krefeld, sowie der FGV (Fachgemeinschaft für die Vergelung von Bauwerken e.V.) Fachplaner, sowie ausführende Betriebe, aus.

Bitte kontaktieren Sie uns unter [hofmann@abc-gmbh.de](mailto:hofmann@abc-gmbh.de).

#### **4 DB AG Richtlinie 804.6102**

Mit der DB AG Richtlinie (804.6102) zu dem Thema „Vergelungsmaßnahmen – Planung, Durchführung und Qualitätssicherung“, erarbeitet unter Mitwirkung der FGV, steht ein offizielles Regelwerk für die Durchführung solcher Ausführungen zur Verfügung. Darin sind die Materialeigenschaften zusammenfassend wie folgt beschrieben:

*Im ausreagierten Zustand haben Hydrogele einen bestimmten Wassergehalt, der durch die Bodenfeuchtigkeit konstant gehalten wird. Bei fehlendem Feuchteangebot, z.B. in einer Trockenperiode oder bei trockener Luft schrumpfen die Gele. Eine erneute Wasserzufuhr lässt sie wieder aufquellen und verschließt die Wasserwege für nachfolgendes Wasser. Bis zum Abschluss des Quellvorganges, der je nach Feuchteangebot nur wenig Zeit beansprucht, kann allerdings Feuchte in das Bauwerk eindringen und der Eindruck einer unzureichend funktionierenden Abdichtung entstehen. Bei dem üblicherweise ständig im Boden vorhandenem Feuchteangebot kann dieser periodische Schrumpf- und Quellvorgang jedoch vernachlässigt werden. Nachdem die Vergelung die vorhandenen Wasserwege abdichtet, besteht die Möglichkeit, dass sich durch Feuchteumlagerungen neue Wasserwege ausbilden. In diesem Fall sind Nachinjektionen erforderlich, die aber bei der Gel-Technologie, wie auch bei anderen Injektionen üblich, als Nacharbeiten vorgesehen sind und daher keinen Mangel an sich bedeuten.*

*Die Konsistenz ausgehärteter Gele hängt von der Art des eingesetzten Stoffes ab und kann von weich-plastisch über elastisch bis hart-spröde sein. Die für die Gelinjektion im Bereich der DB AG eingesetzten Hydrogele sind Polymergele auf Basis von Polymeren Methacrylaten, die zu einer weich-elastischen Konsistenz aushärten.*

Sie ist gültig seit dem 01.05.2003. Änderungen sind am 27.07.2005 vorgenommen worden und befinden sich derzeit im Druck.

Gültigkeit erreicht die Richtlinie 804.6102 nur im Bereich der Deutschen Bahn AG. Sie findet aber aufgrund der Tatsache, dass es kein anderes Regelwerk gibt, welches dieses Fachgebiet regelt, auch Anwendung außerhalb der DB AG.

Die Änderungen waren in der Hauptsache notwendig, weil es nach Erscheinen der Richtlinie im Jahr 2003 zu einigen Irritationen auf dem Markt kam. Dies rührte in erster Linie aus der Vielzahl von neuen Produkten, die „in Anlehnung“ an die Richtlinie geprüft waren, deren Erfordernisse aber nicht erfüllten.

Die FGV (Fachgemeinschaft für die Vergelung von Bauwerken e.V.) beschäftigt sich seit vielen Jahren mit der Technologie der Vergelung. Sie steht als Partner für die DB AG, Bauherren, Anwender und Planer als neutrale Anlaufstelle zur Verfügung. Einen aktuellen Informationsstand über die Arbeit der FGV erhalten Interessierte im Internet unter [www.vergelung.com](http://www.vergelung.com).

#### 4.1 Änderungen in der DB AG Richtlinie 804.6102

Im allgemeinen Teil der Richtlinie ist in der neuesten Fassung im Unterpunkt „Grundsätzliches“ ausdrücklich beschrieben:

(Neu:)

*Es dürfen nur Injektionsstoffe eingesetzt werden, die frei von organischen Lösemitteln, frei von Acrylamid und von N-Methylolacrylamid sind und von denen keine schädliche Verunreinigungen auf das Grundwasser einwirken.*

Dies wurde bei der Entstehung der Richtlinie nicht in dieser Deutlichkeit ausgedrückt, da davon ausgegangen wurde, dass es jedem der sich mit der Injektion in den Baugrund beschäftigt bewusst sein muss, dass diese Art der Materialien in der Umwelt nichts zu suchen haben.

Unter Berücksichtigung des „Besorgnisgrundsatzes“ gemäß Wasserhaushaltsgesetzes ist eine Verunreinigung des Grundwassers verboten.

Speziell im Bereich der Produktnachweise, wird die vorab genannte Forderung noch ein weiteres Mal hervorgehoben.

(Neu:)

*Nachweis der organischen Lösemittelfreiheit, Acrylamid- und N-Methylolacrylamidfreiheit  
Grundwasserhygienische Bewertung gemäß DIBT-Merkblatt „Bewertung der Auswirkung von Bauprodukten auf Boden und Grundwasser, Fassung Nov. 2000“*

Im Anhang 3, welcher sich insbesondere mit den Prüfvorschriften für Materialhersteller befasst, wurden folgende Prüfvorschriften explizit neu aufgeführt:

(Neu:)

Nachweis der Lösemittel- und Acrylamidfreiheit

*Der Nachweis des Nichtvorhandenseins von organischen Lösemitteln, Acrylamid und/oder N-Methylolacrylamid ist für alle flüssigen Einzelkomponenten mit Hilfe der GC-MS Analyse ( Gaschromatographie mit nachgeschalteter Massenspektrometrie) vorzunehmen. Die Spektren werden bei der Prüfstelle hinterlegt und sind nicht Bestandteil des Prüfzeugnisses.*

(Neu:)

Grundwasserhygienische Bewertung

*Die grundwasserhygienische Bewertung muss entsprechend den Vorgaben des DIBT Merkblattes, Abschnitt 3.2 durchgeführt werden. An den z.B. im Säulenversuch mit umgekehrter Fließrichtung gewonnen Eluaten sind die entsprechenden allgemeinen, stofflichen und, sofern erforderlich, biologischen Parameter zu ermitteln und den Anforderungen des Merkblattes gegenüber zu stellen. Sofern die Anforderungen des Merkblattes erfüllt werden, kann der Injektionsstoff als ökologisch unbedenklich für die Vergelung entsprechend dieser Richtlinie betrachtet werden.*

#### 4.1.1 Schleierinjektion mit PUR-“Gel“?

Verarbeiter freuen sich gern und schnell mit einem Produkt an, dass einfach zu verarbeiten ist.

In dem Fall der PUR-„Gele“ handelt es sich um ein 1Komponenten-Produkt, welches mit Wasser vermischt wird, um es anschließend zu injizieren. Aber diese 1K Produkte haben auch Ihre Nachteile:

Argumente contra PUR-“Gele“:

Sie beinhalten nicht kennzeichnungspflichtige Lösemittel (20-30%). Diese sind flüchtig. Was bleibt übrig?

Sie beinhalten Weichmacher (12-24%). Wie reagieren z.B. Rohrdurchführungen darauf?

Die vorhandenen Prüfzeugnisse sind alle nur „in Anlehnung an die DB Richtlinie“ und NICHT „nach/gemäß DB AG Richtlinie“ ausgestellt.

Die DB AG Richtlinie 804.6102 sieht eindeutig Gel auf PMMA (Polymethylmetacrylat) Basis vor und dieses Material ist mehrkomponentig!

PUR-“Gele“ für den Baugrund können nur in stark verdünnter Form eingesetzt werden. Wer kontrolliert die Mischungen?

PUR in gering verdünnter Form bilden einen Schaum. Dieser ist offenporig!

In den Prüfzeugnissen finden sich viele weitere Argumente, gegen den Einsatz im Baugrund. Auf diese wird hier im Einzelnen nicht eingegangen. Nur soviel: Die Prüfungsergebnisse liegen außerhalb den Vorgaben der Richtlinie.

Prüfung	Grenzwert gmäß DB AG Richtlinie 804.6102	PUR-“Gel“
Aufnahme von IR-Spektren	-	
Dynamische Viskosität	<10 m Pas	ca. 900 m Pas
Durchbiegung bezogen auf die Stützweite	> 3 %	
Masseänderung bei Wassereinlagerung	< 15 % < 5 %	
Volumenänderung bei Wassereinlagerung	< 15 % < 5 %	
Verformbarkeit nach Wassereinlagerung	< 1,5 %	
Verformbarkeit nach dynamischer Beanspruchung	> 2,5 %	
Permeabilität	$K < 10^{-9}$ m/s	
Beständigkeit nach DIN 4030	Keine sichtbaren Veränderungen	
Nachweis der Lösemittel- u. Acrylamidfreiheit	Frei von organischen Lösemitteln u./o. Acrylamid	nicht erfüllt/bekannt
Grundwasserhygienische Bewertung	Ökologisch unbedenklich	nicht erfüllt/bekannt

Auszug Tabelle: Art, Umfang und Grenzwerte der Eignungsprüfungen, DB Richtlinie 804.6102

#### **4.1.2 Injektionsstoffe auf Polyurethanbasis**

a) Polyurethan-„Gele“ stellen eine Sonderform der Polyurethanschäume dar.

Der Unterschied ist, dass das PUR-Prepolymer mit hydrophilen (wasserliebenden) Seitengruppen modifiziert ist. In wassergefüllte Bereiche injiziert kommt es neben einer Schaumreaktion zu einer Reaktion mit dem vorhandenen Wasser. Aus diesem Grund kann man im weitesten Sinne von einem Gel sprechen.

b) Die Einstellung der Reaktionszeit und der Endeigenschaften erfolgt über die Zugabe von Wasser

Die Wassermenge sollte nicht „zu groß“ sein, um eine Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften des „Gel“-Körpers zu verhindern. Das Reaktionsergebnis ist nicht einheitlich, da man im allgemeinen keine Information über den reaktiv wirksamen Wassergehalt im Injektionsbereich hat.

c) PUR-„Gel“ ist kein Gel, sondern ein Schaum!

Dieser bindet über hydrophile Seitenketten Wasser ein. Die entstehenden Schaumblasen verändern während des Injektionsvorganges die Viskosität. Ein definiertes Eindringen und Verteilen in den Baugrund ist nicht planbar.

Diese Produktvariante eines irritierender Weise benannten „Geles“ gefährdet die jahrelange Arbeit der Injektionstechnologie in den Baugrund. Die FGV (Fachgemeinschaft für die Vergelung von Bauwerken e.V.) distanziert sich aus Jahrzehnte langer Erfahrung ausdrücklich vom Einsatz dieser „PUR-Gele“ für eine Schleierinjektion in den Baugrund.

## **5 FGV (Fachgemeinschaft für die Vergelung von Bauwerken e.V.)**

Die Fachgemeinschaft für die Vergelung von Bauwerken e.V.(FGV) beschäftigt sich seit Jahren mit der nachträglichen Abdichtung von Bauwerken mittels Acrylatgel.

Sie ist ein neutraler, unabhängiger Zusammenschluss von Fachfirmen und Materialherstellern, die sich mit dem ingenieurmäßigen Abdichten von Bauwerken beschäftigen und koordiniert u.a. auch die Ausbildung von Fachplanern und Verarbeitern in Zusammenarbeit mit der Deutschen Bahn AG. Ihren Ursprung hatte sie im Bereich der Bahn. Die hier speziell auf dem Sektor der nachträglichen Abdichtung durch Vergelung gewonnenen Erfahrungen finden sich in der verabschiedeten DB Richtlinie 804.6102 und werden sinngemäß auf andere Bauwerke übertragen.

Die Erfahrungen der Unternehmen werden durch laufenden Dialog, Weiterbildung und Baumaßnahmen ständig weiter entwickelt. Die Erfolge werden schon seit vielen Jahren auf andere Bauwerke außerhalb des Bereiches der Bahn übertragen. So werden und wurden z. B. Maßnahmen an Wasserbauwerken, Straßenbauten, Tief- und Hochbauten ausgeführt.

Die FGV steht jedem Interessenten an dieser Technologie mit Antworten auf Fragen und mit Empfehlungen zur Verfügung. Unter [www.vergelung.com](http://www.vergelung.com) finden sich u.A. Termine zu Schulungen und Tagungen. Hier wird anhand von Projekten und praktischen Vorführungen dem interessierten Publikum die Technologie präsentiert.

Es ist an der Zeit , diese an sich gar nicht mehr so neuen Technologie, die bisher vor allem im Tunnel- und Brückenbau eingesetzt wurde, für die Beseitigung von Feuchteschäden bei jeder Art von Bauwerk zu nutzen.

Nutzen Sie die umfangreichen Erfahrungen, die sich in der ABC GmbH angesammelt haben!

Dipl.-Ing. Eur.-Ing. Katrin Hofmann  
ABC GmbH, Asendorf Bauchemie Consult GmbH, Sozius  
FGV Fachgemeinschaft für die Vergelung von Bauwerken e.V., Geschäftsführerin  
Neue Plauensche Str. 92, 08527 Plauen  
Tel: 03741/279885, Fax: 03741/279886,  
e-mail: [hofmann@abc-gmbh.de](mailto:hofmann@abc-gmbh.de), <http://www.abc-gmbh.de>

Quellenangaben:

Zitate aus der DB AG Richtlinie 804.6102