

Feldversuch zur Untersuchung der mineralischen bzw. Harz-Injektion mit jeweils 3 verschiedenen Herstellern

Von M. Meiwes¹ und D. Förster²

1. Einleitung

Bisher wurde der Instandhaltung von Kanalisationen nicht die erforderliche Notwendigkeit zugeordnet und das obwohl die überalterten Anlagen zur Ableitung von Abwasser bundesweit ein altbekanntes Problem sind, wie auch hier in Leipzig.

Das Leitungsnetz, welches um 1900 herum erbaut wurde, umfasst eine Größe von über 2000 km Länge. Bis zum Jahr 1990 führte die Stadt Leipzig nur die notwendigsten Reparaturen durch. Nun bemühen sich die Kommunalen Wasserwerke Leipzig GmbH das Kanalnetz der Stadt ökonomisch sinnvoll zu reparieren. Das heißt, dass sie sich vorwiegend um eine dauerhafte Sanierung der Abschnitte der begehbaren Kanäle kümmern. Im Extremfall können die Schäden zum Einsturz des Kanals und damit verbundenen Straßeneinbrüchen führen, dadurch entstehen der Stadt weitere unnötige Aufbereitungskosten, die verhindert werden können. Allerdings existieren noch viele Unsicherheiten in Hinsicht auf die Schadensbeurteilung und die Auswahl des optimalen Sanierungsverfahrens. Hinzu kommt die große Vielfalt an Injektionsmitteln auf dem Gebiet der Injektionsverfahren, deren Einsatz sich nach den unterschiedlichen Boden- und Wasserverhältnissen richtet. Die **tubus GmbH** wollte ein wenig Licht in diesen Bereich bringen und führte im Rahmen des Auftrags der Kommunalen Wasserwerke Leipzig eine Untersuchung zum Einsatz der unterschiedlichen Injektionsmittel durch.

2. Zum Untersuchungsobjekt

Man wählte den Abschnitt eines Hauptsammlers mit einer Länge von 192 m aus, der sich in mitten des Landschaftsschutzgebietes „Leipziger Auenwald“, nahe der Elster befindet. Es handelt sich hierbei um einen begehbaren Kanal mit der Abmessung 2,28 m / 2,52 m (Eiprofil). Der Hauptsammler, bestehend aus einem doppelwandigen Klinkerprofil, wies vor

¹ Marion Meiwes, FH O/O/W, Studium „Wirtschaftsingenieurwesen Bauwirtschaft“, 5. FS, Oldenburg

² Dipl.-Ing. Dirk Förster, tubus GmbH Rohrrenovation, Leipzig

der Sanierung Schäden im Bereich des Mauerwerks - starke Fugenauswaschungen – und der Sohle – Grundwasserinfiltration – auf.

3. Ablauf der Sanierung

Im Anschluss an die Reinigung des Kanals erfolgte eine Aufteilung in 6 Teilabschnitte mit einer Länge von je ca. 32 m. Anschließend wählte man 6 bekannte Anbieter von Injektionsmitteln aus, denen je 64 m² in der Sohle zur Abdichtung zur Verfügung gestellt wurden. Die Injektionsmittel von **Anbieter A, B und C** basieren auf **Harzen**, die der **Anbieter D, E und F** auf **mineralischen Stoffe**. Nach Begutachtung der gereinigten Kanalabschnitte des außer Betrieb genommenen Kanals wurden diese aufgefordert, ihre Produkte und maschinentechnische Ausrüstung für die Anwendung frei auszuwählen. Während der Ausführung der Arbeiten sollten von jedem die relevanten Daten der Menge, der Verarbeitungsdauer und der Kosten zu Protokoll gebracht werden. Die Firma **tubus GmbH** stellte den jeweiligen Herstellern die benötigten Arbeitskräfte und –mittel zur freien Verfügung. Lediglich ein Anbieter bestand darauf seine eigenen Angestellten mitzubringen.

4. Maschinenausrüstung

Anbieter A entschied sich bei der Einbringung seines Injektionsmittels für eine pneumatisch angetriebene Kolbenpumpe mit einem maximalen Förderdruck von 200 bar und einem maximalen Fördervolumen von 0,3 – 5 l/min. In ihren Abmessungen ist diese Pumpe recht handlich (630 x 200 x 320 mm), so dass sie während der Arbeiten vor Ort im Kanal eingesetzt werden kann. Die Schlauchleitungen sind für zwei Komponenten ausgelegt und können nach Baustellenbedingungen in der Länge variiert werden. Die beiden Harzkomponenten werden im T-Stück zusammengeführt und gehen dann über das Mischrohr gemeinsam zum Beschickungssystem. Die Bohrpacker mit einem Durchmesser von 14 mm werden in einem Raster von 50 cm gesetzt.

Die **Anbieter B und C** verwendeten eine luftbetriebene Einkomponenten - Hochdruck – Injektionspumpe. Die Pumpe erreicht einen maximalen Arbeitsdruck von 390 bar und eine maximale Förderleistung von 2 l/min. Der Betrieb der Pumpe erfordert ca. 200 l/min Druckluft. Aufgrund ihrer Handlichkeit kann die Injektionspumpe auch in schwer zugänglichen Bauwerksbereichen direkt am Injektionsort eingesetzt werden. Die

Verspannung der Stahlpacker erfolgt in Bohrkanälen mit 14 mm Durchmesser in einem Raster von 20 bzw. 25 cm. Das Harz wird zunächst separat gemischt und anschließend in den Injektionsbehälter umgetopft.

Anbieter B injizierte zusätzlich noch ein Acrylatgel und benutzte dafür eine Zwei-Komponenten-Pumpe. Aufgrund der kurzen Reaktionszeit des Gels erfolgte die Vermischung der reaktiven Harzkomponente erst im Mischtopf der Injektionspumpe. Die Pumpen erzeugen einen Injektionsdruck bis ca. 200 bar bei einem Luftbedarf von ca. 500 l/min. Die Bohrpacker werden in Bohrkanälen mit einem Durchmesser von 18 mm eingeschlagen.

Zur Einbringung der Mörtelinjektionen verwendeten die **Anbieter D, E und F** eine Mörtelpumpe vom Typ S 30. Diese Art von Schneckenpumpe ist so klein und handlich, dass sie ebenfalls für die Arbeiten in den Kanal gestellt werden kann. Sie fördert sämtliche maschinengängige flüssige bis dickflüssige Materialien mit einer Körnung von bis zu 4 mm. Der Antrieb erfolgt mittels 400V/50Hz Drehstrom-Regelgetriebemotor. Das Injektionsmittel wird zunächst manuell gemischt und anschließend in den Mörtelbehälter, der bis zu 40 l Injektionsmaterial fassen kann, gekippt. Die Bohrpacker verspannt man in Bohrkanälen mit einem Durchmesser von 18 mm und in einem Raster von 50 bis 100 cm.

5. Injektionsmittel

Anbieter A verwendete zur Sanierung des Kanals ein Zweikomponenten Polyurethanharz (Komponente a1 + a2). Die beiden Komponenten reagieren zusammen sehr schnell zu einer abdichtenden Masse. Unter Zugabe von Wasser härtet das Harz aufgeschäumt aus, während die Aushärtung ohne Wasser ungeschäumt erfolgt. Dadurch entsteht ein festes Reaktionsprodukt, das eine dauerhafte Abdichtung gewährleistet.

Anbieter B setzte während der Kanalsanierung zwei unterschiedliche Produkte ein:

Produkt b1) ist ebenfalls ein Polyurethanharz, welches man hinter das Mauerwerk injizierte. Zum Stoppen des Wasserzuflusses ist zunächst ein Zwei-Komponenten Injektionsschaum vorzuinjizieren. Durch Wasserzugabe reagiert das Polyurethanharz sekundenschnell zu einem Schaum und füllt so vorhandene Hohlräume gut aus. Der Materialverbrauch der nachfolgenden Injektion lässt sich dadurch erheblich begrenzen. Anschließend folgt eine abdichtende, kraftschlüssige Injektion des Polyurethanharzes ohne Wasserzugabe.

Bei *Produkt b2*) handelt es sich um ein Acrylatgel, das in diesem Fall in das Mauerwerk injiziert wurde. Es ist ein äußerst dünnflüssiges Gel und kann dadurch feinste Fließwege des Wassers erschließen und abdichten. Allerdings ist für die dauerhafte Funktion des Acrylatgels ein stetiger Wasserkontakt erforderlich.

Anbieter C entschied sich ebenfalls für eine Polyurethanharzinjektion. Die Basiskomponente, das schnell aufschäumende Injektionsharz, stoppt zunächst durch die Ausbildung eines stabilen Schaumgerüsts den Wasserandrang temporär. Eine dauerhafte Abdichtung wird durch die anschließende Injektion der Härtekomponente angestrebt.

Anbieter D machte Gebrauch von einem zementgebundenen, wasserundurchlässigen Injektionsmörtel. Seine Eigenschaften werden vom Hersteller wie folgt beschrieben: rein mineralisch, ein-komponentig, schrumpf- und schwindfrei, wasserundurchlässig nach DIN 1045, ausreichend lange verarbeitbar, über lange Strecken pumpbar, abwasserbeständig.

Anbieter E benutzte einen zementgebundenen, durch organische und anorganische Zusätze vergüteten Ein-Komponenten Injektionsmörtel mit folgenden Eigenschaften: hoch thixotrop, schrumpffrei, bis zu 3 Stunden verarbeitbar, hohe Klebekraft, kolloidales Verhalten, wasserundurchlässig gem. DIN 1045, über lange Strecken pumpbar. Das Produkt dichtet Schächte und begehbare Abwasserbauwerke sicher und dauerhaft ab, auch bei stark fließendem Grundwasser wird das Produkt nicht weggeschwemmt.

Anbieter F verwendete einen erosionsfesten Injektionsleim, der sich besonders für die Unterwasserinjektion eignet. Ein weiterer Vorteil ist die recht lange Verarbeitungszeit von bis zu 3 Stunden bei einer Außentemperatur von 20° C.

6. Ergebnis

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte lediglich augenscheinlich. Der endgültige Erfolg stellte sich erst ca. 3 Wochen später nach Austrocknung und Durchlüftung ein. Vorweg lässt sich sagen, dass alle mineralischen Mittel erfolgreich waren und Probleme lediglich bei den Harzen auftraten.

Anbieter A verpresste sein Harz mit einem Packerabstand von 0,5 m. An den verpressten Stellen war der Kanal sichtbar dicht. Das Wasser trat deutlich über die Verpresslinie hervor. Das Produkt an sich war also erfolgreich.

Im Gegensatz dazu injizierte **Anbieter B** mit einem bedeutend engeren Packerabstand von nur 0,2 m ins und hinter das Mauerwerk. Der Erfolg stellte sich allerdings nur in einigen Teilbereichen ein. Eine ständige Restfeuchte blieb vorhanden, in unseren Augen erzielte er ein ungenügendes Ergebnis.

Das Produkt des **Anbieters C** konnte nur zum Teil eingebracht werden. Das schnellaufschäumende Harz wurde erfolgreich injiziert, jedoch konnte man nach mehrmaligem Versuch die abdichtende Komponente nicht mehr zuführen, so dass sich lediglich eine vorübergehende Dichte erzielen ließ. Der gewählte Packerabstand war ebenfalls sehr eng mit 0,25 m.

Anbieter D injizierte einen mineralischen Dichtungsschlamm. Bereits kurz nach der Einleitung war keine Infiltration mehr festzustellen. Der mineralische Verpressmörtel hatte sich bei einem Packerabstand von 0,5 m gut außerhalb des Kanals verteilt.

Ebenso dichteten die Produkte der **Anbieter E** und **F** den Kanal trotz des sehr groß gewählten Abstands der Injektionspacker von je 1 m, sehr gut ab. Keines der mineralischen Produkte ließ nach einer Austrocknungszeit von drei Wochen noch eine Restfeuchte erkennen.

7. Auswertung

Zur Veranschaulichung sind die relevanten Daten der Menge des verbrauchten Injektionsmaterials und der Packer inklusive der Kosten in einer Tabelle zusammengestellt.

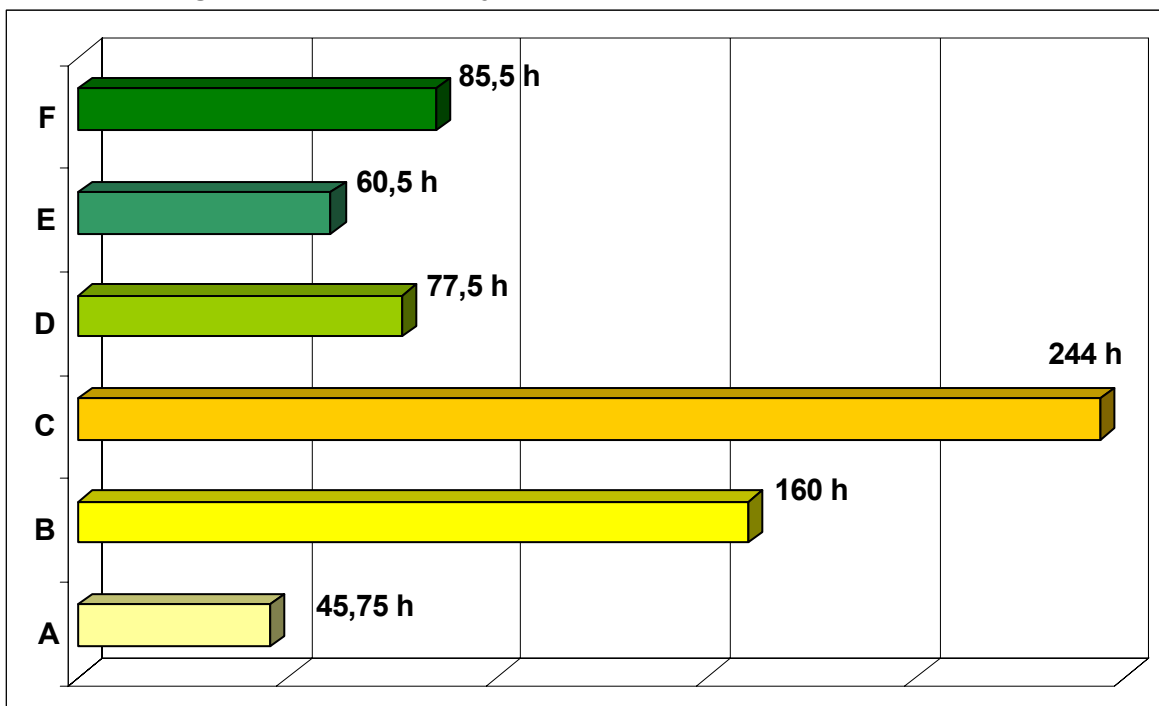
Die hohen Materialkosten der Harzinjektion heben sich deutlich hervor. Sie ergeben sich aus dem kostenintensiven Injektionsmittel und den recht teuren benötigten Stahlpackern, die in einem kleineren Raster als bei der mineralischen Injektion gesetzt werden. Hinzu kommt noch ein erheblicher Mehraufwand an Zeit aufgrund der komplizierteren Handhabung der Harze.

Anbieter B sticht am deutlichsten hervor mit den Kosten für seine Injektion, wobei zu erwähnen ist, dass dies das am wenigsten erfolgreiche Produkt von allen war.

Tabelle 1: Kosten für Injektionsmaterial und Packer

Injekt	Menge	EP ³	GP ⁴	Σ^5	Packer	EP	GP	Σ																																																													
A: a1	580 l	7,52 €	4.361,60 €	9.593,20 €	325	0,92 €	299,00 €	9.892,20 €																																																													
a2	580 l	9,02 €	5.231,60 €						B: b1	1200 kg	8,59 €	10.308,00 €	10.907,20 €	1771	0,92 €	1.629,32 €	21.086,52 €	b2	40 l	14,98 €	599,20 €	b3	1080 l	5,10 €	5.508,00 €	8.550,00 €					b4	360 l	8,45 €	3.042,00 €	C: c1	560 l	9,10 €	5.096,00 €	5.096,00 €	1161	0,92 €	1.068,12 €	6.164,12 €	c2	0 l	9,10 €	- €	D: d	1925 kg	2,14 €	4.119,50 €	4.119,50 €	325	0,50 €	162,50 €	4.282,00 €	E: e	1320 kg	0,80 €	1.056,00 €	1.056,00 €	99	0,50 €	49,50 €	1.105,50 €	F: f	2375 kg	0,77 €	1.828,75 €
B: b1	1200 kg	8,59 €	10.308,00 €	10.907,20 €	1771	0,92 €	1.629,32 €	21.086,52 €																																																													
b2	40 l	14,98 €	599,20 €						b3	1080 l	5,10 €	5.508,00 €	8.550,00 €					b4	360 l	8,45 €	3.042,00 €	C: c1	560 l	9,10 €	5.096,00 €	5.096,00 €	1161	0,92 €	1.068,12 €	6.164,12 €	c2	0 l	9,10 €	- €	D: d	1925 kg	2,14 €	4.119,50 €	4.119,50 €	325	0,50 €	162,50 €	4.282,00 €	E: e	1320 kg	0,80 €	1.056,00 €	1.056,00 €	99	0,50 €	49,50 €	1.105,50 €	F: f	2375 kg	0,77 €	1.828,75 €	1.828,75 €	99	0,50 €	49,50 €	1.878,25 €								
b3	1080 l	5,10 €	5.508,00 €	8.550,00 €																																																																	
b4	360 l	8,45 €	3.042,00 €						C: c1	560 l	9,10 €	5.096,00 €	5.096,00 €	1161	0,92 €	1.068,12 €	6.164,12 €	c2	0 l	9,10 €	- €	D: d	1925 kg	2,14 €	4.119,50 €	4.119,50 €	325	0,50 €	162,50 €	4.282,00 €	E: e	1320 kg	0,80 €	1.056,00 €	1.056,00 €	99	0,50 €	49,50 €	1.105,50 €	F: f	2375 kg	0,77 €	1.828,75 €	1.828,75 €	99	0,50 €	49,50 €	1.878,25 €																					
C: c1	560 l	9,10 €	5.096,00 €	5.096,00 €	1161	0,92 €	1.068,12 €	6.164,12 €																																																													
c2	0 l	9,10 €	- €						D: d	1925 kg	2,14 €	4.119,50 €	4.119,50 €	325	0,50 €	162,50 €	4.282,00 €	E: e	1320 kg	0,80 €	1.056,00 €	1.056,00 €	99	0,50 €	49,50 €	1.105,50 €	F: f	2375 kg	0,77 €	1.828,75 €	1.828,75 €	99	0,50 €	49,50 €	1.878,25 €																																		
D: d	1925 kg	2,14 €	4.119,50 €	4.119,50 €	325	0,50 €	162,50 €	4.282,00 €																																																													
E: e	1320 kg	0,80 €	1.056,00 €	1.056,00 €	99	0,50 €	49,50 €	1.105,50 €																																																													
F: f	2375 kg	0,77 €	1.828,75 €	1.828,75 €	99	0,50 €	49,50 €	1.878,25 €																																																													

Abb. 1: benötigte Arbeitszeit pro Injektion



³ EP: Preis pro Einheit - l / kg / Stück -

⁴ GP: Gesamtpreis für Injektionsmaterial / Packer

⁵ Σ : Summe für insgesamt eingebrachtes Injektionsmaterial / benötigte Packer je Anbieter

Die eingebrachte Menge soll keine Beurteilungsgrundlage darstellen, denn der Boden hinter dem Kanal ist stets ein unbekannter Faktor und trotz einiger Bodenproben kann kein sicherer Rückschluss auf die Größe von Hohlräumen oder Grundwasserarten usw. gezogen werden. Allerdings ist es schon erstaunlich, wie groß die von Anbieter B eingebrachte Menge an Injektionsgut ist und trotzdem keine Dichtheit erzielt werden konnte.

Setzt man die Gesamtkosten ins Verhältnis zum Erfolg, ist deutlich zu erkennen, dass sich die Harzinjektionen nicht rentiert haben. Lediglich Anbieter A injizierte sein Zweikomponenten Polyurethanharz erfolgreich. Die kostengünstigste Variante erbrachte Anbieter E mit der Injektion eines zementgebundenen Einkomponentenmörtels. Ein weiterer Vorteil der Injektionsmörtel ist die relativ schnelle und einfache Verarbeitung dieses Produktes.

Abb. 2: Gesamtkosten der verschiedenen Injektionsarten je Anbieter

