

Erstellt im Auftrag des

bearbeitet von



Schwarzwald-Baar-Kreis

Am Hoptbühl 2
78048 Villingen-Schwenningen



Größenwiesenweg 28
73660 Urbach

Deponie Tuningen

Sanierung des Südgrabenableiters

Haltung GS1A

Pilotprojekt: Einsatz eines gesteuerten Pressbohrverfahrens

Abschlussbericht

Förderung durch das Umweltministerium des Landes Baden-Württemberg
aus Mitteln des kommunalen Investitionsfonds

Urbach, im April 2010

1. Projektbeteiligte, Grunddaten

Auftraggeber: Landratsamt Schwarzwald – Baar Kreis
Amt für Abfallwirtschaft
Am Hoptbühl 2
D-78048 Villingen-Schwenningen
Tel. 07721/913 - 0

Kontaktperson: Herr von Nell: Tel. 07721/913 - 7332
Fax 07721/913 - 7633

Planung und BÜ: Ingenieurgesellschaft
Prof. Czurda und Partner mbH
Büro Urbach
Größenwieseweg 28
D-73660 Urbach
Tel. 07181/99520 3
Fax 07181/99520 4

Kontaktperson: Herr Edenberger

Ausführende Firma: bds
Boden- und Deponiesanierungs GmbH
Unter Hauptstr. 9
85386 Eching
Tel. 089/962421-0
Fax 089/962421-40

Kontaktperson: Herr Löwe

Subunternehmer bds: Max Streicher GmbH & Co. KG aA
Schwaigerbreite 17
94469 Deggendorf
Tel.: 0991/330-0

Kontaktperson: Herr Pauckner

2. Veranlassung

Das Sickerwasser der Deponie Tunningen mit den beiden früheren Tiefpunkten im Nord- und im Südgraben wird über zwei getrennte Leitungssysteme gefasst und abgeleitet. Ca. 70 % der Deponiefläche werden über die Sammelleitung im Nordgraben und ca. 30 % über die Sammelleitung im Südgraben entwässert. Die Sammelleitung im Südgraben ist somit von elementarer Bedeutung für eine langfristig funktionierende Entwässerung des Deponiekörpers. Die gelochte Steinzeugleitung hat eine Gesamtlänge von ca. 270 m und einen Innendurchmesser von 150 mm (DN 150). Die Rohrwand ist halbgeleckt und weist zahlreiche Schäden in Form von Riss- und Scherbenbildungen, im Extremfall auch Einstürzen auf.

Bei der derzeit laufenden Sanierung der Sickerwassersammelleitung Südgraben (Haltung GS1A) wurden bis zum Beginn des Pilotprojektes 3 Baugruben (B1 bis B3) mit Durchmessern von 6 m und 4 m in Spritzbetonbauweise auf die Deponiesohle abgeteuft. Die Baugruben haben Tiefen zwischen 21 m und 25 m.

Mit diesen Baugruben konnte die zentrale Sickerwasserleitung des sogenannten „Südgrabens“ (Steinzeug DN 150) zunächst an neuralgischen Punkten (Bögen, Einstürze) geöffnet werden. In einem zweiten Schritt wurde dann ein Teilabschnitt von insgesamt 150 m mittels dynamischem Berstverfahren saniert und eine neue Leitung aus PE 100; $d_a = 280$ mm SDR 7,4 (Wandstärke $280/7,4 = 37,8$ mm) vollgeleckt eingezogen (B3 bis Bohrung DN 3000, siehe Bild 1).

Nach der erfolgreichen Durchführung dieser Arbeiten wurden anschließend in einem 120 m langen seither nicht mit einer TV-Kamera befahrbaren Teilabschnitt zwischen den Baugruben B1 und B3 weitere Erkundungsmaßnahmen durchgeführt. Hierbei wurde festgestellt, dass die Leitung in 60 m Entfernung von Baugrube 3 sowie in 7 m Entfernung von Baugrube 1 eingestürzt ist (Bild 2 und 3) und somit eine direkte Verbindung zwischen diesen beiden Baugruben nicht hergestellt werden kann. Der unbekannte Bereich zwischen diesen Einstürzen konnten demzufolge nicht gereinigt und mittels Kanalkamera befahren werden.

Herkömmlicherweise hätten an diesen beiden Zwangspunkten erneut Baugruben abgeteuft werden müssen, die jedoch in einem Fall mehr als 40 m tief gewesen wären. Die Ausgangssituation wird in nachfolgender Skizze (Bild 1) nochmals dargestellt.

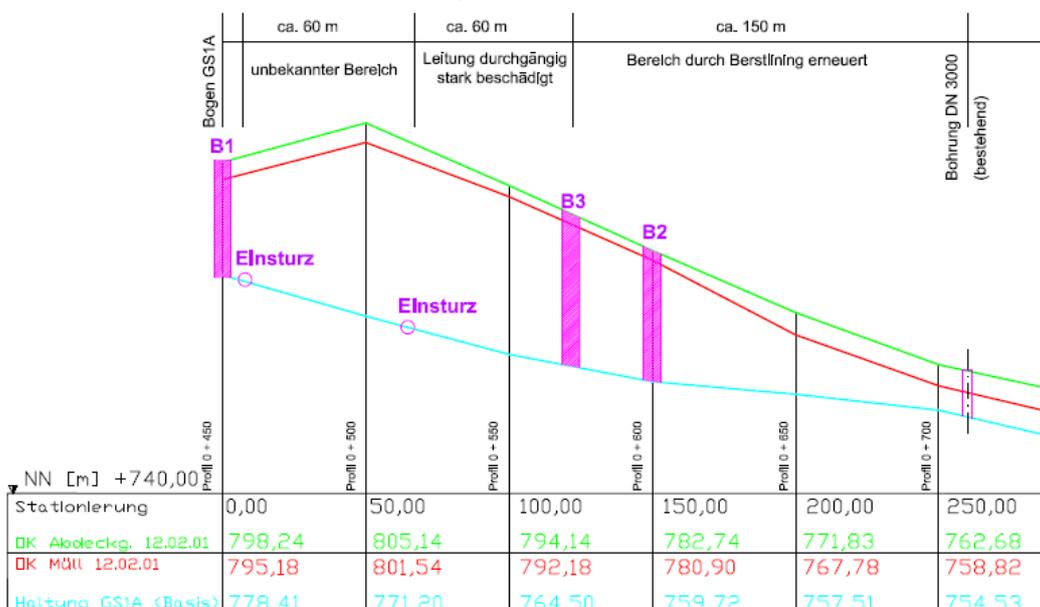


Bild 1: Situation der Sanierung des Südgrabenableiters der Deponie Tunningen vor dem Pilotprojekt

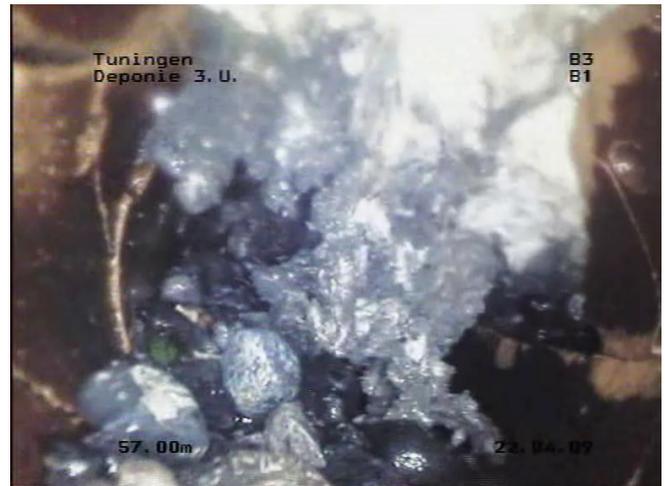


Bild 2 und 3: Einsturz der Sickerwasserleitung ca. 60 m von Baugrube B3

Um die Leitung in der seither üblichen Verfahrenstechnik sanieren zu können hätte man, wie bereits erwähnt, zwei weitere Baugruben abteufen oder zumindest eine Seilverbindung zwischen den bestehenden Baugruben hergestellt werden muss. Letzteres war nicht möglich, da weitere Sondierung mit einem dünnen Röhrenaal über den Einsturz hinaus ergaben, dass nach weiteren ca. 5 m erneuter Widerstand, vermutlich ein weiterer Einsturz vorhanden war.

Die hierfür erforderlichen finanziellen Aufwendungen waren aufgrund der sich darstellenden Ausführungsrisiken nicht abschätzbar.

Aus vorgenanntem Grund beauftragte der Schwarzwald-Baar-Kreis die Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH, Büro Urbach mit der Erstellung einer alternativen Sanierungsstrategie.

Die im Weiteren dargestellte Ausführungsstrategie wird gem. Bescheid vom 24.07.2009 Aktenzeichen 45-8907/1/1 durch das Umweltministerium Baden-Württemberg aus Mitteln des kommunalen Investitionsfonds gefördert.

3. Ausführungsstrategie

Gemäß der Projektskizze vom 08.06.2009 sollte der zu sanierende Leitungsabschnitt zwischen B1 und B3 zunächst mit einem gesteuerten Pressbohrverfahren überbohrt werden, um ein Zugseil einzuziehen zu können.

Beim gesteuerten Pressbohrverfahren wird herkömmlicherweise ein Pilotrohr als Doppelwandgestänge verdrängend in das Erdreich gepresst. In vorliegendem Fall sollte das Pilotrohr in der vorhandenen Rohrtrasse vorangetrieben werden. Das Pilotrohr hat an seiner Spitze eine Steuerschräge. Je nach Ausrichtung der Steuerschräge kann die Richtung der Bohrspitze beeinflusst werden, um einen geradlinigen Vortrieb sicher zu stellen. Herkömmlicherweise befindet sich im Pilotrohr eine Diodenzieltafel. Durch die optische Gasse im Pilotrohr und im Antrieb wird das Licht auf eine Kamera, die sich in der Baugrube befindetet, übertragen. Die Kamera überträgt das Signal auf einen Monitor so dass über die Presseinheit in der Baugrube die Richtung des Pilotrohres auf die Geradlinigkeit hin korrigiert werden kann.

Im speziellen Fall wurde ein so genanntes Doppelwandgestänge als Pilotrohr, (Bild 4) eingebracht. Bei einem geradlinigen Verlauf kann durch Einsatz eines Überwaschrohres das Pilotrohr zurückgezogen und ein Bohrgestänge mit Fräskopf an die Ortsbrust geführt werden. Mit Hilfe des Fräskopfes können Einstürze aufgebohrt bzw. freigeräumt werden. Das Überwaschrohr sorgt dafür, dass das Gewölbe über dem Einsturz, im vorliegenden Fall rolliger Kies, nicht weiter nachrutscht. Nach dem Freifräsen des Einsturzes kann das Bohrgestänge wieder aus dem Überwaschrohr gezogen und mit Hilfe eines konventionellen Hochdruckreinigungsschlauches das Bohrgut ausgetragen werden.

Die zunächst vorgesehene Lichtpeilung wurde durch eine wesentlich exaktere Vermessung des Bohrgestänges mittels Kreissystem ersetzt. Erläuterungen erfolgen unter Punkt 4. Sollte eine Lageabweichung eine Korrektur der Bohrrichtung erforderlich machen, wird die Steuerschräge an der Ortsbrust so angesetzt, dass sich der Kopf des Pilotrohres in die gewünschte Richtungsänderung schiebt.

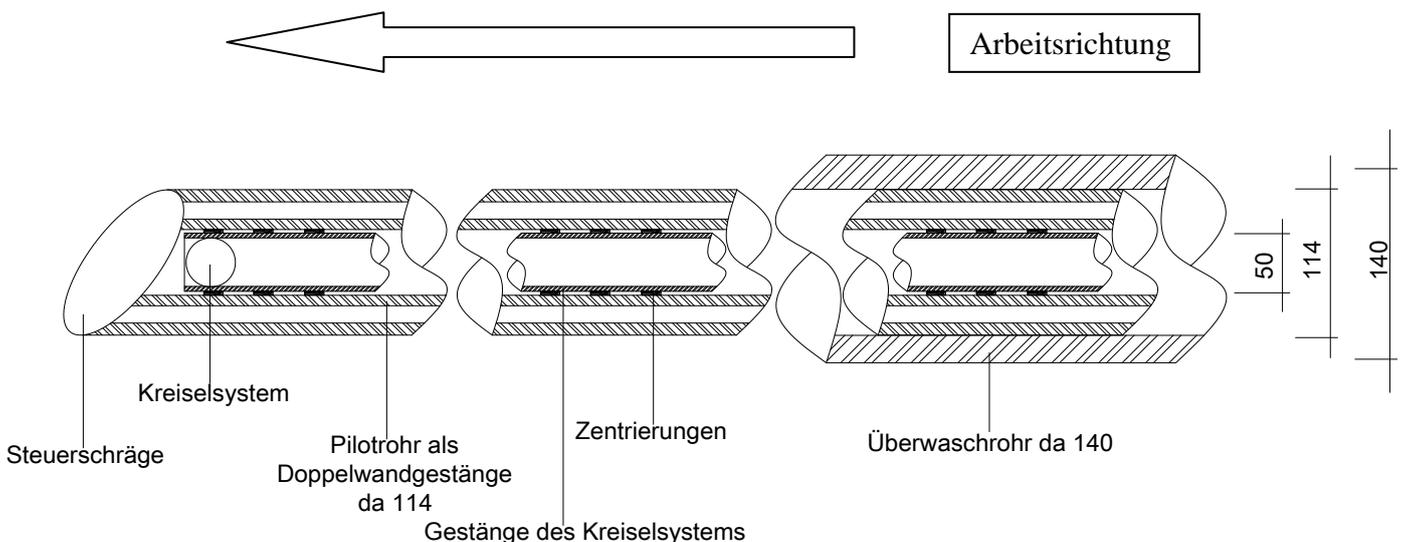


Bild 4: Schematische Darstellung eines Doppelwandgestänges für Pressbohrverfahren

In speziellen Fall war folgende Vorgehensweise geplant:

1. Einrichtung der Presseinheit in Baugrube B1
2. Durchführung einer gesteuerten Pressbohrung von Baugrube B1 aus in der vorhandenen Rohrtrasse in Richtung Baugrube B3.
3. Einbringen des Überwachrohres, falls erforderlich, Ausräumen bzw. Aufbohren der Einstürze im Verlauf der Leitung.
4. Vortrieb bis zur Baugrube B3.
5. Mit dem rückwärtigen Herausziehen des Pilotrohres in Richtung Baugrube B1 wird gleichzeitig ein Zugseil eingezogen.
6. Ankoppelung des Zugseils an eine Berstrakete, Durchmesser 340 mm.
7. Durchführung des Berstverfahrens und Einzug eines Neurohres PE 100, 225 SDR 7,4. Der Außendurchmesser des Neurohres wurde gegenüber dem bereits sanierten Abschnitt (hier wurde eine Leitung PE100 280 SDR 7,4 eingebracht) reduziert, da die prognostizierte Mantelreibung durch die Einstürze und das stark verformte Altrohr sehr hoch war. Durch den geringeren Außendurchmesser des Neurohres kann diese Mantelreibung verringert werden.

Die aufgezeigte Verfahrenstechnik wurde bei der Sanierung einer Deponiesickerwasserleitung so noch nicht angewandt und barg daher für den Auftraggeber ein nicht zu unterschätzendes Risiko bei der Ausführung. Hauptrisiko war eine Havarie des Pilotgestänges z. B. durch Verkanten an großen Rohrscherben oder massivste Einstürze der Leitung.

Die Gesamtkosten wurden zunächst wie folgt aufgeschlüsselt (Nettokosten):

Ingenieurleistungen zur Koordination und Bauüberwachung, Berichterstellung:	20.000 €
Baustelleneinrichtung:	40.000 €
Arbeitsschutz:	30.000 €
Pressbohrung:	80.000 €
Berstverfahren einschl. Neurohr :	75.000 €
<u>Nebenarbeiten zum Berstverfahren sowie zur Rohrverlegung:</u>	<u>30.000 €</u>
Gesamtinvestitions der zuwendungsfähigen Ausgaben (netto)	275.000 €

Hieraus ergaben sich folgende zuwendungsfähige Ausgaben:

Pressbohrung:	80.000 €
Berstverfahren einschl. Neurohr :	75.000 €
Nebenarbeiten zum Berstverfahren sowie zur Rohrverlegung:	30.000 €
<u>Ingenieurleistungen zur Koordination und Bauüberwachung, Berichterstellung:</u>	<u>20.000 €</u>
Gesamtvolumen der zuwendungsfähigen Ausgaben (netto)	205.000 €

Die Förderung beträgt mit 92.225,00 €, 45 % der zuwendungsfähigen Ausgaben.

Der Durchführungszeitraum der gesteuerten Pilotbohrung wurde, einschließlich aller Nebenarbeiten mit zwei Wochen veranschlagt. Das im Anschluss notwendige Berstverfahren wurde nochmals mit ca. zwei Wochen angesetzt.

4. Durchgeführte Arbeiten

Die Maschinenteknik für die Durchführung der Pressbohrung wurde in Baugrube B1 eingesetzt. Hierfür war es erforderlich, dass die Baugrubensohle ca. 1 m tiefer gesetzt wurde. Zu diesem Zweck wurde die Basisabdichtung durchörtert und die geologische Barriere ca. 1 m tief ausgehoben.

Die geologische Barriere besteht im Fall der Deponie Tuningen aus 60 m mächtigem Opalinuston, so dass die Gefahr eines Sickerwasseraustrags aus der Baugrubensohle nicht gegeben war.

Die nachfolgenden Bilder zeigen das Tiefersetzen der Baugrubensohle. Die Tiefe der Baugrube betrug vor dem Durchörteren der Basisabdichtung ca. 24 m, nach dem Durchörteren der Basisabdichtung ca. 25,50 m.



Bild 5 bis 8: Abbaggern der Baugrubensohle und Aushub der geologischen Barriere



Im Anschluss daran wurde das zu sanierende Rohr freigelegt und die Wandung um das Rohr so vorbereitet, dass das Bohrgerät optimal höhen- und lagegleich angesetzt werden konnte.



**Bild 9 und 10: freigelegtes
Altrohr**

Deutlich erkennbar ist über dem Altrohr eine ca. 50 cm starke Lage aus Drainagekies sowie die Einbettung des Rohres in die Basisabdichtung.

Nach dem Freilegen des Altrohres wurde der Rahmen der Bohreinheit eingesetzt. Der Rahmen muss im Gefälle des abgehenden Altrohres ausgerichtet werden, so dass der Bohransatz in der Flucht der Altrohrachse erfolgt (Bild 14 und 15).

Die Horizontalpressbohrung wurde, gem. den in Baugrube B1 vorgefundenen Gefälleverhältnissen der Altleitung, mit einem Gefälle von ca. 10 % ausgerichtet und das Pilotrohr in die Leitungssohle eingelegt. Die nachfolgenden Bilder 11 und 12 zeigen das in der Rohrsohle liegende Bohrgestänge nach dem Ausrichten und vor dem Ansetzen des Bohrgerätes.



Bild 11 und 12: Pilotrohr und Überwachrohr



Gleichzeitig wurde das Bohrgerät am Heck unterbaut und entsprechend einjustiert (Bild 13).

Bild 13: Unterbautes Heck des Bohrgerätes

Der gesamte Bohrvorgang wurde mittels Kreiselmessung überwacht und in regelmäßigen Abständen eine Kontrolle des Neigungsverlaufs durchgeführt. Die Bohrung wies über den gesamten Verlauf eine gleichmäßige Neigung von ca. 10 % auf.



Bild 14 und 15: Einrichten des Rahmens für die Bohreinheit

Nach dem Einrichten des Rahmens wurde an der Rückseite ein Betonwiderlager erstellt. Hierdurch wird verhindert, dass sich der Rahmen bei einer Erhöhung des Vortriebsdruckes nach hinten in die Baugrubenwand drückt. Bild 17 (Pfeil) zeigt das fertiggestellte Widerlager am komplett eingerichteten Bohrgerät.



Bild 16 und 17: Erstellung des Betonwiderlagers

Nach dem Einbau des Rahmens und der Herstellung des Widerlagers wird das eigentliche „Bohrgerät“, das sogenannte Getriebe, in die Baugrube gehoben und auf den Rahmen aufgesetzt.

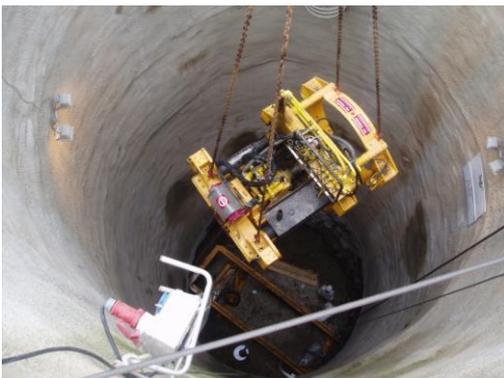


Bild 18 bis 21: Einheben und Installieren des Bohrgetriebes

Bild 22 zeigt die komplette eingerichtete Bohreinheit an der Baugrubensohle. Deutlich zu erkennen ist am Baugrubenrand eine große Bewitterungslute die für Frischluftzufuhr an der Baugrubensohle sorgt. Die Versorgung der Hydraulikeinheiten des Bohrgerätes erfolgt über eine Einheit am oberen Baugrubenrand.



Bild 22: Komplette Bohreinheit an der Baugrubensohle

In einem ersten Arbeitsgang wurde ein sogenanntes Pilotrohr im Altrohr vorgetrieben. Dieses Pilotrohr hat einen Außendurchmesser von 114 mm und verfügt über einen angeschrägten Bohrkopf (Bild 23) der durch Drehung des Gestänges eventuell vorhandenes Material im Altrohr verdrängt und sich dadurch vorarbeitet. Mit diesem Pilotrohr gelang es, den ersten Einsturz nach ca. 7 m zu „überbohren“.

Im weiteren Verlauf konnte das Pilotrohr mit wenig Vortriebsdruck sowie einem geringen Drehmoment bis zu einer Tiefe von etwa 33 m vorgetrieben werden. Um das Gefüge im Bereich des ersten Einsturzes zu stützen wurde in einem zweiten Arbeitsgang um das Pilotrohr ein Überwaschrohr (Außendurchmesser 140 mm) auf eine Länge von 6 m eingeschoben. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen den Kopf des Pilotrohres (Bild 23), den Ringraum zwischen Pilotrohr und Altrohr (Bild 24) sowie das mit dem Überwaschrohr überbohrte Pilotrohr (Bild 26).

Sowohl das Pilotrohr als auch das Überwaschrohr werden an der Baugrubensohle aus Einzelsegmenten mit Hilfe des Bohrgerätes zusammengeschaubt. Die Einzelsegmente können in verschiedenen Längen gefertigt werden. Im vorliegenden Fall hatten die Segmente eine Länge von 2 m.

Um die Reibung zwischen Überwasch- und Pilotrohr zu verringern wird in den Ringspalt eine Polymeremulsion eingepresst.



Bild 23 und 24: Kopf des Pilotrohres mit Pilotrohrsegmenten (im Hintergrund), Ringraum zwischen Altrohr und Pilotrohr



Bild 25 und 26: Überwachrohre, Überwachrohr (1) und Pilotrohr (2) im Altrohr

Das Pilotrohr ist in der Achse mit einem Innenrohr (Bild 27) versehen. Dieses Innenrohr dient als Führung für das Kreiselsystem, das in regelmäßigen Abständen zur Vermessung des Bohrkanals und damit zur Feststellung der Lage des Bohrkopfes eingeführt werden muss. Die Vermessungsdaten werden direkt in einen Laptop eingelesen und ausgewertet. Eine erforderliche Richtungskorrektur kann durch Drehung der Steuerschräge am Kopf des Pilotrohres durchgeführt werden. Die Lage der Steuerschräge wird mit einer Schiebekamera an der Ortsbrust ermittelt.

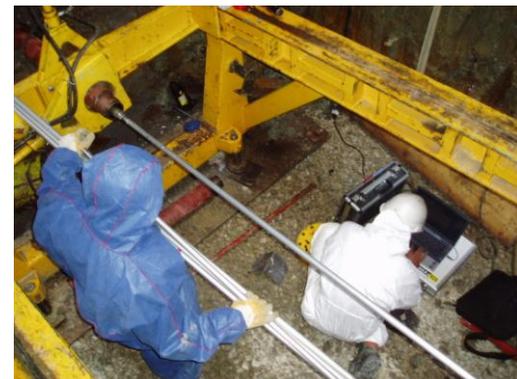
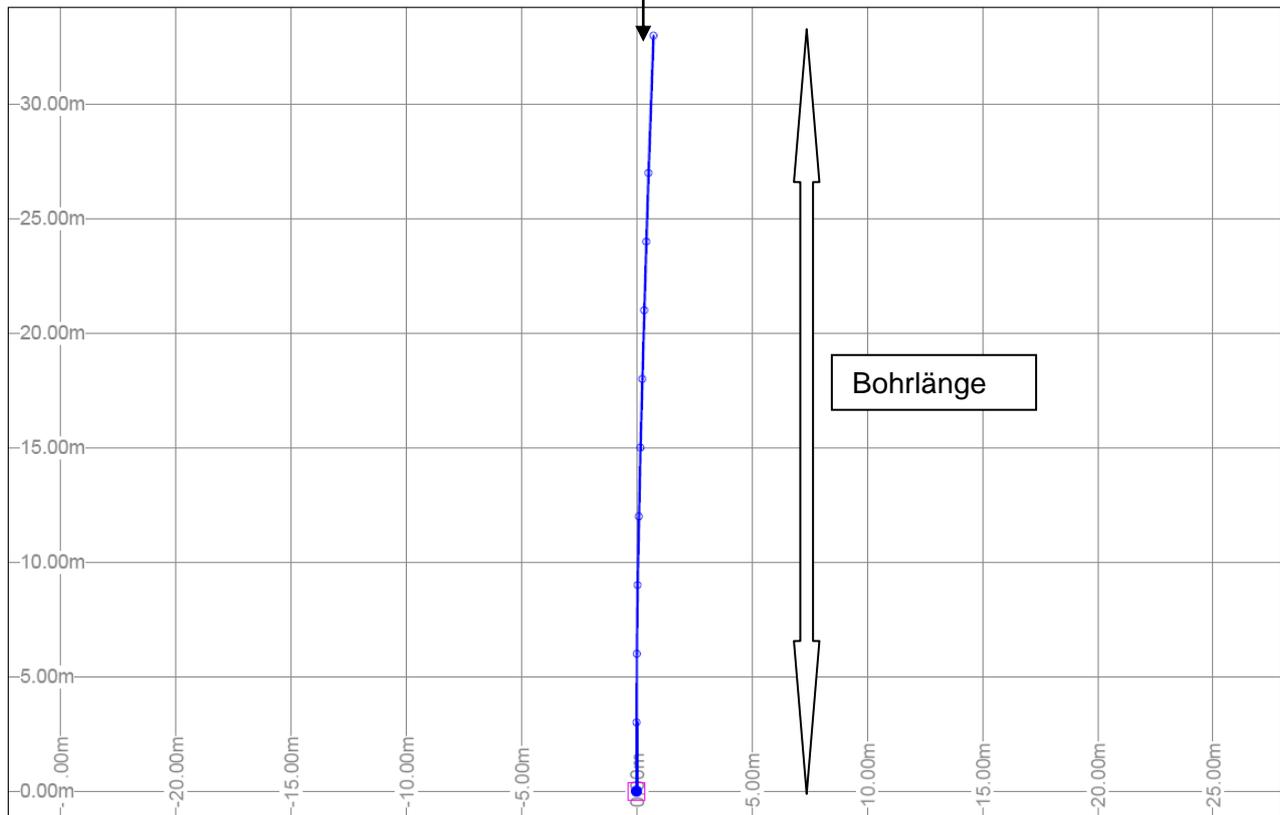


Bild 27 und 28: Innenrohr im Pilotgestänge, Einführung eines Vermessungskreisels in den Bohrkanal

Dem Kreiselsystem wird am Anfang des Bohrkanals ein Startpunkt initialisiert. Im Anschluss wird das System kontinuierlich in den Bohrkanal eingeschoben. Mit Hilfe des Kreisels wird jede Lageänderung des Messkopfes registriert. Durch eine entsprechende Software lässt sich der Verlauf des Bohrkanals kontrollieren. Im vorliegenden Fall konnte festgestellt werden, dass der Bohrkopf ab ca. 12 m Einfahrtiefe einen leichten Rechtsbogen beschritt, was zu einer Rechtsabweichung von ca. 74 cm nach 33 m Bohrlänge führte. Die Höhenlage wurde ebenso erfasst. Hier ergab sich ein gleichmäßiges Gefälle, ausgehend vom Startgefälle, über den gesamten Bohrkanal.

Plan view of survey "TU5OUT"



Scale 1:299.8

Bild 29: Vermessungsergebnis des Bohrkanals

Diese Rechtsabweichung ließ sich mit der Peilungsvermessung zwischen Baugrube B1 und B3 zur Deckung bringen, bei der eine Richtungsabweichung im Winkel von 9° festgestellt wurde. Das Altrrohr wurde hier vermutlich in einem langgezogenen Bogen verlegt.

Aufgrund des Vermessungsergebnisses war die Wahrscheinlichkeit sehr hoch, dass sich das Pilotrohr noch in der Altrrohrtrasse befand.

Dies wurde auch mit der Tatsache unterlegt, dass beim Bohren bis zu diesem Punkt keine oder nur sehr geringe Widerstände vorhanden waren.

5. Projektstillstand und Probleme

Bis zum voran beschriebenen Ergebnis verliefen die Arbeiten gemäß den Erwartungen. Die nachfolgende Aufstellung zeigt noch einmal die Chronologie der durchgeführten Arbeiten.

- Am 23.09.2009 waren die Vorbereitungen von bds in Baugrube B1 abgeschlossen und das Horizontalbohrgerät in die Baugrube eingesetzt, so dass mit den Bohrarbeiten begonnen werden konnte.
- Zunächst wurde bis einschl. 24.09.2009 ein Pilotrohr mit \varnothing 114 mm wie unter Punkt 3 beschrieben in der Trasse des Altrohrs bis auf eine Einfahrtiefe von ca. 33 m vorgetrieben. Der Vortrieb wurde sukzessive mittels voran beschriebener Kreiselkompassmessung überwacht. Aufgrund der sehr geringen Vortriebsdrücke, einem sehr geringen Drehmoment in der Bohrachse sowie der Ergebnisse der genannten Vermessung war davon auszugehen, dass sich das Pilotrohr auch nach 33 m Bohrtiefe noch im Altrohr befand.
- Im Laufe der Bohrung wurde das Pilotrohr zunächst auf einer Länge von 6 m mit einem Überwachrohr (d_a 140 mm) überbohrt.
- Die Arbeiten wurden am 24.09.2009 abends eingestellt und sollten am nächsten Tag fortgesetzt werden.
- Bei der Wiederaufnahme der Bohrung am 25.09.2009 konnte das Pilotrohr nicht mehr bewegt werden. Es wurden 80 to Druck, 45 to Zug sowie ein Drehmoment von 17.500 Nm aufgebracht, ohne dass sich das Gestänge bewegte bzw. Vortrieb zu verzeichnen war. Höhere Kräfte durften auf das Pilotgestänge nicht aufgebracht werden, da die Gefahr eines Abscherens zu groß war.
- Am 28.09.2009 wurde das Pilotrohr auf 10 m mit dem Überwachrohr überbohrt. Weitere 5 m Überwachrohr wurden am 29.09.2009 „nachgeschoben“. Da sich das Überwachrohr aufgrund der leichten Rechtsabweichung des Pilotrohres mit diesem verkantete wurde es anschließend einen Meter zurückgezogen, so dass insgesamt 14 m Überwachrohr über dem Pilotrohr frei drehbar eingebracht wurden. Weitere Versuche im benannten Zeitraum das Pilotrohr selbst zu lösen schlugen fehl.
- Zwischen dem 30.09.2009 und dem 14.10.2009 wurde an insgesamt 4 weiteren Arbeitstagen versucht von der Startgrube aus mit verschiedenen „Bodenverdrängungsraketen“ (Bild 30 und 31) auf das Pilotrohr einen Schlagimpuls von bis zu 80 Nm aufzubringen. Auch diese Maßnahme konnte das Pilotrohr nicht lösen.



Bild 30 und 31: Adaptionsarbeiten an Bodenverdrängungsrakete und Einsatz in der Baugrube

6. Weitere Sondierungen ausgehend von Baugrube B3

Mit Hilfe des Pressbohrverfahrens konnte der Einsturz im Bereich der B1 überbohrt und die Altrohrtrasse zunächst vermutlich bis zu einer Länge von ca. 33 m erschlossen werden.

Die vorgesehene Verfahrensstrategie ließ sich bis zum Zeitpunkt des Bohrstillstandes erfolgreich umsetzen. Aussagen über die Ursache für den Bohrstillstand waren zu diesem Zeitpunkt rein spekulativ. Alle Erkenntnisse aus den Bergungsversuchen sprachen dafür, dass sich im Bereich der Bohrspitze eine Havarie ereignet haben muss, die zu einem Verkanten derselben führte. Durch dieses Verkanten lässt sich die Bohrspitze nicht mehr bewegen. Die nachfolgende Schnittzeichnung zeigt den Sachstand nach der Havarie des Pilotrohres.

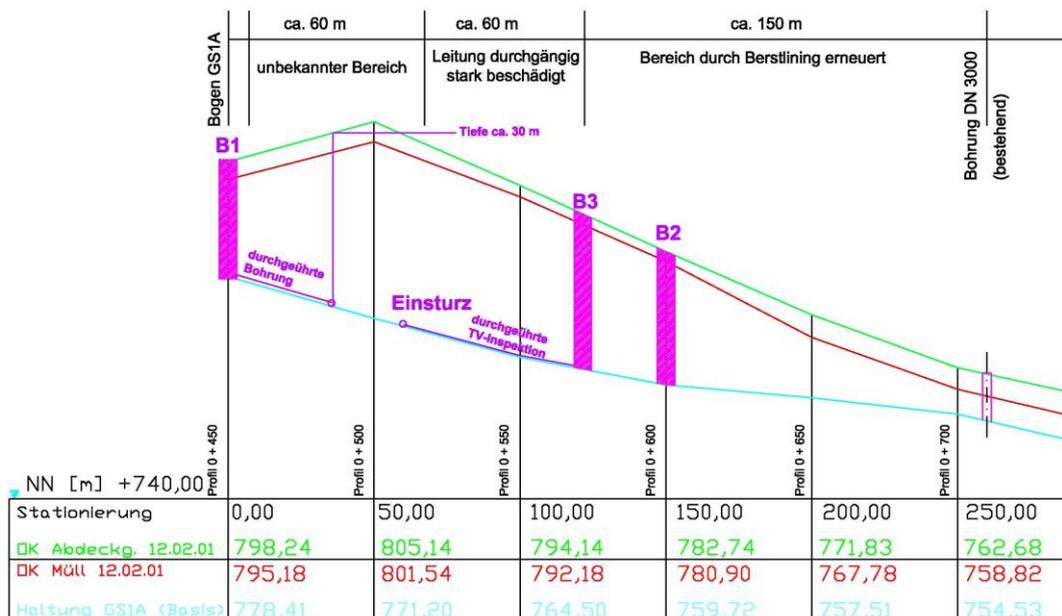


Bild 32: Sachstand nach durchgeführter Horizontalbohrung

Die von Baugrube B3 ausgehenden Erkundungsarbeiten erbrachten, dass das Altrohr aus dieser Richtung ca. 61 m durchgängig ist. Um die weitere Vorgehensweise und eventuell das Abteufen einer Bergebaugrube im Bereich der Bohrspitze zu konkretisieren, wurden zunächst folgende Arbeiten, ausgehend von Baugrube B3 durchgeführt:

1. Einschleiben eines Stützrohres aus PE100 d_a 75; SDR 7,4 vollgelocht bis zum Einsturz.
2. Vermessung der Trasse des Stützrohres und nochmalige Vermessung des Pilotrohres ausgehend von Baugrube B1 mittels Kreiselsystem. Hierdurch sollte festgestellt werden, ob die Trasse des Pilotrohres sowie die Trasse des Stützrohres mit den Daten des Bestandsplanes zur Deckung gebracht werden können. Mit diesem Vermessungsergebnis sollte auch die Lage einer möglichen Bergebaugrube verifiziert werden.
3. Nachschieben einer Bohrsonde durch das Stützrohr ausgehend von Baugrube B3. Versuch mit der Bohrsonde den Einsturz zu überbohren und bis zur Spitze des stecken gebliebenen Pilotrohres zu gelangen.

Die Bilder 33 bis 35 zeigen das in der Baugrube B3 eingerichtete Bohrgerät zur Durchführung der Sondierbohrung in Richtung Bohrspitze aus B1 sowie das Sondiergestänge mit Mantelrohr aus PE.



Bild 33 bis 35: Bohrgerät und Bohrgestänge in Baugrube B3

Durch die Sondierbohrung gelang es das PE-Schutzrohr bis zum Einsturz bei ca. 60 m voranzutreiben. Das Sondiergestänge selbst konnte bis auf eine Länge von ca. 82 m in Richtung der havarierten Bohrspitze aus Baugrube B1 vorgetrieben werden, so dass schließlich ein Überschneid der beiden Bohrlängen vorhanden war. Dieser Sachverhalt gewährleistete, dass mit der Bergebaugrube B4 beide Bohrgestänge getroffen werden und somit von dort ausgehend ein direkter Kontakt zu den Baugruben B1 und B3 hergestellt werden konnte.

Im Anschluss an diese Arbeiten wurden beide Rohrtrassen nochmals mit einem Kreiselsystem vermessen, um sowohl die Lage der steckengebliebenen Bohrspitze als auch die Lage der Alrohrleitung nochmals zu verifizieren. Mit diesem Vermessungsergebnis wurde die Mitte der Bergebaugrube B4 an der Deponieoberfläche festgelegt und diese in Spritzbetonbauweise mit einem Innendurchmesser von 4 m hergestellt.

Um die Ursache der Havarie des Pilotrohres zu ermitteln wurde bereits im Vorfeld Herr Stegner vor dem Anlegen der Baugrube B4 vom TÜV Rheinland LGA Bautechnik aus Nürnberg als Gutachter beauftragt.

Die nachfolgende Abbildung 36 zeigt den Sachstand nach der Herstellung der Baugrube B4 und dem Antreffen der Spitzen der beiden Bohrgestänge.

Sanierung der Haltung GS1A "Südgraben" Stand 03/10

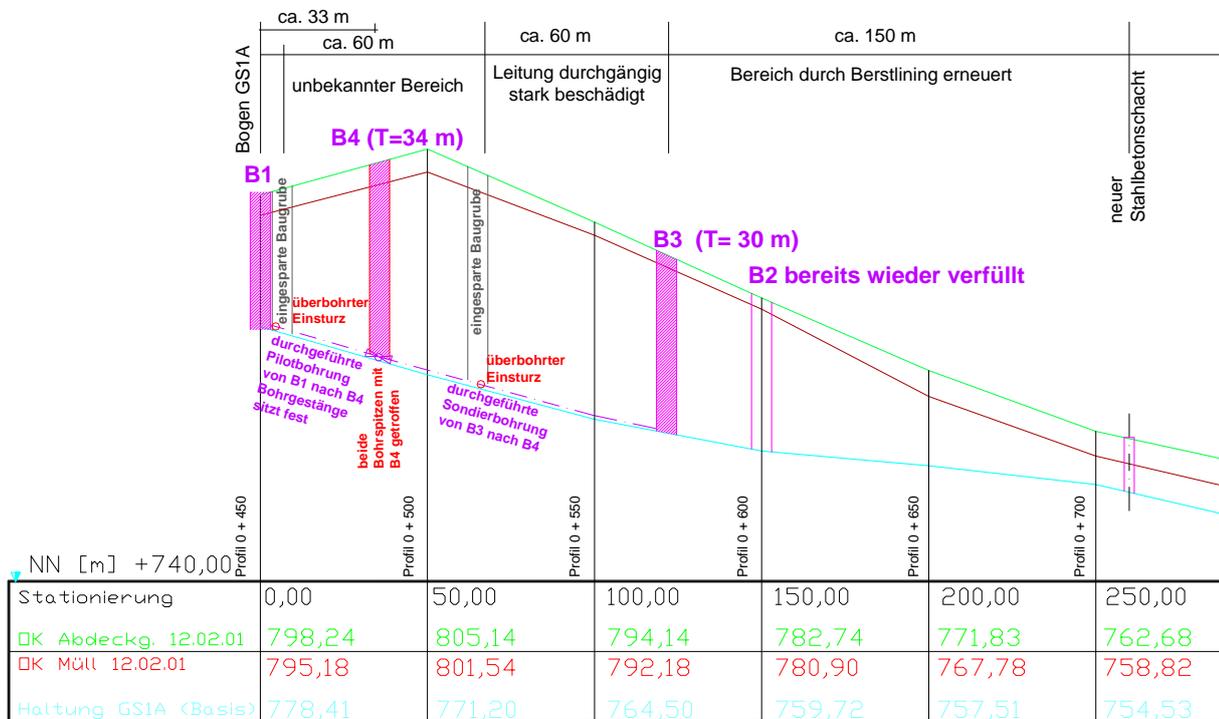


Bild 36: Projektstand nach dem Abteufen der Bergebaugrube B4

7. Ermittlungen in Bergebaugrube B4

Durch die Verifizierung des Überschneitpunktes der Sondierung ausgehend von Baugrube B3 sowie der Vermessung des Bohrkanals der havarierten Horizontalbohrung, ausgehend von Baugrube B1, konnte die Mitte der Bergebaugrube B4 relativ exakt festgelegt werden.

Die Baugrube wurde, wie bereits erwähnt in Spritzbetonbauweise hergestellt und mit einer Endtiefe von 31 m und einem Innendurchmesser von 4 m bis zur Basis abgeteuft.

Nach dem Erreichen des Drainagekieses wurde der genannte Gutachter benachrichtigt und in dessen Beisein die Deponiebasis im Bereich des Altrohres freigelegt.

Durch die umfangreichen vermessungstechnischen Vorarbeiten zur Lageermittlung der Baugrube B4 wurden beide Bohrgestänge in 31 m Tiefe mit der Baugrubenmitte exakt getroffen. Abbildung 37 zeigt die Lage der beiden Bohrgestänge an der Baugrubensohle.

Bild 37: Draufsicht auf die Lage des Sondiergestänges von B3 (1) und des Pilotrohres von B1 (2) in Bergebaugrube B4.



Zu den beiden Bohrgestängen wurden folgende Feststellungen gemacht:

Sondiergestänge von Baugrube B3 nach Baugrube B4

- Das von Baugrube B3 ausgehend vorgetriebene Sondiergestänge befand sich genau in der Trasse des Altrohres, so dass hier feststand, dass der Einsturz bei 60 m überbohrt wurde und eine direkt Verbindung zwischen den Baugruben B3 und B4 auf einer Länge von 82 m hergestellt werden konnte (siehe Bild 37). Eine weitere Untersuchung seitens der Sondierbohrung war nicht erforderlich, da die Aufgabe vollumfänglich erfüllt wurde.



Bild 38: Lage des Sondiergestänges von Baugrube B3 im Altrohr

Bohrgestänge von Baugrube B1 nach Baugrube B4

- Die Bohrung von B1 nach B4 hat die Rohrtrasse verlassen. Die Bohrspitze ragte ca. 1 m über und ca. 0,40 m seitlich der Altrohrtrasse aus dem Abfall in die Baugrube. Bild 39 zeigt die horizontale Lage des Bohrgestänges über dem Altrohr. Die sichtbare Verformung ist auf die Beschädigung durch den Aushubgreifer des Seilbaggers zurückzuführen, da das Pilotrohr in dieser Höhe über dem Altrohr noch nicht vermutet wurde.



Bild 39: Lage des Pilotrohres (2) von Baugrube B1 und Altrohrtrasse (1)

- Das Altrohr liegt unter einer Flexogrés-Matte, darüber befindet sich eine etwa 40 bis 50 cm starke Kiesschüttung, die keine Anzeichen von Verfestigung aufwies.
- Das innere Rohr des Bohrgestänges konnte von der Baugrube B4 aus mit einer Schiebekamera bis zur Baugrube B1 befahren werden, nachdem das durch den Aushubgreifer verbogene Endstück abgeschraubt wurde. Der Verlauf des Bohrgestänges war gleichmäßig und wies keine Auffälligkeiten, insbesondere abrupte Richtungsänderungen auf. Der leichte Bogen in horizontaler Richtung, ermittelt durch die Bohrlochvermessung (Bild 29), konnte auch optisch festgestellt werden.
- Das Altrohr lag im vorderen Bereich voller Scherben, die zunächst händisch und mit Haken beseitigt wurden. Eine anschließende Untersuchung der Altrohrleitung mittels Schiebekamera zeigte, dass die Leitung im hinteren Bereich ab ca. 2 m ebenfalls vollständig eingestürzt und der Rohrquerschnitt durch einragende Scheitelscherben nicht durchgängig war.
- Der Austrittsort des Bohrgestänges aus dem Altrohr lag somit mehrere Meter vor der Baugrube B4 und konnte mit einer Schiebekamera nicht erschlossen werden. Hierzu wäre eine weitere Baugrube erforderlich gewesen.
- Im Bereich der Baugrubensohle bestand ein Höhenunterschied zwischen ankommender (von B1) und weiterlaufender Leitung (nach B3) von ca. 50 cm auf einer Strecke von 3 m und somit einem rechnerischen Gefälle von ca. 17 %. Derartige Richtungsänderungen können mit den gängigen Bohrverfahren nicht bewerkstelligt werden. Aus der Vermessung des Altrohres in den Baugruben B1 und B4 ergab sich ein mittleres Gefälle von ca. 14 %. Das Gefälle der Altrohrleitung in Baugrube B1 als Startbaugrube der Bohrung betrug jedoch lediglich ca. 11 % und war wesentlich kleiner als das letztendlich ermittelbare Gefälle **nach dem Öffnen der Baugrube B4**. Die Konstellation soll durch nachfolgende Skizze verdeutlicht werden.



- Zwischen den beiden einmündenden Rohrbereichen wurde ein ca. 2 m langer Bereich aufgefunden in dem kein Rohr verlegt war, d.h. die Altrohrtrasse war in diesem Bereich unterbrochen.

Aufgrund der vorgefundenen Situation kam der genannte Gutachter zu folgendem Ergebnis:

„Aufgrund unserer Untersuchungen wird als wahrscheinlich angenommen, dass die Bohrung B1 nach B4 die Rohrtrasse verlassen hat, da sie wegen der Einstürze der Steinzeugrohre keine ausreichende Führung hatte. Durch die festen Inkrustationen auf der Rohrsohle und/oder Gefällewechsel erfolgte eine Ablenkung des Bohrgestänges nach oben. Die relativ lockere Kiesrigole bildet dabei ebenfalls keinen Widerstand.

Ein erneutes Anfahren einer unterbrochenen Bohrung im Abfall ist gemäß unseren Erfahrungen kaum möglich, da sich der durch die Bohrung geschaffene aufgelockerte Bereich des Vortriebs bei einer Unterbrechung wieder verfestigt. Das Steckenbleiben hatte in diesem Fall jedoch eine positive Auswirkung, da die Bohrung bei Weiterführung die Rohrtrasse noch weiter verlassen hätte.

Der Einbauzustand der Steinzeugleitung wies durch den vorgefundenen Höhenunterschied und durch das fehlende Rohrstück im Bereich der Baugrube schwere Mängel auf. Der Zustand der Steinzeugrohre war durch Risse und Scherbenbildung sowie verfestigte Ablagerungen schlecht. ...

... Wegen der fehlenden Durchgängigkeit der Leitung mit gleichzeitigem starken Gefällewechsel musste die Baugrube B4 in jedem Fall hergestellt werden,„

8. Abschließende Beurteilung und weitere Vorgehensweise

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das Pressbohrverfahren bei der Sanierung von geradlinigen Deponieentwässerungsleitungen grundsätzlich eingesetzt werden kann. Dies kann als Ergänzung bereits etablierter Verfahren wie z.B. Einsatz von Gestängen für das statische Berstlining, den Einsatz von Kanalroboter zur Durchführung von Fräsarbeiten oder im Einzelfall auch in separater Ausführung erfolgen.

Das durchgeführte Projekt war von dem Umstand einer Havarie geprägt, sodass eine weitere Variante erprobt wurde. Zum einen eine gesteuerte Pressbohrung mit einem Pilotrohr (Doppelwandgestänge) von 114 mm Durchmesser sowie einer ungesteuerten Sondierbohrung mit einem 38 mm dicken Einfachgestänge.

Beide Verfahren hatten die Aufgabe Einstürze in einer Steinzeugleitung mit Durchmesser 150 mm zu überbohren und der ursprünglichen Trassenführung zu folgen, um im Nachgang ein Zugseil für das Berstlining-Verfahren einzuziehen zu können. Diese Aufgabe hat nur der Einsatz des 38 mm starken Sondiergestänges erfüllt. Die für das Pilotprojekt vorgesehene teilgesteuerte Bohrung mit einem Durchmesser von 114 mm hat dahingehend versagt, als dass die Kontrollmechanismen den Verlauf der Bohrung zwar exakt wiedergegeben haben, jedoch nicht erkannt wurde, dass die Bohrung die Leitungstrasse verlassen hat, bzw. keine Altrohrleitung zur Führung vorhanden war.

Dem Pressbohrverfahren sind nach den Erkenntnissen aus dem Projekt folgende Grenzen gesetzt:

- Langgezogene Abwinkelungen von bis zu 15 ° über mehrere Meter hinweg können in vertikaler und horizontaler Richtung nur mit relativ dünnen Gestängen (bis ca. 50 mm) durchfahren werden. Dicke Gestänge gehen diese Richtungsänderungen nicht mit und verlassen die Altrohrtrasse.
- Einsturzbereiche, die über mehrere Meter keine definierte Leitungsführung mehr aufweisen können ein Ausweichen des Bohrgestänges bewirken.
- Bereiche in denen ein Altrohr vollständig fehlt, können durch das Pressbohrverfahren nur überbrückt werden, wenn gleichzeitig ein Überwaschrohr eingebracht wird.
- Bohrlängen in eingestürzten Rohrleitungen bzw. Rohrtrassen von bis zu 120 m erscheinen nach den gemachten Erfahrungen realistisch, wenn die Rohrtrasse einen geradlinigen Verlauf aufweist und das Altrohr über eine ausreichende Kiesummantelung verfügt.
- Es dürfen keine Versätze im Leitungsverlauf vorhanden sein.
- Bohrungen im Abfallkörper sind nicht empfehlenswert.

Die Baumaßnahme wird nun durch folgende Arbeiten weitergeführt:

- Einzug eines Zugseils zwischen den Baugruben B4 und B3 durch Rückzug des Sondiergestänges. Anschließende Durchführung des Berstverfahrens und Einzug eines Neurohres zwischen den Baugruben B3 und B4.
- Das Bohrgestänge (Überwaschrohr und Pilotrohr) zwischen den Baugruben B1 und B4 kann nicht mehr geborgen werden und verbleibt im Abfallkörper. Zum Zeitpunkt der Berichterstellung wurden noch keine endgültigen Entscheidungen über die Erneuerung der Rohrtrasse zwischen den beiden Baugruben getroffen.

ICP Ingenieurgesellschaft
Prof. Czurda und Partner mbH

Urbach, 28.04.2010

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

Mitglied im GSTT-Arbeitskreis 3 AG 7:
Instandhaltung von Entwässerungsleitungen
in Deponien