

Sanierung von Sickerwasserleitungen in Tiefen von bis zu 38 m

Erfahrungsbericht Deponie "Am Lemberg"

Dipl.-Ing. Albrecht Tschackert*, Stephan Eickhoff**

*Abfallverwertungsgesellschaft des Landkreises Ludwigsburg, ** Ecosoil Süd GmbH

Abstract

Bei der bis 1989 betriebenen Deponie wurde durch das laufende Monitoring 1999 festgestellt, dass sich das Drainagesystem in einem desolaten Zustand befand. Ein erheblicher Sickerwassereinstau, Sickerwasseraustritte in der Hangböschung und Kriechbewegungen der Böschungen gaben den Anstoß für eine umfangreiche Sanierung.

Ab November 2002 wurden bis April 2004 etwa 750 m Sickerwassersammelleitungen untertägig aufgeschlossen und mit Verfahren des Kurz- und Langrohrberstlings saniert. Es kam die statische und die statische-dynamische Arbeitsweise zur Ausführung. Eine nur gering beschädigte Leitung wurde mit einem Inliner saniert. Für die Sanierungsarbeiten wurden 29 Bohrungen mit insgesamt rund 664 Bohrmeter in den Müllkörper niedergebracht. Für die Bohrungen wurden 60 t Seilbagger mit Schalengreifer eingesetzt, die eine hohe Arbeitsgeschwindigkeit ermöglicht haben. Die abgeteuften Bohrungen wurden mit Spritzbeton gesichert. Die Berstarbeiten wurden mit Gigant- und Minigigant-Rammen ausgeführt.

Alle Arbeiten wurden unter strenger Wahrung der Arbeitsschutzforderungen ausgeführt. Die Bewetterung der Schächte wurde nach bergmännischen Regeln vorgenommen.

Nach Abschluss der Rohrleitungserneuerung wurden 4 neue Kontrollschächte mit einer Bauhöhe von bis zu 40 m in Knotenpunkte des Leitungssystems eingebaut. Die Schächte wurden werkseitig aus Beton mit kompletter Polyethylenummantelung gefertigt und segmentweise aufgebaut. Besonderes Augenmerk lag auf der Ausgestaltung der Rohranschlussbereiche mit Langlöchern und Hüllrohren, die ein Abscheren der Anschlüsse infolge von Setzungen unterbinden sollen. Die Kontrollschächte haben einen Innendurchmesser von bis zu 2.000 mm und sind für Wartungspersonal mit Atemschutz befahrbar.

Besondere Schwierigkeiten ergaben sich aus unvollständigen oder im Detail falschen Bestandsplänen aus der Phase des Deponiebaus. Daneben waren teilweise extreme Lagerungsdichten des Abfalls aufgetreten, die zu einem erheblichen Geräteeinsatz und Zeitaufwand geführt haben.

Keywords

Erkundung; Sanierung; Sickerwasserleitungen; Haltung; Großlochbohrung; Ramme; Baugrube; Tandemschacht; Kontrollschacht; Berst-Lining; Inlinerverfahren;

exploration; sanitation; leachat collecting pipe; reatch; auger mining, drilling; air rammer; cutting; tandem shaft; control shaft; berst lining; inliner technology;

1 Ausgangssituation

Die Deponie "Am Lemberg" liegt östlich der Stadt Ludwigsburg in Baden-Württemberg. Sie wurde 1960 durch die damals noch selbstständige Gemeinde Poppenweiler am Fuß des Lembergs eingerichtet. Die Zuständigkeit ging über die Stadt Ludwigsburg dann 1975 auf den Landkreis Ludwigsburg über. Die Deponie hatte in dieser Phase die Funktion der Zentraldeponie eines der bevölkerungsreichsten Landkreise Baden-Württembergs. Im Altteil der Deponie, der ab 1960 auf einer Fläche von etwa 8 ha betrieben wurde, wurde lediglich der Hochwald gefällt und die Abfälle ohne weitere Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers abgelagert. Erst mit der Übernahme der Verantwortung durch den Landkreis wurde in drei weiteren Bauabschnitten und auf weiteren 8 ha Fläche eine zeitgemäße Basisabdichtung aufgebracht, die ursprünglich eine Dicke von 0,6 m und eine Wasserdurchlässigkeit von $k \leq 10^{-8}$ m/s aufwies. Der erste basisgedichtete Abschnitt ging 1977 in Betrieb. Für die Basisabdichtung fand schon damals eine bautechnische Fremdüberwachung durch das zuständige Wasserwirtschaftsamt und ein geotechnisches Fachbüro statt.

Auf der Basisabdichtung wurde fischgrätenartig ein Sickerwassersammelsystem installiert. An die 4 Hauptsammler (Haltung KS 1, KS 4, FE 1 und FE 2), bestehend aus Steinzeug in der Dimension DN 200 und DN 250, wurden im Abstand von 20 m Nebensammler aus Tondrainrohren angeschlossen. Eine Zugänglichkeit zu den Hauptsammlern bestand nur über den Sickerwassersammelschacht. Die Nebensammler enden im Deponiekörper und sind daher nicht zugänglich. Im jüngsten Abschnitt, der ab 1985 aufgefüllt wurde, sind erstmals PE-HD-Leitungen verlegt worden, der Hauptsammler KS 3 hat eine Dimension von DN 250. Die max. Druckstufe der PE-HD-Rohrleitungen betrug damals PN 6. Die hier angeschlossenen Nebensammler sind über Schächte am Rand der Deponie kontrollierbar.

Das Wasser aus dem alten Deponiebereich wurde vor der Erweiterung der Deponie über eine Leitung einer Sickerwassergrube zugeführt und von dort aus abgefahren. Durch die Erweiterung wurde diese Sammelstelle aufgegeben, das Sickerwasser wurde dann über eine Transportleitung zu einem neuen Sickerwassersammelschacht geführt. Diese Transportleitung bestand aus geschlossenen Steinzeugrohren DN 150. Sie wurde unterhalb der Basisabdichtung verlegt und ist ebenfalls nur über den Sickerwassersammelschacht zugänglich.

Die Deponie "Am Lemberg" ist eine Hangdeponie. Ihre Aufschüttung erfolgte in der Weise, dass ein dem Hang vorgelagerter Kegelstumpf entstand, der eine obere Plateaufläche von 5,15 ha aufweist. Alle Hangböschungen (etwa 11 ha) wurden während der Betriebsphase nach dem damaligen Stand der Technik mit Boden abgedeckt und bepflanzt. Der aufwachsende Pionierwald hat heute eine Wipfelhöhe von rund 10 m.

Insbesondere in der ersten Betriebsphase ab 1960 wurden in der Deponie große Mengen industrieller Abfälle aus metallverarbeitenden Betrieben abgelagert. Als Folge des Deponieinventars und des Fehlens der Basisabdichtung liegt eine leichte Grundwasserbeeinträchtigung mit chlorierten Kohlenwasserstoffen vor. Zumindest die Mitverursachung durch die Deponie ist nachgewiesen. Das Monitoring der Grundwasserverunreinigung begann 1989, in dem Jahr, in dem auch die Annahme von Hausmüll auf der Deponie "Am Lemberg" eingestellt wurde und die Deponie "Burghof" bei Vaihingen/Enz die alleinige Entsorgungsfunktion im Landkreis übernahm.

Der Deponie wurde dann nicht die notwendige Aufmerksamkeit gewidmet. Die Verantwortlichen befassten sich in den folgenden Jahren intensiv mit dem Versuch eines großtechnischen Deponierückbaus einer weiteren Deponie im Landkreis Ludwigsburg. Erst 1998 wurden Arbeiten zur systematischen Erkundung der Gesamtsituation aufgenommen, die unter anderem den Bau einer Oberflächenabdichtung auf der Plateaufläche zur Folge hatten. Mit der zuständigen Genehmigungsbehörde, dem Regierungspräsidium Stuttgart (RPS), wurde vereinbart, dass zunächst nur die Plateaufläche gleichwertig zur Regeldichtung nach der TAsi abgedichtet werden muss. Frühestens drei Jahre nach Abschluss der Rekultivierungsarbeiten auf der Abdichtung soll dann die Grundwasserverunreinigung neu bewertet werden, um eine Entscheidung zur Erfordernis der Oberflächenabdichtung der Böschungsflächen zu treffen.

2 Sanierung der Sickerwasserleitungen

2.1 Situation vor der Sanierung der Sickerwasserleitungen

Die im Jahr 1977 begonnene Erweiterung der Deponie mit einem Sickerwassersammelsystem wurde entsprechend den damals geltenden technischen Vorschriften ausgeführt. Eine Befahrung von Rohrleitungen war aufgrund der mangelnden technischen Möglichkeiten (Kamerabefahrungen in längeren Rohrleitungen im ex-gefährdeten Bereich) auf den Deponien des Landkreises Ludwigsburg erst ab 1993 möglich. Die Dimensionierung der Rohrleitung war nicht auf die Belastung einer Müllüberdeckung von über 40 m berechnet, da zu diesem Zeitpunkt die Gefährdung der Deponie und der Umgebung durch ein defektes Sickerwassersammelsystem nicht bekannt war. Mit dem Einsatz der ersten ex-geschützten Kamera konnte 1993 die erste Haltung FE 1 untersucht werden. Ein einragendes Hindernis nach ca. 86 m verhinderte die Weiterfahrt. Mögliche Zugänge zu den Sickerwasserleitungen über die vorhandenen Kontrollschächte KS 1, KS 2 und KS 3 waren aufgrund der teilweise stark verschobenen Schächte bzw. aufgrund des kompletten Einsturzes von Schachtelementen versperrt. Weitere Anstrengungen zur Untersuchung des zentralen Sickerwassersystems wurden erst wieder im Jahr 1999 mit der Beauftragung des Ingenieurbüros Prof. Czurda

& Partner (ICP) zur Erstellung einer Sanierungskonzeption unternommen. Die Konzeption stellte die Grundlage für weitere Planungen dar, die mit den Arbeiten zur Erkundung des Sickerwassersammelsystems begann. Zur Lage der im Folgenden genannten Haltungen wird auf dem Lageplan am Ende dieses Berichts verwiesen.

2.2 Erste Erkundungsmaßnahme in 2000/2001

Im Juli 2000 wurde mit der Planung der Arbeiten zur Sanierung der Sickerwasserleitungen begonnen. Der erste Bauabschnitt sollte Zugänglichkeiten an den vorhandenen Kontrollschächten, bzw. an End- und Kreuzungspunkten des Sammelsystems schaffen. Über 4 Bohrungen (KS 1, KS 2, S 50 und T-Stück FE 1/KS 1) sollten die Rohrleitungen aufgeschlossen und erkundet werden. Die Bohransatzpunkte wurden aus vorhandenen Vermessungsdaten angesetzt. Die Datenlage wies leider nicht die gewünschte Genauigkeit auf, so dass nur bei drei von vier Bohrungen das gewünschte Ziel erreicht wurde.

Die Bohrung über dem Kreuzungspunkt der Haltungen FE 1/KS 1 traf nur die Haltung FE 1. Die Erkundung in Richtung Ende Haltung FE 1 konnte aufgrund von massiven Ablagerungen nicht durchgeführt werden. Weitere Erkundungen der Haltung in Richtung Sammelschacht wurde durch einen Wassereinstau nach wenigen Metern verhindert. Die Suche nach dem T-Stück musste daher verschoben werden. Die Beseitigung des bereits 1993 festgestellten einragenden Hindernisses wurde nach langwierigen Fräsarbeiten eingestellt, da weitere Rohrleitungseinbrüche im Bereich des Hindernisses die Arbeiten erheblich erschwerten und diese wirtschaftlich nicht mehr darstellbar waren.

Die Haltung FE 2 konnte ca. 33 m weit befahren werden. Danach verhinderte ein Einbruch die Weiterfahrt. Das Ende der Haltung ist überschüttet und war in Plänen verzeichnet, jedoch widersprach die Lage des Endpunktes den Aussagen der Deponiearbeiter. Ein Schurf, angesetzt nach den Angaben des Deponiepersonals, schloss zwar eine Haltung auf, diese konnte aber aufgrund der Dimensionierung und eines Einbruches nach wenigen Metern nicht eindeutig zugeordnet werden.

Die Haltungen KS 1 und KS 4 sollten über die Bohrung KS 1 erkundet werden. Massive Ablagerungen nach ca. 3 m in Richtung KS 4 und ein Wassereinstau nach ca. 2 m in Richtung KS 1 beendeten die Kamerabefahrungen.

Die Bohrung KS 2 ermöglichte einen Zugang zur Haltung KS 3. Die Haltung hat ein sehr geringes Gefälle, so dass massive Ablagerungen sehr schwer zu räumen waren. Nach ca. 100 m wies die PE-HD-Leitung eine erhebliche Verdrückung auf, die eine Durchfahrt eines Kamerawagen nicht mehr ermöglichte.

Die Haltung S 50, die etwa 195 m lang ist und unterhalb der Basisabdichtung liegt, konnte erstmalig von der Bohrung S 50 aus befahren werden. Nach ca. 15 m wurde ein

bisher unbekannter Abzweig aufgeschlossen. Dieser Abzweig war eingestürzt, so dass in diesem Bereich Sickerwasser austreten konnte. Aufgrund der starken Neigung und der Länge der Haltung konnte von der Gegenrichtung aus die Haltung auch nur bis ca. 120 m befahren werden, so dass ein unerkundeter Bereich von ca. 60 m offen blieb.

Als Ergebnis der Erkundungsarbeiten musste festgestellt werden, dass weite Strecken des Sickerwassersammelsystems aufgrund von erheblichen Schäden und massiven Ablagerungen nicht zugänglich waren. Die erkundeten Bereiche wiesen schwere Schäden in Form von Längs- und Querrissen, sowie Scherbenbildung auf. Das Drainagesystem der Deponie war in einem desolaten Zustand. Die geregelte Ableitung des Sickerwassers war daher nur sehr eingeschränkt möglich.

Hydraulische Untersuchungen zum Wasserhaushalt der Deponie ergaben, dass im Kernbereich der Deponie ein schwer quantifizierbarer Sickerwassereinstau von 50.000 - 100.000 m³ vorlag, der neben eines möglichen unkontrollierten Sickerwasserausbruchs an der Nordböschung hauptsächlich deren Standsicherheit beeinträchtigte. Die Bewertung ergab, dass eine Kontrollierbarkeit des Sickerwassersammelsystems nicht möglich und hinsichtlich der Standsicherheit der nördlichen Deponieböschung ein gefährlicher Zustand eingetreten war.

2.3 Sanierung der Sickerwasserleitungen in 2002 - 2004

Die Ausschreibung der Bauarbeiten zur Sanierung des zentralen Sickerwassersammelsystems erwies sich als besonders schwierig, da der Zustand von verschiedenen Rohrleitungsstrecken bzw. von ganzen Rohrleitungssträngen nicht bekannt war. Daher wurde die Baumassnahme in 3 Lose aufgeteilt; das Los 1 für die größtenteils bekannten Abschnitte der Haltungen FE 1, S 50 und KS 3, das Los 2 und 3 für die unerkundeten Haltungen KS 1 und KS 4. Die Lose sollten je nach Baufortschritt und Sanierungserfordernis beauftragt werden, daher konnten die Lose nur komplett an einen Anbieter vergeben werden. Die Ausschreibung wurde bundesweit veröffentlicht, jedoch sahen sich nur 2 Unternehmen und 1 Bietergemeinschaft in der Lage, diese schwierige Aufgabe zu bewältigen. Die Bietergemeinschaft bestehend aus den Unternehmen Ecosoil Sanierung GmbH und Hermann Stumpp GmbH + Co. KG, die bereits mit der Profilierung der Oberflächenabdichtung beauftragt waren, bzw. die Erkundungsmaßnahme in 2000/01 abwickelten, erhielt aufgrund des günstigsten Angebotes den Zuschlag für die Sanierungsarbeiten.

2.3.1 Haltung FE 1

Zum Überwinden der Einbruchstellen in der Haltung und zum Anschluss von Nebensammlern mussten insgesamt 6 Bohrungen niedergebracht werden. Beim Bersten der alten Leitung wurden nach dem Stand der Technik mit einer statisch-dynamischen Vor-

richtung gearbeitet. Die Überdeckung von über 20 m Müll und die schwer verdrängbare Rohrumgebung durch hochverdichtete Müllablagerungen sowie teilweise nicht vorhandene Kiesrigolen führten dazu, dass die eingesetzten Berstkräfte nicht ausreichten, um die Ramme weiter vorantreiben zu können. Da zum Bergen der Ramme und zum Einführen der Rohrleitung (aufgrund des Biegeradius der Rohrleitung) ein Tandemschacht benötigt wird, mussten 2 weitere Bohrungen niedergebracht werden.

Um die restliche verbliebene Strecke zu sanieren, wurde auf ein rein dynamisches Berstverfahren gewechselt. Nach dem Beseitigen der lokalen Störung wurde die restliche Strecke erfolgreich erneuert.

2.3.2 Haltungen FE 2 und DE 2/1

Die Haltungen FE 2 und DE 2/1 befinden sich beide am Randdamm im Nordosten der Deponie. Die Haltung FE 2 weist laut früherem Bestandsplan einen Verlauf mit Bogen durch den Deponiedamm und anschließend an den Randdamm angeschmiegt auf.

Bereits nach den ersten Bohrungen ist dieser Verlauf so nicht vorgefunden worden. Nach ca. 33 m konnte der weitere Verlauf der Rohrleitung nicht mehr bestimmt werden. Die Arbeiten wurden hier im März 2003 vorübergehend eingestellt. Zeitgleich wurde auch der Zustand der Dammfußentwässerungsleitung DE 2/1 untersucht, deren Bedeutung bisher zweitrangig und im Sanierungskonzept nicht enthalten war. Die veränderte Sanierungsstrategie sah vor, die Bohrung DE 2 als begehbaren Schacht auszubauen und eine neue Leitung auf der Höhe der Dammfußentwässerungsleitung, angelehnt an den Deponiedamm zu verlegen. Da sich aber das Aufbringen einer qualifizierten Basisabdichtung unterhalb der Rohrleitung als außerordentlich schwierig und teuer erwies (ermittelte Mehrkosten > 600.000 €), wurde mit dem RP Stuttgart die Notwendigkeit einer Sanierung der Haltung DE 2/1 erörtert. Nach der Aufarbeitung historischer Unterlagen konnte festgestellt werden, dass die Dammfußentwässerungsleitung lediglich eine Funktion als Polzeileitung während der Bauphase hatte. Schichtenwässer in der Umgebung, die eine Entwässerung unterhalb der Basisabdichtung bedürfen, fallen nicht an. Daher konnte im Einvernehmen mit dem RP Stuttgart auf eine Sanierung der Haltung DE 2/1 verzichtet werden.



Abbildung 1 Einziehen der neuen PE-HD-Rohrleitung in die Haltung FE 1

Die Sanierungsstrategie wurde dahingehend angepasst, dass eine neue Entwässerungsleitung auf der Basisabdichtung verlegt wurde und die dafür notwendigen Bohrungen mit einem Schacht an Schacht-Verfahren durchgeführt wurden.

2.3.3 Haltung KS 1

Die Haltung KS 1 bereitete aufgrund ihres uns heute bekannten Verlaufs mit zwei Knicken die größten Schwierigkeiten. Dieser Leitungsverlauf war in den seitherigen Bestandsplänen nicht verzeichnet und führte deshalb zu einem wesentlichen Mehraufwand. Die Rohrüberdeckung mit Müll beträgt in diesem Deponiebereich teilweise über 37 m. Die Schütthöhe führt zu einer sehr komprimierten Müllablagerung und schwer verdrängbaren Rohrumgebung. Zusätzliche erhebliche Probleme bereiteten große und schwere Gegenstände, die direkt über der Rohrleitung lagerten.

Die Strecke von der Bohrung KS 1 bis zur Bohrung KS 1.2 (Länge 42 m) konnte erfolgreich saniert werden. Kurz vor der Bohrung KS 1.2 blieb die Ramme jedoch aufgrund eines massiven Gegenstandes über der Rohrleitung stecken. Ein Bergeschacht musste nicht niedergebracht werden, die Freilegearbeiten für die Berstramme konnten in der bestehenden Bohrung erfolgen.

Für den weiteren Abschnitt von der Bohrung KS 1.2 bis zur Bohrung KS 1.6 (Länge ca. 20 m) versuchte man durch den Einsatz einer modifizierten Berstvorrichtung (Kaliberberstlining) die Sanierung weiter durchzuführen. Jedoch steckte der Berstkörper bereits im Anfangsbereich nach ca. 1 m fest. Als Grund hierfür wurde nach einer weiteren Untersuchung untertage eine Durchmesserreduzierung der alten Rohrleitung festgestellt, die in den Bestandsplänen nicht enthalten war. Die Arbeiten wurden von der AVL an dieser Stelle vorübergehend eingestellt.

Die ARGE Ecosoil/Stumpp setzte dann zunächst auf einer Teststrecke ein statisch-dynamisches Kurzrohrberstverfahren zwischen der Bohrung KS 1.5 und KS 1.1 (Länge 8 m) ein. Nach ca. 6 m blieb auch dabei die Ramme stecken. Sie wurde über eine Bohrung freigelegt und die restlichen 2 m Rohrleitung neu verlegt. Als Ursache des Versagens wurde ein massives Konglomerat abgelagerter Gießereisande festgestellt. Sicherheitshalber wurde aber von der AVL veranlasst, dass das Berstgerät von einer Fachfirma auf etwaige technische Mängel untersucht wird. Das diesbezügliche Gutachten ergab, dass die Ramme einwandfrei funktionierte und sich aufgrund der hoch verdichteten Rohrumhüllung ein Verklemmen des Rammenkolbens bei sehr großen Zug- und Druckkräften einstellte.

Für die noch verbliebene Strecke zwischen den Bohrungen KS 1.2 und KS 1.6, und den Bohrungen KS 1.5 und FE 1/KS 1 mit einer Gesamtlänge von ca. 56 m wurde wieder das dynamische Berstverfahren angewendet. Zwei weitere Bohrungen neben den bereits bestehenden Bohrungen KS 1.2 und KS 1.5 mussten niedergebracht werden, damit die neue Rohrleitung eingezogen werden konnte. Die Bohrarbeiten brachten erneut sehr große Betonstücke direkt über der Rohrleitung zu Tage und die Freilegearbeiten der Rohrleitung erwiesen sich als äußerst schwierig aufgrund des hoch verdichteten Mülls. Trotz dieser erschwerten Bedingungen zog die Berstramme in beiden Handlungsabschnitten die neuen Rohrleitungen ohne Unterbrechung ein.

Die Erfahrungen aus der Anwendung modernster Sanierungstechnik hat gezeigt, dass die Sanierung von Rohrleitungen unter diesen Bedingungen nur unter Einsatz hoher technischer Kräfte und mit entsprechendem Kosteneinsatz zu bewältigen ist. Speziell für diese Haltung erbrachte nur das Berstverfahren mit der größten Zerstörungskraft den gewünschten Erfolg.

2.3.4 Haltung KS 1.1

Die Haltung KS 1.1 wurde bei der Baumassnahme als erste Rohrleitung fertiggestellt. Ursprünglich war geplant, nur den sanierungsbedürftigen Bereich von ca. 17 m zu bearbeiten. Durch den Verzicht auf ein Schachtbauwerk am Kreuzungspunkt der Haltungen KS 1.1, KS 4 und KS 1, war aber nur während der Bauphase eine Zugangsmöglichkeit von beiden Seiten der Haltung KS 1.1 möglich. Nach Abschluss der

Praxistagung Deponie 2005 www.wasteconsult.de

Baumassnahme besteht nur über einen am Rand der Deponie liegenden Schacht die Möglichkeit die Haltung zu untersuchen. Reparaturen sind dann nur unter erheblichem finanziellen Aufwand möglich.

Um vorbeugend die Rohrleitung KS 1.1 für einen langen Zeitraum zu sichern, wurde der gesamte Rohrleitungsstrang (140 m) stabilisiert. Dies wurde mit dem Einziehen einer kleiner dimensionierten neuen Rohrleitung aus Kunststoff (Inliner) in die schadhafte alte Steinzeugleitung erreicht.

2.3.5 Haltung KS 3

Die Haltung KS 3 ist seit September 2003 saniert. Zu Anfang der Sanierungsmassnahme bestand nur eine Zugangsmöglichkeit über die Bohrung KS 2. Die Haltung konnte von dort aus über eine Länge von 100 m erkundet werden. Nach 100 m trat eine Verdrückungsstelle auf, die ein Befahren mit der Kamera und mit Reinigungsgerät behinderte.

Von der anderen Seite wurde daher am Kreuzungspunkt der Haltungen KS 3 und S 32 eine Bohrung (genannt KS 3) niedergebracht, um den Schadensbereich eingrenzen zu können. Das Ergebnis der weiteren Untersuchung der Haltung lag im Dezember 2002 vor und reduzierte sich auf eine erhebliche Verdrückungsstelle (ca. 40 % Reduzierung des Rohrdurchmessers) auf einer Länge von ca. 4 m.

Nach dem zum seinerzeitigen Kenntnisstand zur Rückverformung von PE-HD-Leitungen eine Sanierung von Schadensbereichen mit über 10 % Verformung ausgeschlossen war, wurde auf die konventionelle Schadensbehebung zurückgegriffen und über der Verdrückungsstelle eine Bohrung niedergebracht. Trotz genauer Messungen über Tage und anhand von Videobefahrungen, konnte die Rohrleitung an der Deponiesohle nicht direkt getroffen werden. Erst nach horizontalen Tunnelarbeiten in etwa 25 m Tiefe wurde die Leitung etwa 1 m außerhalb der Bohrung gefunden. Ursache hierfür dürfte das Abrutschen des Leitungsstrangs nach Norden aufgrund der ursprünglichen topographischen Neigung des Geländes sein. Auch in diesem Fall entsprach der Leitungsverlauf nicht den Angaben der alten Bestandspläne.

Zur Freilegung der Verdrückungsstelle gab es zwei Alternativen: das Niederbringen einer weiteren Bohrung direkt neben der bestehenden Bohrung oder das Freilegen der Rohrleitung unter Tage. Ein Kostenvergleich ergab, dass die Freilegearbeiten im Stundenlohn mit der angenommenen Bauzeit günstiger sind als eine weitere Bohrung. Die Freilegearbeiten begannen am 01.08.2003 und endeten am 05.09.2003. Die angenommene Bauzeit wurde dabei überschritten.

Die Gründe hierfür liegen in der sehr kompakten Überdeckung des Rohres mit Abfällen. Hier wurde nicht einmal eine Kiesrigole angetroffen, die bei sachgerechter Ausführung

der Rohrverlegung vorhanden sein müsste. Die Ursache für die Verdrückung der Leitung war ein Palettenwagen aus Stahl, der direkt über der Leitung in bergmännischer Arbeit aus dem kompakten Müllaufleger freigelegt wurde. Es wurde damit auch deutlich, dass die in Erwägung gezogene ferngesteuerte Aufrichtung dieser Leitung durch ein hydraulisches Gerät, das in die Leitung eingeführt worden wäre, nicht möglich gewesen wäre.

2.3.6 Sanierung im Bereich der Verbindung KS 3 / S 32

Ein weiteres Problem bestand bei der Bohrung KS 3. Die Bohrung wurde niedergebracht, um einen Zugang zur Haltung KS 3 von Westen zu erhalten und um an dem Knickpunkt der Verbindung zwischen der Haltung KS 3 und der Haltung S 32 eine dauerhafte Zugangsmöglichkeit über ein Schachtbauwerk zu erhalten.

Aufgrund der von über Tage nicht erkennbaren vertikalen Verschiebungen des ursprünglichen Kontrollschachtes, die schließlich zu einem S-förmigen Verlauf dieses alten Schachtes geführt hat (Abweichung aus der Vertikalen bis zu 2 m !), wurde der Knickpunkt nicht angetroffen. Nach aufwändigen Freilegearbeiten konnten die beiden Haltungen knapp außerhalb der Bohrung aufgefunden werden. Unter Kostengesichtspunkten wurde auf den Neubau eines Schachtes verzichtet, da ein Anschluss der Leitungen an ein Schachtbauwerk nur über den unterirdischen Bau einer größeren begehbaren Kaverne oder über eine weitere Bohrung möglich gewesen wäre. Eine Kostenabschätzung für den Bau einer Kaverne war nur mit hohen Risikoaufschlägen darstellbar, da das Freilegen von Müll in einer Tiefe von 24 m aufgrund seiner Verdichtung und Zusammensetzung nur sehr schwer kalkuliert werden kann. Eine weitere Bohrung wurde ebenfalls wegen der hohen Kosten nicht in Betracht gezogen.

Als kostengünstigste und betriebstechnisch vertretbare Lösung wurde ein großer Segmentbogen als Verbindung der Haltung S 32 mit der Haltung KS 3 eingebaut. Die Dimension des Bogens wurde so gewählt, dass nun eine Kanalkamera zur Inspektion beider Haltungen und Reinigungsgerät sicher vom Startschacht (S 32) bis zum Zielschacht (KS 2) geführt werden kann.

2.3.7 Haltung KS 4

Die Sanierung der Haltung KS 4 konnte trotz der vorgefundenen erheblichen Schäden der Haltung ohne größere Probleme durchgeführt werden. Die vorher festgestellten Inkrustationen in der Rohrleitung stellten für die Berstrakete kein größeres Hindernis dar. Die Anschlüsse der zwei Nebensammler in Richtung Ostböschung erfolgte plangemäß.

Entgegen der ursprünglichen Zielsetzung wurde zur Kosteneinsparung auf einen Zwischenschacht am Kreuzungspunkt der Haltungen KS 4, KS 1.1 und KS 1 verzichtet. Die Zugangsmöglichkeit für die Haltung KS 4 wird nun über ein Schachtbauwerk KS 4 geschaffen.

2.3.8 Transportleitung S 50

Die unter der Basisabdichtung des jüngeren Deponieteiles verlaufende Transportleitung S 50 (Gesamtlänge 187 m) wies ein Schaden nach ca. 173 m auf, der durch einen in den Bestandsplänen nicht verzeichneten Abzweig verursacht wurde. Die Planung zur Sanierung der Haltung sah vor, den Bereich von 0-173 m mit einem Inliner langfristig zu sichern. Der Schadensbereich von 173 – 187 m sollte mit Kurzrohrberstlining saniert werden. Bei der Erkundung für den bisher nicht bekannten Bereich von ca. 55 m wurde eine Scherbenbildung festgestellt, die das Einziehen eines Inliners nicht erlaubte. Der Inliner würde durch die Scherben wieder zerstört werden.

Die ARGE Ecosoil/Stumpp hatte über ein Nebenangebot ein Langrohrberstlining anstelle eines Inliners für den Bereich 0 – 173 m angeboten, inklusive einer Bergegrube für einen eventuelles Steckenbleiben der Berstramme. Der zusätzliche Vorteil des Langrohrberstlinings gegenüber dem Verlegen eines Schlauchliners ist die langfristige statische Stabilität durch eine neue PE-HD-Leitung anstelle eines in der alten, teilweise schon beschädigten Steinzeugleitung verlegten Kunstharzschlauches.

Beim Bersten der alten Transportleitung ergab sich aber ein folgenreiches Problem. Nach ca. 24 m Bersten löste sich die Berstramme von der hinten angeschlossenen PE-HD-Leitung. Ursache hierfür war eine mangelhafte Verbindung zwischen Ramme und PE-HD-Leitung. Zur Bergung der Ramme und zum Weiterführen der Arbeiten musste nun eine zusätzliche Bohrung abgeteuft werden. Da der Schaden eindeutig auf einen Mangel des Berstequipements zurückzuführen war, entstanden für die AVL keine Mehrkosten. Nach Behebung des Schadens an der Berstvorrichtung konnte die Sanierung ohne weitere Bergegruben fortgesetzt und beendet werden.

2.3.9 Schachtbauwerke

Um nach Abschluss der Baumassnahme eine langfristige Kontrollierbarkeit der Hauptsammler des Sickerwassersammelsystems zu gewährleisten, wurden an den Endpunkten der Haltungen S 50 und KS 1/KS 4, sowie an den Kreuzungspunkten T-Stück FE 1/KS 1 und KS 2/KS 3 vier neue Schachtbauwerke aufgestellt. Aufgrund eines kostengünstigeren Nebenangebotes der ARGE wurde auf reine PE-HD-Schachtbauwerke verzichtet und Schachtbauwerke aus Beton mit einer kompletten Innen- und Außenverkleidung aus 4 mm starken PE-HD beauftragt.

Nachdem bei verschiedenen anderen Deponien Probleme in Form von eingebeulten oder gar abgerissenen Leitungen bei der Anbindung an neue Schachtbauwerke aufgetreten sind, wurde speziell auf dieses Detail besonderes Augenmerk gerichtet. In Zusammenarbeit mit der LGA Nürnberg wurde eine Konstruktion im Schachteinlaufbereich gewählt, die die unterschiedlich großen Kräfte aus Setzung des Schachtbauwerks und der Belastung aus der Unstetigkeitsstelle Schachtanschluss / Fundamentkante und Übergang Baugrube auf Abfallkörper aufnimmt. Die Rohrleitungen werden durch ein Langloch, das eine vertikale Verschiebung der Rohrleitung erlaubt, in den Schacht geführt. Die Belastung aus der Unstetigkeitsstelle wird über ein Hüllrohr mit Innendurchmesser 400 mm abgefangen, welches ohne feste Verbindung und soweit als möglich in den Müllkörper hinein verlegt wird.

Für die Einführung von Geräten zur Reinigung und Inspektion der an die Schachtbauwerke angeschlossenen Rohrleitungen wurde ein frei schwebendes Gerinne aus halben Rohrschalen hergestellt. An die Seiten dieser Rohrschalen wurden so genannte Einführhilfen aus PE-HD-Platten angeschweißt, um das Einführen von Spüldüse und Kamerawagen von oben zu ermöglichen. Bei der ersten Kanalreinigung nach Beenden der Sanierungsmaßnahme gelang dies sehr gut, so dass eine Begehung der Schachtbauwerke durch Kanalreinigungspersonal nicht erforderlich wurde.

Die Ergebnisse der Inspektion zeigen, dass sich schon nach kurzer Zeit wieder erhebliche Inkrustationen in den neuen Rohrleitungen gebildet hatten, die vor allem auf den hohen Sauerstoffeintrag durch die offenen Bohrungen zurückzuführen sind.

3. Daten der Baumassnahme

- Bohrtechnik: Niederbringen der Bohrung mit einem 60 t Seilbagger. Bohrgreifer (ca. 6,5 to) mit einem Durchmesser von ca. 1,6 m. Durchmesser der Bohrung ca. 3 m. Nacharbeiten zur Herstellung eines geraden Bohrzylinders mit einem Putzrohr (Durchmesser ca. 3,0 m, Gewicht ca. 12 to).



Abbildung 2 und 3 Seilbagger und Putzrohr

- Verbau zur Sicherung der Bohrung: Spritzbetonverbau versetzt mit Stahlfasern als Bewehrung und Abbindebeschleunigern zur schnellen Verfestigung des Betons. Der Spritzbetonverbau hat eine Dicke von ca. 0,25 m.
- Niedergebrachte Bohrungen: 29 mit einer Tiefe von 10 m – 37 m mit einem Durchmesser von 3 m.
- 25 Bohrungen mit einer durchschnittlichen Tiefe von 7,50 m für eine Schacht-an-Schacht-Sanierung.
- Bohrmeter insgesamt: ca. 850 m.
- Arbeitssicherheit: Arbeiten in den Bohrungen nur mittels Umgebungsluft unabhängiger Beatmung und Schutzanzug. Redundantes System mit Atemluftflasche außerhalb der Bohrung. Zusätzliche Bewetterung über Luttenlüfter. Maximale Arbeitszeit unter Atemschutz 2 Stunden. Permanente Schachtaufischt durch einen Arbeiter. Arbeitsmedizinische Begleitung durch die TBG Stuttgart.



Abbildung 4 Arbeiter beim Spritzbetonverbau

- Neu eingezogene Rohrleitungen: ca. 750 m, Durchmesser DN 138 bzw. DN 200, SDR 7,4 (PN 16).
- Anzahl neuer Schachtbauwerke: aus Beton, 1 Stück DN 2000 und 3 Stück DN 1600 mit einer 4 mm starken Innen- und Außenverkleidung aus PE-HD. Tiefen zwischen 20 – 40 m.
- Personal: bis zu 20 Mann.
- Bauzeit: November 2002 bis August 2004
- Baukosten: ca. 3,7 Mio. Euro netto

4. Beteiligte Unternehmen und Institutionen

| | |
|-------------------------|--|
| Bauherr | Abfallverwertungsgesellschaft des Lkr. Ludwigsburg mbH |
| Sanierungskonzeption | Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda & Partner, Karlsruhe |
| Planung | CDM Jungbauer GmbH, Stuttgart |
| Beratung | Landesgewerbeanstalt Bayern, Nürnberg |
| Genehmigung | Regierungspräsidium Stuttgart, Referat Abfallwirtschaft |
| Fachtechnische Aufsicht | Gewerbeaufsichtsamt Stuttgart |
| Bauleitung | CDM Jungbauer GmbH, Stuttgart |
| SiGeKo | CDM Jungbauer GmbH, Stuttgart |
| Bauausführung | ARGE „Sanierung ZES“ <ul style="list-style-type: none">○ Hermann Stumpp GmbH & Co. KG, Stuttgart○ Ecosoil Sanierung GmbH, Ulm <ul style="list-style-type: none">Nachunternehmen Spritzbetonverbau<ul style="list-style-type: none">○ Bombardi Tiefbau GmbH, Titisee-Neustadt Nachunternehmen Berstarbeiten<ul style="list-style-type: none">○ KURT Kanal- und Rohrtechnik, Chemnitz○ Ferrum Rohrleitungsbau GmbH, Dinkelscherben |

