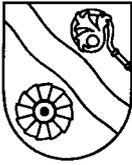


*Erstellt im Auftrag des*

*bearbeitet von*



**Landratsamt Waldshut**  
Eigenbetrieb Abfallwirtschaft

Waldtorstr. 1  
79761 Waldshut-Tiengen



Größenwiesenweg 28  
73660 Urbach

## **Deponie „Lachengraben“**

# **Pilotprojekt zur Sanierung einer Sickerwasserleitung mittels modifiziertem Relining-Verfahren**

Förderung durch das Umweltministerium Baden-Württemberg  
aus dem kommunalen Investitionsfonds

AZ 24-223-5/27

## **Abschlussbericht**

Urbach, im Juli 2009

## **0 INHALTSVERZEICHNIS**

<b>0 INHALTSVERZEICHNIS</b>	<b>2</b>
<b>1 VERANLASSUNG</b>	<b>3</b>
<b>2 GRUNDLAGEN</b>	<b>4</b>
<b>3 AUSGANGSSITUATION IN HALTUNG S3</b>	<b>5</b>
<b>4 GRUNDLAGEN ZUR SANIERUNG DER HALTUNG S3</b>	<b>5</b>
<b>4.1 GRUNDASPEKTE UND RANDBEDINGUNGEN</b>	<b>5</b>
<b>4.2 FESTLEGUNG DER GRUNDSÄTZLICHEN VERFAHRENSTECHNIK</b>	<b>6</b>
<b>5 SANIERUNG DER HALTUNG S3 MITTELS STÜTZROHR</b>	<b>7</b>
<b>6 KOSTEN UND RESUMEE</b>	<b>10</b>

## 1 VERANLASSUNG

Die Haltungen S2 bis S12 des Sickerwassersystems der Deponie „Lachgraben“ weisen in Teilbereichen erhebliche Verformungen von bis zu 50 % des Rohrquerschnittes auf.

Aus diesem Grund wurde zwischen den Jahren 2002 und 2006 in einem Pilotprojekt zunächst versucht, die einzelnen Leitungsabschnitte mit verschiedenen technischen Konstruktionen zurück zu verformen und zu stabilisieren.

Im Laufe der Versuche hat sich gezeigt, dass alle verformten und wieder zurück gedrückten Rohrabschnitte aufbrechen. Dieses Bruchverhalten, in Form von Längsrissen, wird seit einigen Jahren auch bei bereits in Deponien verlegten PE-Sickerwasserrohren festgestellt.

Aus vorgenanntem Grund wurde daher in der Weiterführung des Pilotprojektes ein modifiziertes Relining-Verfahren entwickelt, das mit den derzeit technischen Möglichkeiten eine langfristige Sicherung der verformten Leitungsabschnitte ermöglicht. Um die Effizienz sowie die Tragweite des Verfahrens ermitteln zu können wurde für die erste Sanierungsstufe eine vom Schadensbild her repräsentative Leitung ausgewählt.

Nach erfolgreicher Umsetzung der Arbeiten sollen im Anschluss an das Pilotprojekt in einer Gesamtkonzeption die übrigen Leitungen des Entwässerungssystems saniert werden.

Der nachfolgende Bericht zeigt in zusammenfassender Weise die Erfahrungen aus dem geförderten Pilotprojekt auf.

## 2 GRUNDLAGEN

Der nachfolgende Bericht wurde anhand folgender Grundlagen und Vorgehensweisen erstellt:

1. Konzeption zur Sanierung der verformten Bereiche in den Haltungen S2 bis S12. ICP Urbach, Juli 2006
2. Bericht zum Zustand der Haltungen S2 bis S12 vom Juli 2006.
3. Ergebnisbericht zur Durchführung des Pilotprojektes „Rückverformung und Stabilisierung von verformten PE-Leitungen“ Mai 2006.
4. Reinigung und TV-Inspektion der Leitungen S2 bis S12 durch die Fa. Schultheiß vom Januar 2006.
5. Reinigung und TV-Inspektion der Leitungen des Sickerwassersystems durch die Fa. Schultheiß vom Dezember 2004.
6. Reinigung der Leitungen des Sickerwassersystems durch Hochdruckspülung durch die Fa. Kanal Kirn GmbH vom 26.03.2002 bis 29.03.2002.
7. Optische Inspektion mittels Kamerabefahrung durch die Firma Fa. Kanal Kirn GmbH vom 26.03.2002 bis 29.03.2002.

### 3 AUSGANGSSITUATION IN HALTUNG S3

Für die Pilotphase wurde die Haltung S3 des Entwässerungssystems ausgewählt.

Der Grad der Verformungen hat in dieser Haltung seit der ersten Befahrung 2001 nachweislich leicht zugenommen, so dass eine vollständige statische Überlastung der Leitung langfristig prognostiziert werden konnte.



## 4 GRUNDLAGEN ZUR SANIERUNG DER HALTUNG S3

### 4.1 Grundaspekte und Randbedingungen

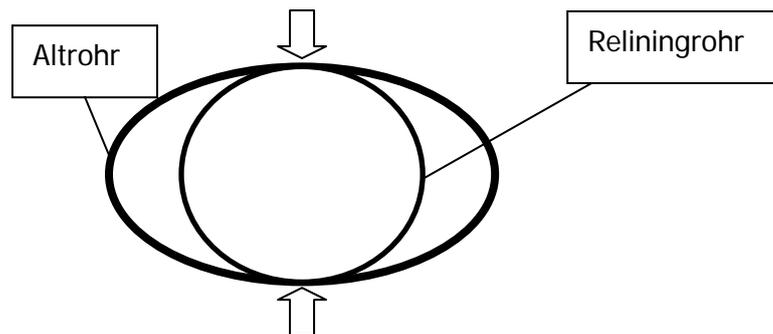
- Grundsätzlich waren die Arbeiten so auszuführen, dass keine offenen Baugruben bzw. Schachtbauwerke im Müllkörper notwendig sind.
- Verformungen von bis zu 50 % des Leitungsquerschnittes müssen gesichert werden.
- Die verformten Bereiche befanden sich jeweils im „unteren“ Abschnitt des Leitungsverlaufs vor dem Eintritt in den Basisstollen.
- Die Sanierungsbereiche müssen den statischen Beanspruchungen durch eine bis zu 30 m mächtige Müllschüttung standhalten.
- Nach der Sanierung muss eine langfristige Entwässerung im Bereich der Haltungen S2 bis S12 nachweisbar sein.
- Die betroffenen Haltungen S2 bis S10 sind über Anfangstutzen an der Deponierandstraße bzw. über Endstutzen im Stollensystem zugänglich. Die Haltungen S11 und S12 verfügen über Kopfschächte.
- Der Verlauf aller Leitungen ist relativ geradlinig, vor den Stolleneinmündungen bestehen leicht Abwinkelungen nach unten.
- Der unverformte Innendurchmesser der Haltung beträgt 229 mm.

## 4.2 Festlegung der grundsätzlichen Verfahrenstechnik

Nach Abwägung aller Randbedingungen, der technischen Zwänge, sowie den Aspekten der langfristigen Sicherung der Entwässerungsfunktion einzelner Haltungen wurde folgende grundsätzliche Verfahrenstechnik vorgeschlagen.

### Sicherung der verformten Teilabschnitte durch ein modifiziertes Relining-Verfahren

Herkömmlicherweise würde das Relining-Verfahren mit PE Rohren durchgeführt. Da das eingezogene Rohr keine Rohrbettung aufweist, wäre es im vorliegenden Fall zu einer so genannten Linienlagerung gekommen. Sollte sich, wie prognostizierbar, das Altrohr weiter verformen, so würde das eingebaute Rohr im Scheitel und in der Sohle eine linienförmige Druckbelastung bekommen (siehe nachfolgende Skizze). Dieser Druckbelastung würde ein PE-Rohr im Prinzip nur mit einer sehr großen Wandstärke standhalten. Dies hätte zur Folge gehabt, dass der Innendurchmesser des Rohres zu gering wird und eine ordnungsgemäße Reinigung und Inspektion der Haltung nicht mehr möglich gewesen wäre.



**Linienlagerung eines Reliningrohres**

Das Reliningrohr wurde deshalb aus einem Material gefertigt, welches der Linienlagerung bei relativ geringer Wandstärke standhält. Im Zuge erster Recherchen wurde daraufhin eine Vorstatik erstellt. Diese Vorstatik gab bei einer Müllschüttung von 30 m und der ungünstigen Linienlagerung eine Wandstärke von ca. 12,5 mm aus. Diese Wandstärke war auch noch bei geringen Außendurchmessern des Reliningrohres vertretbar und lässt eine fachgerechte Reinigung und Inspektion weiterhin zu. Ein weiterer Vorteil des Stützrohres war die Möglichkeit der „Maßfertigung“. Hier konnte der Außendurchmesser des Neurohres exakt an den noch vorhandenen Innendurchmesser des Altrohres angepasst werden.

Das Einziehen eines gelenkigen Rohres mit verhältnismäßig großen Einzelsegmenten von 1 m wurde durch den relativ geradlinigen Verlauf einzelner Haltungen begünstigt.

Vor dem Einbau des Materials wurde ein **exakter statischer Nachweis** geführt sowie eine **Beständigkeit des Rohrmaterials gegen das anstehende Sickerwasser** nachgewiesen.

## **5 SANIERUNG DER HALTUNG S3 MITTELS STÜTZROHR**

Zum Einbringen der oben beschriebenen Stützrohre wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

### **1. Einsatz eines hydrodynamischen Fräsroboters**

Der Einsatz des Fräsroboters diene zunächst vor allem zur Beseitigung von einragenden Hindernissen, Begradigung von Muffenversätzen und „Entfernung von Schweißwulsten“. Durch die Arbeiten musste gewährleistet werden, dass beim Einziehen des Stützrohres keine „Überstände“ im Rohr vorhanden sind, die den Reibungswiderstand zwischen Alt- und Neurohr erhöhen. Der Roboter wird über einen Monitor überwacht und von einem Kommandopult aus gesteuert.

Der Einsatz eines Fräsanierungsroboters kann ohne Zugeinrichtung bis zu einer Länge von ca. 100 m erfolgen, mit Zugeinrichtung wesentlich länger.

Eine neue Generation von hydrodynamischen Fräsrobotern erlaubt mittlerweile Fräsarbeiten bis zu einer Einfahrlänge von ca. 300 m.

Der Roboter wurde an den Anfangstutzen der Haltung eingesetzt und arbeitete sich in Fließrichtung vor.

### **2. Kalibrierung der zu sanierenden Abschnitte**

Bevor die Außenabmessungen des Neurohres festgelegt wurde, musste der zu sanierende Leitungsabschnitt sorgfältig kalibriert werden. Hierbei musste der kleinste zur Verfügung stehende Innendurchmesser des Altrohres ermittelt werden. Die Kalibrierung erfolgte mit speziell gefertigten Molchen. Die Außendurchmesser der Molche waren entsprechend abgestuft, um sukzessive den größtmöglich einzuziehenden Querschnitt ermitteln zu können. Erst nach Feststellung des Innendurchmessers konnte die Fertigung des Stützrohres freigegeben werden.

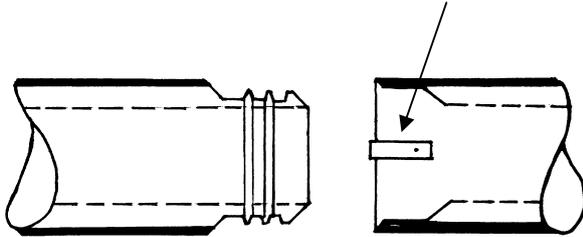
### **3. Herstellung einer Zugeinrichtung und Postierung einer Seilwinde**

Zum Einziehen des Stützrohres wurde ein Zugseil benötigt. Um die notwendigen Kräfte zum Einziehen aufbringen zu können, musste am Haltungsende im Stollen eine Seilwinde installiert werden.

### **4. Einzug des Reliningrohres**

Das Stützrohr wurde am Kopfende (Anfangstutzen) über die Deponierandstraße in einzelnen Segmenten mit Hilfe der Seilwinde und des Zugseils kontinuierlich in die zu sanierende Haltung eingezogen. Die Wandung des Neurohres (Wandstärke 15 mm) wurde mit einer ausreichenden Anzahl an Drainagelöchern (Durchmesser 15 mm) versehen, um die Entwässerungswirkung des sanierten Bereichs nachhaltig zu gewährleisten. Die Größe der Drainagelöcher gewährleistet im Weiteren, dass der Ringraum zwischen Alt- und Neurohr mittels Hochdruckreinigungsverfahren freigespült werden kann.

Die Rohrsegmente bestehen aus einer speziellen Metalllegierung, mit einer extremen Sickerwasserbeständigkeit und haben im Normalmaß eine Länge von 1 m. Damit wird gewährleistet, dass im komplett gefertigten Rohrstrang eine gewisse Bogengängigkeit vorhanden ist. Die einzelnen Segmente werden über eine Rasterverbindung längskraftschlüssig verbunden. Diese Rastereinrichtung gewährleistet gleichzeitig eine Gelenkwirkung im Verbindungsbereich. Die nachfolgende Skizze zeigt die Ausbildung der Rasterenden. Das eigentliche längskraftschlüssige Einrasten wird durch einzelne Metallfedern sicher gestellt. Durch die konische Ausbildung von



Gegen- und Passtück wird trotz der eingerasteten Federn gewährleistet, dass sich die Stoßfugen in einem gewissen Maße gelenkig verhalten. Eine Winkelabweichung zwischen 2 Rohrstücken á 1m Länge von bis zu 10° ist realisierbar, so dass auch Leitungsverläufe mit langgezogenen Bögen durchfahren bzw. saniert werden können. Müssten

engere Bögen durchfahren werden, so besteht die Möglichkeit die Rohrstücke auch kürzer zu gestalten, um die Winkelabweichung auf mehr Fugen zu verteilen.

Ein weiterer Vorteil der konischen Ausbildung in den Passtücken liegt darin, dass auch bei einer „Verwinkelung“ der Einzelelemente kein großer Muffenspalt entsteht, der bei der Durchfahrt mit einer Kanalkamera hinderlich sein könnte.

Der gesamte Einziehvorgang eines jeden Einzelelementes wurde mit einer Kanalinspektionskamera überwacht, um ein einwandfreies längskraftschlüssiges Einrasten zu gewährleisten.



Der Vorteil der verwendeten „Kurzrohre“ liegt außerdem darin, dass diese auch über enge Endschächte eingezogen werden können. Die Wahl der Segmentlänge kann dem Schachttinnendurchmesser angepasst werden.

Für die Durchführung der oben genannten Verfahrenstechnik sind folgende Randbedingungen erforderlich:

- Der noch vorhandene Minstdurchmesser des zu sanierenden Rohres sollte 130 mm nicht unterschreiten, da der Innendurchmesser des Neurohres in der Folge mit ca. 100 mm Hochdruckreinigungen und das Befahren mit einer Kanalkamera nur noch bedingt zulässt.
- Die zu sanierende Leitung muss von 2 Seiten zugänglich sein. Schächte oder dergleichen an den Rohrenden müssen im Prinzip nicht entfernt werden, da die Einzellänge der Rohrsegmente angepasst werden können. Einzelfallprüfungen sind erforderlich.
- An einem Rohrende, ideal wäre am Tiefpunkt der Leitung, muss eine Zugwinde installiert werden können.
- Vor dem eigentlichen Einzug muss geprüft werden in welchem Ausmaß Vorarbeiten wie z.B. Fräsarbeiten mittels Kanalroboter erforderlich sind. Muffenversätze und einragende Rohrteile sind in jedem Fall zu entfernen.
- Das Verfahren kann auch bei biegesteifen Rohren wie Steinzeug angewandt werden.
- Nach derzeitigen Erfahrungen sind unter optimalen Voraussetzungen Einbaulängen von bis zu 500 m möglich. Darüber hinaus gehende Längen werden durch die maximalen Einfahrtiefen von Kanalroboter und Kanalkamera begrenzt.

#### Hinweis:

Die Entwicklung der Rohrsegmente, die Konstruktion der Rastereinheit, die Wahl des Rohrmaterials sowie die Durchführung der Maßnahme erfolgte durch die Fa. KTF Kanal-Technik-Friess, Kirchplatz 18, 89177 Börslingen. Die Fa. KTF steht auch für Detailfragen zur Verfügung.

## **5. Einbau von Übergangsstücken**

Am Anfang und Ende der Sanierungsstrecke wurde ein konisches Übergangsstück zwischen Neu- und Altrohr eingebaut, um einen kantenfreien Übergang in das Neurohr zu erhalten. Damit wurde gewährleistet, dass der Hochdruckreinigungsschlauch sowie die Kanalkamera ohne Havariegefahr in den sanierten Abschnitt einfahren kann. Des Weiteren wurde damit sicher gestellt, dass sich der gesamte Neurohrstrang in Längsrichtung nicht mehr bewegen kann.



## 6 KOSTEN UND RESUMEE

Die Kosten für den ca. 60 m langen Sanierungsabschnitt betragen etwa 100.000 €. Der spezifische Preis kann demnach mit ca. 1.700 €/m veranschlagt werden.

Die Sanierung eines verformten Deponiesickerwasserrohres aus PE mittels linienlagerungs-tauglichem Stützrohr wurde in der aufgezeigten Verfahrensweise erstmals ausgeführt. Sowohl die technische Realisierung des Stützrohres als auch der Bauablauf verliefen gut und erfüllten alle Erwartungen. Das geförderte Pilotprojekt wurde somit erfolgreich abgeschlossen.



Die durchgeführte Verfahrenstechnik kann bei der Sanierung von Deponieentwässerungssystemen, insbesondere bei verformten und havariegefährdeten Leitungen aus PE, unter Betrachtung der spezifischen Randbedingungen das Mittel der Wahl sein. Der avisierte Einsatz von Stützrohren muss jedoch am speziellen Projekt zunächst einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bzw. einer technischen Analyse unterzogen werden.

In allen ähnlich gelagerten Schadensfällen sollte zukünftig die Alternative „Stützrohr“ somit in die Überlegungen einbezogen werden, dies kann zu erheblichen Kosteneinsparungen gegenüber konventioneller Sanierungsmethoden führen.

Urbach, 17.07.2009

**ICP** Ingenieurgesellschaft  
Prof. Czurda und Partner mbH

i. V. Dipl.-Ing. (FH) W. Edenberger