

# **Sanierung einer PE-Sickerwasserdrainageleitung durch statisches Berstlining am Beispiel der Deponie „Am Breitenberg“ des Werra-Meißner-Kreises**

## **Anschriften der Verfasser:**

Dipl.-Ing. Armin Stegner, LGA, Institut für Statik / Inspektionsstelle für die Fremdüberwachung von Kunststoffarbeiten, Tillystraße 2, 90431 Nürnberg, Tel. 0911 /655 –4843 Fax - 4851

Dipl.-Ing. Dirk Hütteroth, SIG HESSEN INGENIEURE, Prof. Steffen, Hütteroth & Schröder GmbH, Ziegeleiweg 2, 34376 Immenhausen, Tel. 05673 / 99850

**Inhalt:** Auf der Deponie „Am Breitenberg“ im Werra-Meißner-Kreis wurde im Winter 2006/2007 eine vorhandene 70 m lange Sickerwasserleitung mittels Berstliningverfahren erneuert. Im Folgenden erfolgt eine Beschreibung der Baumaßnahme. Ausgehend von den umfangreichen durchgeführten Voruntersuchungen, die erforderlich waren um eine sinnvolle Sanierung durchführen zu können, werden Ausschreibung, Vergabe, Bauausführung und Überwachung beschrieben. Die statische Berechnung der Berstliningrohre gemäß den Ergebnissen des Forschungsvorhaben 'Bemessung von Rohren beim Berstliningverfahren in Deponien', das die Landesgewerbeanstalt Bayern (LGA) im Auftrag des Bayrischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen durchgeführt hat, wird beschrieben.

## **1. Ausgangssituation**

Die Deponie am Breitenberg wurde nach einer umfangreichen Sanierung des Deponiealtteiles im Jahr 1989 um den Erweiterungsabschnitt 1 erweitert. Die Entwässerung dieses Abschnittes sowie auch der geplanten vier Folgeabschnitte wird über eine Hauptsammelleitung sichergestellt. Diese Hauptsammelleitung ist auf einem Stahlbetonbalken, dem sogenannten Sickerwassersammelbalken, verlegt. Dieser hat die Aufgabe der Setzungsüberbrückung in dem Erdfall gefährdeten Gebiet. Die seinerzeit eingebaute Rohrleitung wurde statisch nach dem damals aktuellen Stand der Technik auf die geplanten Auflasten ausgelegt. Entsprechend den Ausbauzuständen sind die Rohre als Drainageleitungen mit einer 180° Fließsohle oder, in den noch nicht zur Einlagerung vorbereiteten Flächen, als Vollrohrleitung PEHD DA 355 mm, PN6, hergestellt. In dem Erweiterungsabschnitt 1 wurde ein PEHD-Rohr DA 355 PN 10 in den Bereichen mit Abfallüberlagerungen bis 43 m eingebaut.

Aus den Untersuchungen der Rohrleitung gemäß Deponieeigenkontrollverordnung gingen Verformungen dieser Rohrleitung in einem begrenzten Teilbereich bereits ab Mitte der

90er Jahre hervor. Diese Verformungen, die im Bereich einer Rohrleitungslänge von ca. 12 m festgestellt wurden, blieben mit ca. 10 % Querschnittsreduzierung bis etwa 1999 relativ konstant. Erst mit Ende der Einlagerung nahmen die Verformungen bis auf einen Verformungswert von ca. 34% im Juni 2006 zu.

Die SIG HESSEN INGENIEURE, Prof. Steffen, Hütteroth & Schröder GmbH, wurde in 2006 vom Betreiber beauftragt, eine Bestandsbewertung und Sanierungsempfehlung zu erarbeiten. Diese Bearbeitung wurde durch eine Nachbewertung der Kamerabefahrungen mit einer anschließenden Auswertung der Verformungsgrößen der Rohrleitung an ausgewählten Stationen und in Abhängigkeit der Verfüllungshöhen der Deponie durchgeführt.

Aus einer Vermessung der Rohrleitungsgeometrie aus den Kameraaufzeichnungen, dabei Höhe und Breite der verbleibenden Öffnung, gemessen an Rohrleitungsübergängen, konnte in Kenntnis der ehemaligen Rohrleitungsdimension mit  $d_i = 290$  mm Innendurchmesser eine Berechnung der Verformung erfolgen. Diese wurde dann jeweils auf die ehemalige Rohrleitungsdimension bezogen und entsprechend der Kamerabefahrung in zeitlichen Abhängigkeiten dargestellt. Im Weiteren wurde die Verformung der Rohrleitung über die Länge für ausgewählte Zeitschnitte berechnet.

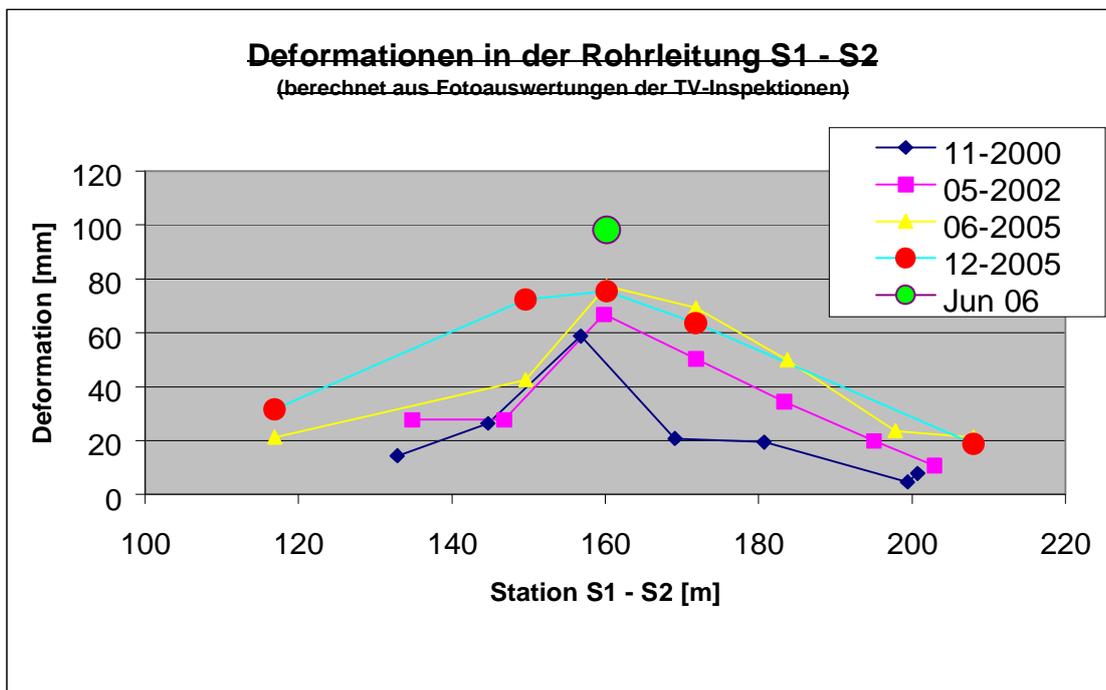


Abb. 1: Deformationen in der Rohrleitung

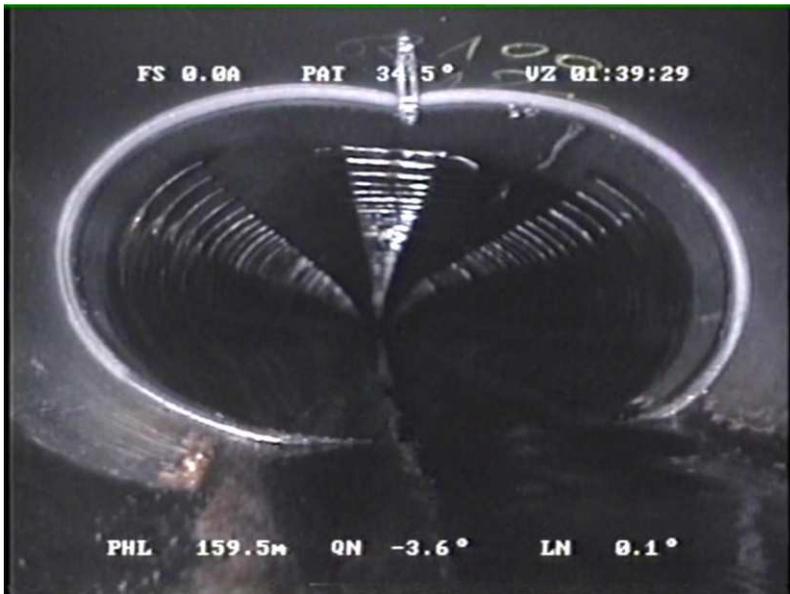


Abb. 2: Deformation der Rohrleitung 06/2006

Neben der Querschnittsverformung wurde zusätzlich eine Rissbildung in den Schlitzungen der Rohre festgestellt sowie eine zunehmende Rissbildung im Scheitel der Rohrleitungsverbindung in der Station 159.

Da die Rohre qualifiziert und überwacht eingebaut wurden, müssen als Ursache für die Deformationen der Rohre zusätzlich zu den hohen Auflasten weitere auslösende Faktoren angenommen werden. Die zusätzlich zu den Verformungen aufgetretenen Risse im Scheitel weisen dabei auf eine Versprödung des Rohrmaterials hin. Zu den Rissen im Bereich der Schlitzungen liegen Ergebnisse von statischen Berechnungen vor, die zeigen, dass in den nicht ausgerundeten Schlitzecken erhebliche Kerbspannungen auftreten, die ein mehrfaches der nach üblichen Berechnungsmethoden ermittelten Rohrumfangsspannungen betragen können. Durch Materialauswahl und Ausführung der Perforation als Lochung wurde diesen Erkenntnissen Rechnung getragen. Da eine Versprödung durch die Temperatur in der Rohrwand beschleunigt wird, wurden die Temperaturprofile des Sickerwassers in die Untersuchungen aufgenommen. Für die Sanierung wird dabei angenommen, dass in der Altdeponie die Temperaturen geringer werden, das heißt dauerhaft unter 40°C verbleiben.



Abb. 3: Rissbildung in Drainagerohrschlitzungen

Aufgrund der vorgesehenen Stilllegung der Deponie in Verbindung mit einer noch erforderlichen Profilierung der Oberfläche und dem Aufbau einer Wasserhaushaltsschicht als Oberflächenabdichtung werden in diesem derzeit mit ca. 28 – 30 m Abfall überdeckten Bereich der Rohrleitung nochmals ca. 8 bis 10 m Bodenüberdeckung aufzubringen sein.

Dem Betreiber wurde einen Sanierungsvorschlag unterbreitet, der den Austausch der Rohrleitung PEHD DA 355 PN 10 auf der Gesamtlänge von 70 m, somit zwischen zwei Sammleranschlüssen und den Dimensionswechseln dieser Rohrleitung auf DA 355 PN 6 bzw. DA 400 PN 12,5 vorsieht. Damit wird dann der gesamte Bereich dieses Materials gegen ein Rohr der Dimension PE100 DA315 SDR 7,4 ausgewechselt. Die Auswechsellung wurde als statisches Berstlining vorgeschlagen, die Sanierungsrohrdimension wurde mit der hier maximal möglichen gewählt. Eine statische Vorbemessung der Sanierungsrohre wurde von der LGA Bautechnik GmbH durchgeführt. Diese berücksichtigt die zukünftigen Lastzustände nach Abschluss der Deponie und gibt die gewählte Rohrdimension mit dem Rohrmaterial PE100 sowie einem FNCT-Wert > 1600 h vor.

Nach der Zustimmung der Genehmigungsbehörde wurden die bauvorbereitenden Planungen, die Ausschreibung, sowie der SiGe-Plan und ein „Notfallkonzept zur Sickerwasserentsorgung“ bearbeitet.

Das Notfallkonzept Sickerwasserentsorgung beinhaltet organisatorische Maßnahmen und Notfallketten für den Fall des erhöhten Sickerwasseranfalles während der Schachtarbeiten und für den Fall des Durchschlagens von Wasserlinsen nach Freilegung der Rohr-

leitung. Die Absicherung der Sickerwasserentsorgung wurde dabei über verschiedene Maßnahmen von der Zwischenspeicherung bis zur Fremdentsorgung geregelt.

## **2. Bauvorbereitung**

Die zu sanierende Rohrleitung lag mit ca. 70 m in gerader Strecke. Die Sanierung wurde als statisches Berstlining geplant. Die Planung sah vor, die Erstellung der Sanierungsschächte im Stahlrohrverbau auszuführen. Dies hatte vor allem die Gründe in der Erfordernis der Durchörterung des Asbestmonolagers der Deponie am Startschacht und damit der Minimierung des Aushubs und der zu ergreifenden Arbeitsschutzmaßnahmen während des Aushubs und des Schachtverbaus. Weiterhin waren die Erkenntnisse über den Sickerwasseranfall aus einer anderen Baumaßnahme ein Grund für die Vorgabe dieser Verbauart.

Die Vergabe der Bauleistung erfolgte nach beschränkter Ausschreibung. Ausgeschrieben wurde die Herstellung von Tandemschächten im Stahlrohrverbau mit einem Startschacht, einem Zielschacht und einem Bergeschacht. Den Zuschlag erhielt die BHG Brechtel GmbH, die die Baumaßnahme im Zeitraum November 2006 bis Februar 2007 durchführte.

## **3. Bauausführung**

Während dem Niederbringen der Schächte war festzustellen, dass in dieser Deponie keine Wasserlinsen oder wasserführenden Schichten durchörtert wurden, die zu Sickerwassereinstau in den Schächten führten. Die Sorge des Betreibers und auch der Genehmigungsbehörden hier eine erhebliche Sickerwassermenge mit Konzentrationen von bis zu 8000 mg/l CSB zwischenspeichern oder fremd entsorgen zu müssen, war unbegründet.



Abb. 4: Schachtbau



Abb.: 5: Schacht mit Stahlrohrverbau



Abb.: 6: Kiesüberdeckung Altrohr vor dem Berstlining

Die Baumaßnahme wurde mit Ausnahme der Rohrschweißungen, die nur bei einer Temperatur von mindestens 5°C durchgeführt werden können, durch die Bauzeit im Winter nicht beeinträchtigt.

Nach dem Niederbringen der Schächte und der Herrichtung der Schachtsohlen wurde das Ziehgerät zum statischen Bersten in den unten liegenden Schacht eingebaut. Hierbei handelte es sich um eine Zugmaschine der Tractotechnik, GRUNDOBURST 1250 G, mit einer Nenn-Zugkraft bis zu 120 t.



Abb.: 7: Montage des Zug- und Aufweitkopfes

Der Vorbereitung der Rohrleitung, dem Verschweißen der einzelnen Rohrleitungsstränge der Dimension DA 315 SDR 7,4 - PE100, folgte das Einbringen des Zug- und Schneidkopfes. Die Rohrleitung wurde anschließend innerhalb von 9 Stunden eingezogen. Nach einem weiteren halben Tag war dann die Rohrleitung im Zielschacht freigelegt und die Zugmaschine ausgebaut.

Die Freigabe der Berstrohre erfolgte nach dem Vorliegen der Unterlagen zum Qualitätsmanagement des Rohrherstellers, wobei insbesondere der Einsatz eines möglichst rissunempfindlichen PE-Materials gefordert wurde. Die Schweißungen des Rohrstranges wurden durch einen für Rohrschweißungen ausgebildeten Schweißer ausgeführt und protokolliert. Schweißwulste wurden entfernt. Die Berstmaßnahme wurde protokolliert und nach der Fertigstellung des Einzuges erfolgte eine visuelle Untersuchung der vorderen Rohrbe-  
reiche auf Schädigungen durch den Einziehvorgang.



Abb.:8: Bersten der Altrohrleitung, eine Arbeit auch für schlechte Witterung



Abb.: 9: Eingezogenes Sanierungsrohr nach dem Berstlining

Die neuen Rohraufleger wurden in den Baugruben vor deren Verfüllung abgenommen. Bei ihrer Herstellung wurde versucht Steifigkeitssprünge weitestgehend gering zu halten.

Nach Durchführung der Rohrleitungserneuerung wurden die Schächte rückgebaut und mit Abfallaushub verfüllt, dabei wurde jeweils ein Schacht als Gasbrunnen ausgebaut und zum Betrieb an der Deponiegasfassung vorbereitet.



Abb.: 10: Muffenbereich nach dem Berstling

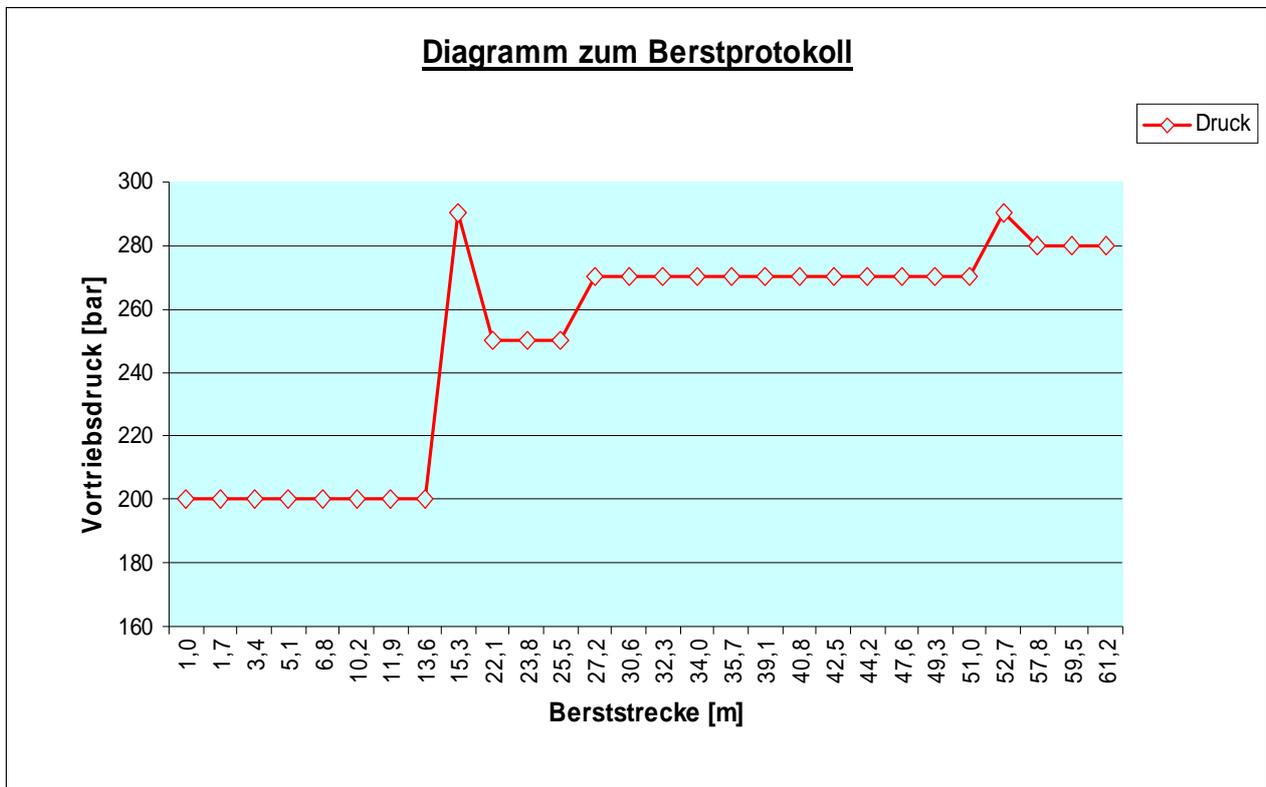


Abb. 11: Berstprotokoll

Die Sanierungsmaßnahme wurde in einer Bauzeit von 70 Werktagen ausgeführt. Die Ausführung konnte, wie geplant, mit Start- und Zielschacht, ohne Bergeschacht erfolgen.

Die Baumaßnahme wurde qualitätssichernd durch die LGA Bautechnik GmbH Nürnberg, Herrn Dipl.-Ing. Stegner, überwacht. Ebenfalls wurde die Rohrleitungsdimensionierung, die Rohrstatik und die Herstellung der Rohrleitungsanschlüsse durch Herrn Stegner begleitet.

#### **4. Statische Berechnungen der Berstrohre**

Beim Berstlining entspricht der Außendurchmesser des Neurohres im Allgemeinen nicht demjenigen des Altrohres – hier PE Da 355 und PE Da 315 -, so dass eine eindeutige Einbettungssituation in ein passgenaues Auflager und eine exakt definierte seitliche Bettung verfahrensbedingt nicht vorausgesetzt werden können. Auch hat das Einziehen Auswirkungen auf die Lage und Einbettung des Neurohres und führt damit zu zusätzlichen Einwirkungen auf die Rohre. Zwischen Neurohr und Bettung verbleiben Altrohrreste. Eine übliche rohrstatische Berechnung nach den anerkannten Regelwerken für offen verlegte Rohre (z.B. ATV A/M127, /1/ und /2/) setzt aber definierte Einbauverhältnisse voraus und kann deshalb bei den im Berstliningverfahren verlegten Leitungen nicht sinnvoll angewendet werden.

Um unter Berücksichtigung aller Gegebenheiten eine zutreffende Beurteilung der Standsicherheit der Berstliningrohre und damit eine Aussage zum Erfolg einer solchen Baumaßnahme treffen zu können, sind Parameterberechnungen verschiedener denkbarer Einbettungssituationen mittels Finite-Element-Methode (FEM), bei der jede Einbausituation abbildbar ist, erforderlich. Der Bauzustand mit Biegeradien und Einziehkräften muss mit diesen Berechnungen zusätzlich im Interaktionsnachweis überlagert werden. Nach der Fertigstellung sind die getroffenen Annahmen auf der Grundlage der Erkenntnisse bei der Bauüberwachung zu verifizieren. Neben der entstandenen Einbettungssituation sind insbesondere auch Riefen aus dem Einziehvorgang zu bewerten. Hieraus ergibt sich dann die endgültige statische Berechnung der Rohre.

Im vorliegenden Fall wurden im Vorfeld rechnerische Untersuchungen durchgeführt, die Aussagen zu den Schadensursachen erlauben. Auf der Grundlage dieser Berechnungen basierten dann die Nachweise der neuen Rohre.

Diese Nachweise erfolgten gemäß den Anforderungen in zwei Forschungsvorhaben zur Bemessung von Rohren beim Berstliningverfahren in Deponien (/5/ und /6/), die die Lan-

desgewerbeanstalt Bayern (LGA) im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen durchgeführt hat.

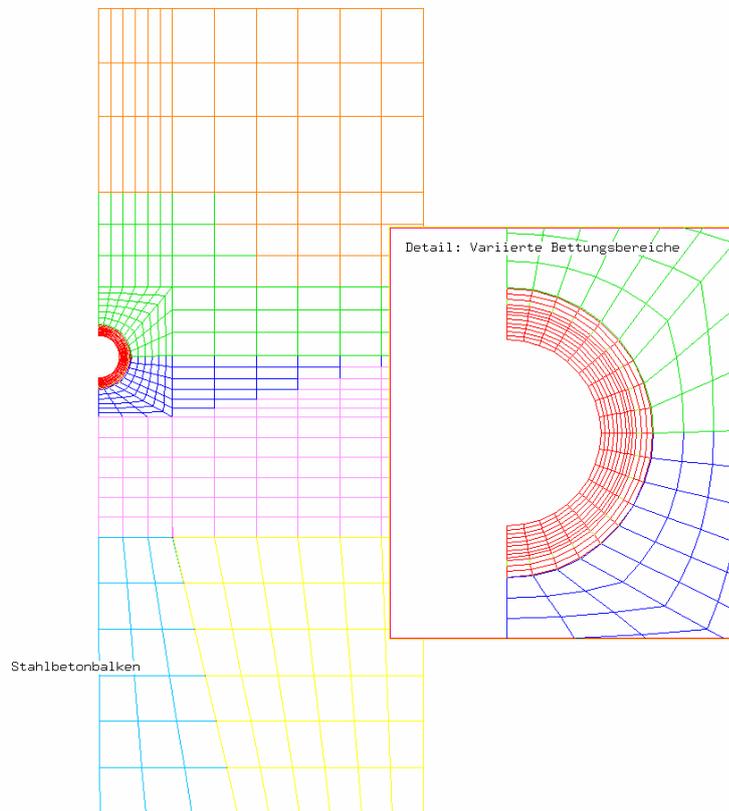


Abb. 11: FEM Modell des Berstliningrohres

## 5. Fazit

Die Sanierung von Deponiesickerwasserrohren ist nicht nur für die biegesteifen Rohrleitungen mit dem dynamischen Berstlining möglich. Auch biegeeweiche PE-Rohrleitungen lassen sich über eine angepasste Bersttechnik mit statischem Bersten sanieren. Die erreichbaren Haltungslängen sind dabei sicherlich insbesondere von der gewählten Sanierungsrohrdimension und der erreichbaren Zugkraft der Maschinenteknik abhängig. Entscheidend für die Kostensicherheit ist weiterhin die Kenntnis der Rohrauflager und –ummantelung, der Rohrlage und der Sickerwassermengen in der Deponie.

Entscheidend für den Erfolg einer Baumaßnahme, die sowohl auf der Kenntnis des ursprünglichen Rohreinbaus basiert als auch durch die Möglichkeit unerwartet auftretender Ereignisse gekennzeichnet ist, ist neben den technischen Voraussetzungen die Zusammenarbeit der Beteiligten. Hier hat die Zusammenarbeit von Bauherrn, Planer, Ausführenden und Überwachung zu einem reibungslosen Bauablauf und dem erfolgreichen Abschluss der Baumaßnahme geführt.

## 6. Literatur

- /1/ ATV-DVWK-Regelwerk-Abwasser-Abfall, Arbeitsblatt A 127, Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen, 3. Auflage Aug. 2000
- /2/ ATV Merkblatt M 127 Teil 1, Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungsleitungen für Sickerwasser aus Deponien, März 1996
- /3/ Vorläufige Bemessungsgrundsätze für Bauteile in Deponien - Rohrleitungen aus PE-HD für Basisentwässerungssysteme - Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin 11/95
- /4/ Instandhaltung von Entwässerungsleitungen in Deponien, GSTT Informationen Nr.9, August 2007, German Society for Trenchless Technology e.V., Hamburg
- /5/ Landesgewerbeanstalt Bayern / Wölfel Beratende Ingenieure: Forschungsvorhaben „Bemessung von Rohren beim Berstliningverfahren in Deponien“, Untersuchung im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz, 29.08.2000
- /6/ Landesgewerbeanstalt Bayern, Forschungsvorhaben „Bemessung von Rohren beim Berstliningverfahren in Deponien unter Berücksichtigung des statischen Berstens und des Kurzrohrberstlining“, Untersuchung im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz, 03.07.2006