

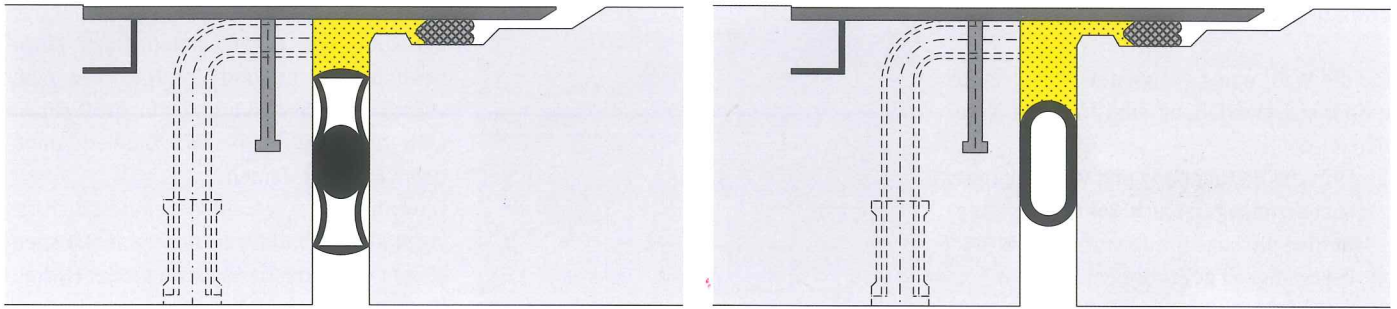


Abbildung 1: Schnitt durch ein Vortriebsrohr mit Ringspaltverfüllung (links mit Hydraulischer Fuge, rechts mit EDAR)

Ringraumverfüllung mit Zementsuspension bei Stahlbeton-Vortriebsrohren

Die Jackcontrol AG hat ein Verfahren entwickelt und verfeinert, mit dem der Ringraum zwischen den Rohrspiegeln, dem Stahlführungsring und dem Druckübertragungsmittel verfüllt und damit gleichzeitig der Stahlführungsring vor Korrosion geschützt wird.

Von Dr. Stefan Trümpi-Althaus, Dipl.-Bauing.
ETH; Markus Wenk, Dipl. El. Ing. FH

Die Dichtigkeit der Rohrverbindungen bei Vortriebsrohren muss über die gesamte Nutzungsdauer der Rohrleitung erhalten bleiben. Dabei spielen primär die Bemessung und der korrekte Einbau des Stahlführungsringes bzw. der Stahlmanschette und der Keilgleitdichtung eine wichtige Rolle.

Ebenso gewinnt der vollumfängliche innere Fugenverschluss vermehrt an Bedeutung. Insbesondere bei flüssigkeitsführenden Rohrleitungen kann ohne Fugenverschluss Flüssigkeit vom Rohr-Innenraum her bis zu den Stahlführungsringen vordringen und dadurch deren Korrosion beschleunigen. Weiter wird ein Fugenverschluss oftmals als sekundäre Dichtung angesehen, welche bei Versagen der primären Dichtung ein Eindringen von Grundwasser ins Rohrrinnere verhindern oder zumindest minimieren kann.

Es ist allen Arten von Fugenverschlüssen (Fugenband, Ausmörtelung des Fugenspalt, Einschlagprofil etc.) gemeinsam, dass der Ringraum zwischen den Rohrspiegeln, dem Stahlführungsring und dem Druckübertragungsmittel als Hohlraum bestehen bleibt. Auch bei intakter primärer Dichtung und ein-

gebrachtem Fugenverschluss kann und wird zumindest Feuchtigkeit früher oder später zur Korrosion des Stahlführungsringes führen, dies in verstärkter Masse, wenn die betroffene Rohrleitung im Abwasserbereich eingesetzt wird.

Im vorliegenden Bericht wird ein von der Jackcontrol AG entwickeltes und verfeinertes Verfahren vorgestellt, mit welchem der besagte Ringraum verfüllt und damit gleichzeitig der Stahlführungsring nachhaltig vor Korrosion geschützt wird.

Voraussetzungen für die Ringraumverfüllung

Die Verfüllung des Ringraums kann nur gelingen, wenn als innere Abschaltung ein geschlossener Ring verwendet wird, der idealerweise während des Vortriebs

als Druckübertragungsring (DÜR) eingesetzt wird. Diese Funktion kann von der Hydraulischen Fuge wahrgenommen werden. Die Hydraulische Fuge kann – nahe an der Rohr-Innenkante angeordnet und im Zusammenwirken mit der Ringraumverfüllung – als innerer Fugenverschluss betrachtet werden, siehe auch Abbildung 1. Die Hydraulische Fuge zeichnet sich auch dadurch aus, dass bei unterschiedlich breiten Fugenspalt bei Kurvenfahrten keine Fugenklaffungen auftreten. Bei geraden Linienführungen bzw. großen Kurvenradien kann auch der EDAR die Funktion des DÜR sowie des inneren Fugenverschlusses übernehmen.

Weiter braucht es für die Ringraumverfüllung an jedem Rohr einen Füll- und einen Entlüftungsstutzen. Der Entlüftungsstutzen wird naheliegenderweise bei 12.00 Uhr bzw. am Rohrscheitel positioniert, die Füllstutzen seitlich im Kämpfer, je nach Richtung der Krümmung der Kurve, bei ca. 3.00- resp. 9.00-Uhr-Position.



Hochwertige Bohrspülungsprodukte Spülungsservice

Spezialbentonite für HDD Microtunnelling
Spezialtiefbau

Telefon: 0172/6 90 12 25
E-Mail: m.wiedermann@gelteq.de

www.gelteq.de

Wahl des Verfüllmaterials

Für die Wahl eines geeigneten Materials für die Ringraumverfüllung sind folgende Kriterien relevant:

- 1) Einfache Handhabung und Verarbeitung
- 2) Kostengünstig (je nach Rohrdurchmesser werden pro Fuge bis über 20 Liter verfüllt)
- 3) Beständigkeit gegenüber Abwässern
- 4) Passivierende bzw. korrosionshemmende Wirkung auf den Stahlführungsring
- 5) Adhäsive Eigenschaft gegenüber den Betonrohroberflächen
- 6) Eindringvermögen in Kleinhohlräume und Kanülen auf der Betonoberfläche
- 7) Dauerhafte Elastizität

Diese Kriterien werden von dem Medium Zementsuspension, auch Zementmilch bzw. Zementleim genannt, in idealer Weise erfüllt. Zu der dauerhaften Elastizität der spröde brechenden und durch Schwindeigenschaften charakterisierten Zementsuspension kann folgendes festgehalten werden: Eine Rissbildung innerhalb bzw. zwischen der abgehärteten Zementsuspension und den Rohr-Stirnflächen infolge von Schwinden der Zementsuspension oder von möglichen Bewegungen des Rohrstranges im Boden kann auch bei Verwendung einer schwindminimierten Rezeptur für die Zementsuspension nicht vollständig verhindert werden, auch wenn die Ringraumverfüllung nach Abschluss der Vortriebsarbeiten und nach erfolgter erdseitiger Ringspaltverfüllung ausgeführt wird. Dies ist jedoch für die Dichtwirkung nicht relevant, denn die Dichtwirkung erfolgt durch die in die kleinvolumigen Poren und Kanülen zwischen Rohrbeton und Druckübertragungsring eindringende Zementsuspension. Diese ist infolge der Kleinvolumigkeit nicht von Schwindrissen betroffen. Weiter wird deren Dichtwirkung durch allfällige äußere Bewegungen des Rohrstranges nach der äußeren Ringraumverfüllung nicht beeinträchtigt, da die Außenfläche der Hydraulischen Fuge bzw. des EDAR diese Bewegungen ausgleichen kann; die Dauerelastizität wird quasi von der elastischen Außenhaut des Druckübertragungsrings gewährleistet. Auch wird die Aufrechterhaltung eines basischen Milieus bzw. hohen pH-Werts nicht durch einzelne Schwindrisse beeinträchtigt.

Bei der Rezeptur der Zementsuspension wird auf folgendes geachtet:

- Verwendung eines feinkörnigen Zements, speziell geeignet für Injektionen und



Abbildung 2: Ausschnitt eines Stücks ausgehärteter Zementsuspension, welche eine Hydraulische Fuge umschloss

- schwindminimierte Aushärtung;
- Wahl eines W/Z-Verhältnisses, bei welchem praktisch die ganze Wassermenge in der Abbindereaktion vom Zement aufgenommen wird und somit kein Überschusswasser entsteht bzw. keine Schwindung in der Zementsuspension auftritt.
- Beigabe von chemischen Zusätzen für ein verlangsamtes Abbinden und verbesserte Viskosität während der Verarbeitung.

Beschreibung und Funktionsweise der Ringraumverfüllung

Die fertig gemischte Zementsuspension wird durch den Einfüllstutzen in den Ringraum injiziert, fließt vorerst in diesem in Richtung untere Rohrhälfte und füllt den Ringraum allmählich von unten beidseitig bis zum Scheitel, wobei die aus dem Ringspalt verdrängte Luft durch den Entlüftungsstutzen entweichen kann. Ist der Ringraum vollständig verfüllt, fließt überschüssige Zementsuspension aus dem Entlüftungsstutzen heraus. Dies ist das Indiz dafür, dass der Ringraum vollständig verfüllt ist.

Bei einem teilweise oder auch vollständig mit Flüssigkeit bzw. Wasser gefüllten Ringraum wird während der Verfüllung die Flüssigkeit von der Zementsuspension im Ringraum nach oben verdrängt und aus dem Entlüftungsstutzen im Scheitel gepresst. In diesem Fall ist die Verfüllung solange fortzuführen, bis aus dem Entlüftungsstutzen nur noch reine Zementsuspension austritt. Die Entfernung von unerwünschtem Wasser aus einer Fuge ist mit der beschriebenen Ringraumverfüllung demzufolge eine einfache Sache bzw. ein positiver Nebeneffekt des Verfahrens.

Die Verfüllgeschwindigkeit wird so niedrig gewählt und eingestellt, dass die Zementsuspension während des Verfüllens in jeden Hohlraum fließen kann und somit eine vollständige Verfüllung des Ringraums erreicht wird. Dies wurde im Rahmen einer werkstatt-

seitigen Versuchsserie unter Verwendung einer Rohr- und Fugentesteinrichtung eingehend untersucht, und der Nachweis einer vollständigen Verfüllung aller für die Dichtwirkung relevanten Poren und Kanülen konnte damit erbracht werden.

Die Abbildung 2 verdeutlicht eindrücklich das vollständige Eindringen der Zementsuspension in die Poren der Außenhaut der Hydraulischen Fuge.

Ausführung der Ringraumverfüllung mittels neuem Compact Tunnel Rover (CT Rover)

Die Evaluation einer effizienten Methode sowie praktischem Werkzeug/Hilfsmittel für die Ringraumverfüllung mündete in der Entwicklung eines speziell dafür zugeschnittenen Tunnelfahrzeugs, dem Compact Tunnel Rover (CT Rover).

Die wichtigsten Anforderungen an den CT Rover wurden wie folgt gestellt:

- Einsatzbereich Rohrdurchmesser: DN1200 mm bis DN3500 mm
- Zweimannbesatzung
- autonomer (Akku-) Betrieb während mind. 5 Stunden und fahrzeugeigener Beleuchtung
- hoher Sicherheitsstandard (div. Endschalter-Freigaben benötigt für Fahrbewegung, Selbst-Rettung der Besatzung durch mitgeführte fahrbare Bahre)
- einfache und effiziente Handhabung
- bequemer Arbeitsplatz auch in engen Platzverhältnissen bei DN 1200 mm
- einfach zerleg- und verfrachtbar in Europaletten

Zusammengefasst besteht der CT Rover aus zwei über eine Deichsel verbundenen Teilfahrzeugen, wobei das eine vorwiegend die Batterien umfasst und als Arbeitsfläche/-tisch dient, während mit dem anderen die Zementsuspension sowie die Injektionspumpe mitgeführt werden. Beide Teilfahrzeuge können sich auch unabhängig voneinander im Tunnel bewegen und sind mit bequemen Sitzen bzw. Arbeitsflächen für die Bedienmannschaft ausgestattet.

Die Ringraumverfüllung in der Praxis

Die Firma Jackcontrol AG hat die Ringraumverfüllung in den vergangenen Jahren schon bei rund einem Dutzend Vortrieben eingesetzt, wenn auch größtenteils noch ohne den CT Ro-



Abbildung 3: multifunktionelles, autarkes Tunnelfahrzeug «CT Rover» mit zwei Teilfahrzeugen



Abbildung 4: Einbringen des Schalungsstreifens in den Aussparungsbereich

ver. Im vergangenen Herbst wurde erstmals bei einem Vortrieb der neu entwickelte CT Rover zum Einsatz gebracht.

Eckdaten des Vortriebs:

- Verwendung: Meteorwasserleitung
- Ort: Seewen (Schwyz), Schweiz
- Haltungslänge: 160 m
- Rohrdurchmesser: DN 1200
- Rohrlänge: 3 m
- Kleinster Kurvenradius: 212 m (vertikal und horizontal kombiniert)
- Maximale Steigung: 13%

Vorbereitungsarbeiten

Bei diesem Projekt kam eine Hydraulische Fuge mit einem Umlauf zum Einsatz. Daher war jeweils im Bereich, wo die beiden Endarmaturen der Fuge zusammenlaufen (Aussparung), vorgängig zur Verfüllung ein Schalungskörper einzubringen. Mit diesem ist sichergestellt, dass der zu verfüllende Ringraum um den gesamten Umlauf des Rohrs abgeschlossen ist und vollständig verfüllt wird. Ebenfalls zu den Vorbereitungsarbeiten gehörte das Einschrauben der Füll- und Entlüftungsstutzen; diese Arbeit konnte unter Verwendung des CT Rovers sicher und bequem ausgeführt werden.

Ringraumverfüllung

Nach Abschluss der Vorbereitungsarbeiten konnte mit der eigentlichen Verfüllung gestartet werden. Nach dem Anmischen außerhalb des Stollens wurde die fertige Zementsuspension beim Tunneleingang in die Wanne des CT Rovers gefüllt und anschließend damit von Fuge zu Fuge gefahren, um die Ringraumverfüllungen auszuführen. Die Zementsuspension wurde währenddessen in Bewegung gehalten, um Absetzungen in der Wanne zu vermeiden. Ein frühzeitiges Abbinden der Zementsuspension wurde durch Verwendung eines geeigneten Zusatzmittels verhindert.

Das L-Team Modulare Recycling System

Ihr Ass im Ärmel!



• Recycling- und Bentonitmischanlage in einem LKW!

L-Team
Baumaschinen

- Bohrspülungsrecycling, Schlammmentwässerung, Sandwaschwasseraufbereitung
- HDD • Microtunneling • Geothermie • Baugrundinjektionen
- für mineralischen Einsatz optimierte Dekanterzentrifuge

Fon +49 (0) 6041 96 36 9 - 0 • www.l-team-baumaschinen.de • www.facebook.com/modulares.recycling.system



Abschlussarbeiten

Nach der Aushärtung der Zementsuspension mussten sämtliche Füll- und Entlüftungsstutzen sowie Schalungskörper wieder entfernt und die Verschlussstopfen eingeschraubt werden. Dies erfolgte wiederum sicher und schnell mit dem CT Rover.

Zusammenfassung

Die Hydraulische Fuge bietet nebst den bekannten Vorteilen bei Kurvenvortrieben in Kombination mit einer Ringraumverfüllung auch einen effizienten Korrosionsschutz des Stahlführungsringes sowie einen inneren Fugenverschluss. Zu diesem Zweck werden die Vortriebsrohre werkseitig mit einem Füll- sowie einem Entlüftungsstutzen im Rohrscheitel ausgerüstet. Unter Verwendung des durch die Jackcontrol AG neu entwickelten Multifunktionsfahrzeugs für Tunnel mit kleinen Nennweiten, dem Compact Tunnel Rover (CT Rover), wird nach Abschluss des Vortriebs und erfolgter äußerer Ringspaltverpressung die (innere) Ringraumverfüllung durchgeführt. Dabei wird durch den Füllstutzen eine für diesen Zweck eigens konditionierte Zementsuspension in den Ringraum zwischen Druckübertragungsring und Stahlmanschette eingepresst, wobei die aus dem Ringraum verdrängte Luft oder auch darin befindliche Flüssigkeit durch den Entlüftungsstutzen entweichen kann. Die eingepresste Zementsuspension dringt dabei in die vorhandenen Kleinhohlräume und Kanülen zwischen Gummihaut der Hydraulischen Fuge und Beton-Stirnflächen ein und dichtet diese ab. Gleichzeitig schützt der hohe pH-Wert der Zementsuspension die Stahlmanschette vor Korrosion durch Passivierung. Eine identische Ringraumverfüllung kann auch unter Verwendung des EDAR durchgeführt werden. Mit Hilfe des CT Rovers können die Ringraumverfüllungen auch in den beengten Platzverhältnissen eines DN 1200 mm-Rohres effizient und sicher ausgeführt werden.



Abbildung 5: CT Rover mit Zementwanne/Mischer und Injektionspumpe vor dem Tunneleingang



Abbildung 6: Ringraumverfüllung mit dem CT Rover

B_I umweltbau

B_I MEDIEN

Kostenfrei

**Aktuelles aus dem
Untergrund direkt per Mail**

www.bi-medien.de/newsletter