

Schäden in Deponieentwässerungssystemen: Sanieren oder überwachen?

Wolfgang Edenberger

ICP - Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH

Damages in landfill drainage systems, remediate or observe?

Abstract

The task of pipe rehabilitation of landfill drainage systems often represents a technical and economic challenge. A monitoring and assessment of pipes is therefore of high priority.

The range of possibilities is limited by tight budgets of districts and cities. Due to these circumstances, short-sighted solutions which provide little improvement for their investment cost on the long run are to be avoided.

A first assessment of a landfill drainage system is a suitable approach to establish the required action. It comprises camera investigation of particular pipes as well as over all assessment of the landfill drainage system as such. The resulting strategy identifies the need for remediation action on different time horizons, at the best possible rate of investment to benefit. Only in-depth knowledge of the occurrence and development of damages in landfill drainage pipes allows the correct prognosis of the long term operational reliability.

Decision finding for or against remediation action often requires 3 to 5 years of regular monitoring and assessment of a drainage pipe system, because stagnation or worsening of damage is only detectable after such a period. The inspection of drainage pipes on a regular basis and the evaluation of their result can at times even lead to the conclusion that a repair of a damaged pipe is not essentially required, e.g. if a damage is not conflicting with the function and which is not expected to aggravate.

The drainage of the landfill body will be sustained and secured if all recommendations of the initial assessment are realized.

Inhaltsangabe

Die Sanierung von Deponieentwässerungsleitungen stellt immer wieder eine Herausforderung sowohl in technischer als auch in finanzieller Sicht dar. Der Überwachung und Einordnung von beschädigten Leitungen wird deshalb in den nächsten Jahren eine hohe Priorität eingeräumt werden müssen.

In jedem Fall muss vermieden werden, dass die schon ohnehin knappen Kassen durch unnötige „Schnellschüsse“ belastet werden. Eine konsequente und regelmäßige Inspektion der Entwässerungsleitungen sowie eine entsprechende Auswertung der Ergebnisse kann oftmals zur Aussage führen, dass eine beschädigte Leitung nicht unbedingt saniert werden muss.

Eine Erstbewertung des Entwässerungssystems dient dabei als probates Mittel. Hier werden nicht nur Schäden in einzelnen Leitungen betrachtet sondern eine Bewertung des Entwässerungssystems in der Gesamtheit des Bauwerks Deponie erarbeitet. Als Praxistagung Deponie 2006 www.wasteconsult.de

Ergebnis steht eine Strategie, die unter einem hohen Kosten-/Nutzenverhältnis nur wirklich notwendige Sanierungen in verschiedenen Zeithorizonten vorsieht. Wichtig sind hierbei auch fundierte Kenntnisse über die Entstehung und Entwicklung von Schäden in Deponieentwässerungsleitungen, um konkrete Prognosen hinsichtlich einer langfristigen Funktionstüchtigkeit einzelner Leitungen abgeben zu können.

Die Entscheidungsfindung „sanieren oder überwachen“ kann erfahrungsgemäß etwa nach 3 bis 5 Jahren der regelmäßigen Überwachung und Bewertung des Entwässerungssystems erfolgen, da über diesen Zeitraum eine Schadensstagnation oder ein Vorschreiten von Schädigungen erkennbar wird.

Schlüsselwörter/Keywords

Deponieentwässerungssystem, Sanierung, Überwachung, Schäden, Schadensentwicklungen, Erstbewertung, Schadenstagnation, Schadensverschlechterung

Landfill drainage system, rehabilitation, monitoring, damages, development of damages, first assessment, stagnation of damage, worsening of damage

1 Einleitung

Das Entwässerungssystem einer Deponie stellt einen unverzichtbaren Bestandteil des Abdichtungssystems, speziell an der Deponiebasis dar. Die in die Flächendrainage integrierten gelochten bzw. geschlitzten Entwässerungsleitungen (nach dem früheren Standard aus Ton oder Steinzeug, nach dem derzeitigen Stand der Technik aus PE-HD) haben die Aufgabe, das anfallende Sickerwasser aus dem Deponiekörper abzuleiten und einer entsprechenden Behandlung zuzuführen. Treten in diesem wichtigen Teil des Bauwerks Deponie Schäden auf, so kann dies bekannterweise fatale Folgen für die Abdichtung und demzufolge auch für die Umwelt haben. Besonders auch die Anforderungen an die Funktionstüchtigkeit des Entwässerungssystems in der Nachsorgephase einer Deponie sind sehr hoch und sollten trotz realisierter Oberflächenabdichtungen nicht unterschätzt werden. Die Entwässerungsleitungen müssen auch nach dem Abschluss des Deponiekörpers, nicht zuletzt auch aufgrund der Tatsache einer über lange Zeiträume andauernden Eigenentwässerung des Deponiekörpers, funktionstüchtig bleiben.

Ist das Entwässerungssystem beschädigt, stellt dies für viele Deponiebetreiber eine Gratwanderung zwischen der Durchführung kostspieliger Sanierungen oder einem „Abwarten“ und beobachten bzw. überwachen von Schadensentwicklungen dar.

Die folgenden Ausführungen zeigen verschiedene Möglichkeiten und Beurteilungsansätze, die letztendlich zur Entscheidung führen sollen, ob eine Sanierung von Schäden sinnvoll erscheint oder eine entsprechend adäquate Wartung und Überwachung ausreichend ist.

2 Schäden in Deponieentwässerungssystemen

2.1 Darstellung von typischen Schadensbildern

Zunächst soll ein Überblick gegeben werden über den aktuellen Kenntnisstand von Schäden in Deponieentwässerungsleitungen und deren Entwicklungsstufen.

Versackungen (Senken)

Versackungen stellen sich durch örtliche Verformung, z.B. Setzung des Untergrunds im Bereich des Rohraufagers ein. Ursache hierfür können örtlich schlechterer Baugrund oder örtlich stark erhöhte Lasten sein. In den Senken staut sich das abfließende Wasser auf, so dass hier ab bestimmten Tiefen die Kanalkamera unter Wasser gerät.



Abbildung 1 Senke mit Sickerwasseransammlung

Im Bereich von Senken staut sich innerhalb der Deponieflächen Sickerwasser auf der Basisabdichtung. Da eine Behebung des Schadens in der Regel nur durch großräumiges Freilegen möglich ist, werden geringe Senken (10 bis 20 cm) in überschütteten Deponien in der Regel hingenommen.

Muffenspalten

Muffenspalten ergeben sich durch unsachgemäße Rohrverlegung, zu große Abwinkelungen, und bei PE-HD-Rohren durch Nichtbeachtung des Temperaturdehnungsverhaltens (große Ausdehnung bei Erwärmung) bei der Verlegung.

Muffenspalten in Drainleitungen (Sickerrohren) sind ohne Belang solange sie Spülarbeiten, die TV-Befahrung und die Standsicherheit der Rohre nicht beeinträchtigen.

Muffenspalten in Transportleitungen (Sickerwasserkanälen) außerhalb der Deponie deuten auf Undichtigkeiten hin und sind unbedingt zu prüfen sowie gegebenenfalls zu sanieren bzw. abzudichten.

Verformungen des Rohrquerschnittes

Verformungen des Rohrquerschnittes ohne Rissbildung treten nur bei sogenannten biegeweichen Rohren auf. Ursache hierfür sind zu hohe Lasten, unsachgemäße Auflagerung (Rohrbettung), starke Senken oder zu hohe Temperaturen (insbesondere bei PE-HD-Rohren).

Ein vollständiges Beulen (Zusammenfallen des Rohrquerschnittes) bei Kanalrohren aus PE-HD tritt bei etwa 35 bis 40 % Verformung ein. Bei Verformungen ab etwa 25 bis 30 % sind wegen des drohenden Kollabierens geeignete Sanierungsmaßnahmen einzuleiten. Ab ca. 50 % Verformung wird in der Regel von einer Kamerainspektion abgesehen, da das Risiko zu groß ist, durch ein Kollabieren der Leitung die Kamera zu verlieren (Abb.2).

Bei der Beurteilung von Querschnittsverformungen ist des weiteren von Bedeutung, ob das betreffende Rohr zukünftig durch zusätzliche Aufschüttung (z.B. Oberflächenabdichtungen) höhere Lasten erfährt, oder ob das Rohr nicht zusätzlich belastet wird. **In letzterem Falle kann sich eine stabile Situation einstellen, da sich das Rohr durch die Verformung teilweise der Last entzieht. Dieser Aspekt kann auch im Hinblick auf eine Abwägung „Sanierung/Überwachung“ von Bedeutung sein.**

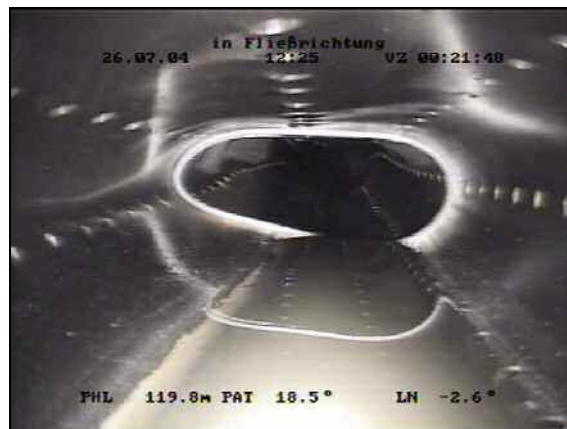


Abbildung 2 Starke Verformung einer PE-HD Leitung

Risse

Risse treten überwiegend bei sogenannten biegesteifen Rohren (wie z. B. Steinzeug) auf. In neuerer Zeit werden aber auch bereits in PE-HD Leitungen entsprechende Rissbilder festgestellt, die jedoch in jedem Fall eine Untersuchung anhand sehr spezieller Randbedingungen bedürfen. Risse werden nach ATV M 143 unterschieden in:

- *Längsrisse*
- *Querrisse*
- *Risse von einem Punkte ausgehend*

Bereichsweise auftretende Risse können auch eine bautechnische Ursache haben, z.B. in der nicht sachgerechten Einbettung der Muffenbereiche in den Untergrund nach DIN 4033. Hierbei kommt es zu unzulässigen Punktlagerungen, d.h. zu einem sogenannten Muffenreiten. Dieser Fehler tritt häufig bei der Verlegung von Steinzeugrohren auf, deren Muffenaußendurchmesser wesentlich größer ist als der Außendurchmesser des Rohres selbst.

Längsrisse entstehen in Drainageleitungen entweder durch ein unsachgemäß ausgebildetes Rohraufleger, d.h. durch eine Linienlagerung die nach DIN 4033 nicht zulässig ist, oder durch eine zu hohe Auflast auf das Rohr selbst. Eine Linienlagerung bewirkt die Überschreitung der Ringbiegezugfestigkeit.

Scheitel- und Sohlenrisse öffnen sich im Allgemeinen auf der Innenseite der Rohrwandung; Kämpferrisse auf der Außenseite.

Die Bildung von Querrissen in Deponiedrainageleitungen kann auch die Ursache in einer unsachgemäßen Rohrauflegerung sowie im Einwirken von großen Lasten auf dem Rohr haben. Querrisse verlaufen oft im gesamten Rohrumfang und treten bei schlechtem Rohraufleger meist in der Rohrmitte auf.

Risse von einem Punkt ausgehend stammen ebenfalls von einer zu hohen Auflast, können jedoch auch von auf die Rohrwandung drückenden Einzellasten herrühren. Diese Punktlasten können auch beim unsachgemäßen Einbau der ersten Müllage (Sperrmüll etc.) entstehen. Hierbei kann es vorkommen dass sperrige Teile wie Balken, Stahlträger o.ä. die Kiesrigole über dem Rohr durchdringen und auf die Rohrwand drücken.

Sich verzweigende Risse (längs und quer) führen letztendlich zu Scherbenbildung und Rohrbruch (als Rohrbruch wird das Fehlen mehr oder weniger großer Stücke der Rohrwandung bezeichnet) und im Extremfall zum Einsturz der Leitung. Ein Einsturz ist die folgenschwerste Phase in der Zerstörung einer Rohrleitung. Er unterbricht den Rohrquerschnitt und macht Kontroll- und Wartungsarbeiten sowie einige Sanierungsverfahren unmöglich. Die Abbildungen 3 bis 5 zeigen verschiedene Entwicklungsstadien der erwähnten Risse auf.

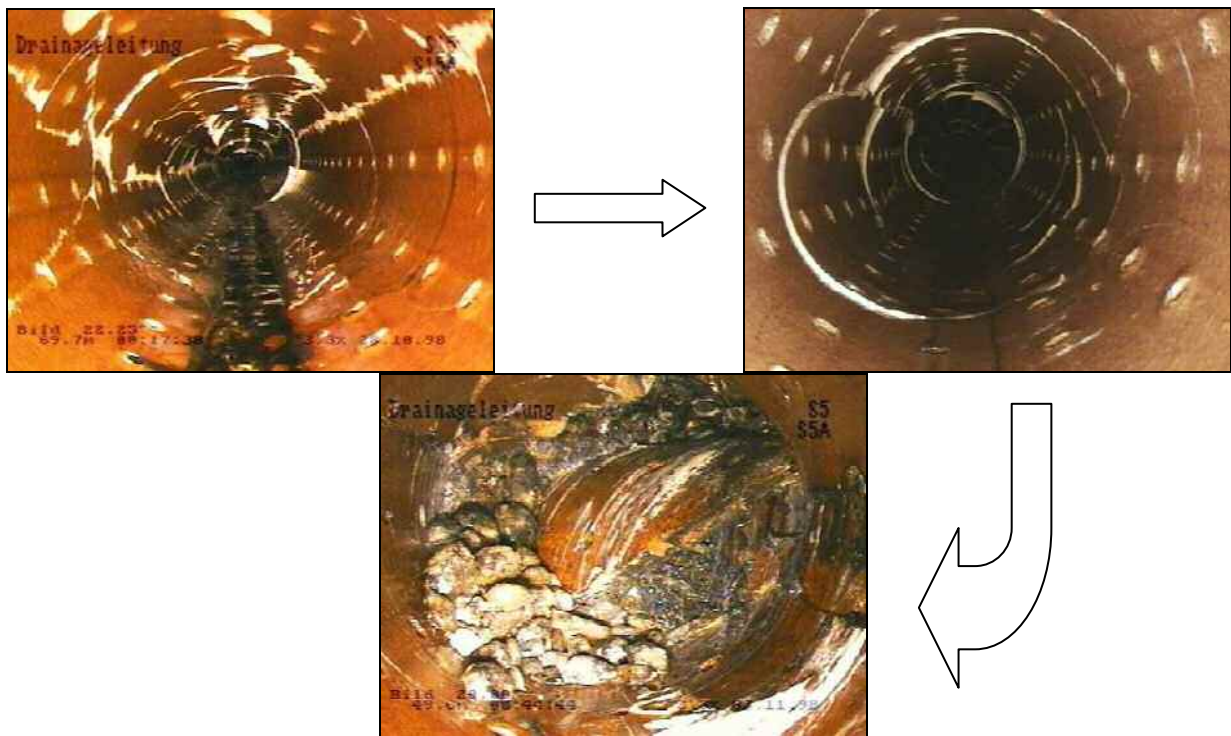


Abbildung 3 bis 5 Entwicklungsstadien der Rissbildung in biegesteifen Rohren

In Steinzeug- oder Tondrainagerohren vorhandene Quer- und Längsrisse sowie partiell auftretende Scherbenbildungen, vor allem in Muffenbereichen (Steinzeug), deuten im allgemeinen darauf hin, dass die gewählten Rohre gegenüber der hohen Auflast durch den Deponiekörper nicht standsicher genug sind.

Bei den nachfolgend betrachteten Leitungen handelt es sich um biegeweiche Rohre (PE - HD). Ein derartiges Schadensbild ist für biegeweiche Rohre eigentlich atypisch. Es treten jedoch in letzter Zeit immer häufiger auch Risse in PE-HD-Rohren auf, wobei diese Schäden aufgrund des Materials nach erstmaligem Auftreten ständig weiter fortschreiten.

Nach den aktuellen Erkenntnissen des Verfassers zeichnen sich die Rissbilder in PE-HD Leitungen in verschiedenen Entwicklungsstufen ab, die teilweise sehr rasch verlaufen. Die Entwicklung zeigt zunächst eine Vertiefung an der Oberfläche, im zweiten Stadium ein anreißen und „ziehen“ des PE-Materials bis hin zum klaffenden Riss.



Abbildung 6 bis 8 Entwicklungsstadien der Rissbildung in biegesteifen Rohren

Auffällig ist, dass die Schäden verstärkt bei Deponien auftraten, bei welchen die PE-Leitungen auf einer Zwischenabdichtung verlegt wurden. Hier wurden, wahrscheinlich aufgrund der Wärmebildung ober- und unterhalb der Dichtung sehr hohe Temperaturen von dauerhaft über 50 °C beobachtet.

Als Ursache für eine Rissbildung in PE-HD-Rohren können eventuell ungeeignete PE-HD-Formmassen verantwortlich sein, dies wurde bereits durch Untersuchungen an einem konkreten Fall bestätigt. Dauerhaft hohe Temperaturen (s. o.) und dadurch stark beschleunigte Versprödung können als Ursache ebenfalls in Betracht gezogen werden.

Eine zusätzliche Beanspruchung der Rohre besteht in der Lochung bzw. Schlitzung. Durch die Lochung und insbesondere die Schlitzte wird eine Kerbwirkung mit einer Spannungsüberhöhung an bestimmten Stellen verursacht, die zu einer Rissbildung führen kann (siehe hierzu Abb. 9).



Abbildung 9 Riss ausgehend von einem Schlitz

Ebenso wie in geschlitzten Rohren treten jedoch auch in gelochten Rohren derartige Rissbilder auf (Abb. 10).



Abbildung 10 Typischer Längsrisss beginnend an einem Drainageloch

Immer häufiger wird festgestellt, dass diese Art der Risse nicht unbedingt mit einer vorherigen Verformung der Leitung einhergeht. Haben sich im Bereich der Löcher oder Schlitze erst einmal Risse gebildet, schreiten diese immer weiter fort. In aller Regel geschieht dies von Loch zu Loch oder über die Ecken der einzelnen Drainageschlitze.

Derartige Strukturen können sich über mehrere Meter fortsetzen. Anders als bei den im Steinzeugrohr verwendeten Steckmuffen, an denen in aller Regel Streckenrisse unterbrochen werden und sich dadurch verlieren, springen die Risse in den formschlüssigen Schweißverbindungen der PE-HD Rohre in den nächsten Rohrstrang über. Als besonders problematisch erscheint jedoch in vielen Fällen die Tatsache, dass sich Risse nicht nur an den Schwachstellen (Loch oder Schlitz) einstellen, sondern auch in der Rohrsohle oder im Rohrscheitel (Abb. 11). Prägnanterweise zeigen sich derartige Riss auch hier oftmals ohne vorherige Verformung der Leitung.



Abbildung 11 Riss in der Rohrsohle einer PE- Leitung

Kommt es zu einer Überlagerung der verschiedenen Längrisse mit Querrissen, kann dies auch zu einem Einsturz der PE-Leitung führen wie er ansonsten nur von den biegeweichen Steinzeugleitungen bekannt ist (Abb. 12).



Abbildung 12 Einsturz einer gelochten PE-Leitung

Inkrustationen

Inkrustationen entstehen durch Ausfällung von im Sickerwasser gelösten Stoffen in den Rohrleitungen. Sie können die Funktion einer Flächendrainage weitgehend stören.

Die Inkrustationen sind hauptsächlich auf Ausfällungsreaktionen zurückzuführen, bei denen im Sickerwasser gelöste Stoffe durch einen Milieuwechsel (Zutritt von O₂, Temperatur- oder pH-Wert-Änderungen, biochemische Vorgänge etc.) in weniger lösliche Stoffe überführt werden. Die üblichen Ausfällungsprodukte Calciumcarbonat (meist als Kalzit) sowie Eisen- und Manganverbindungen verfestigen das Kiesmaterial und blockieren Drainageöffnungen der Sammelleitungen. Somit können Inkrustationen zu einem fast vollständigen Verlust der Drainagewirkung des gelochten Rohres und seiner Umgebung führen.

Inkrustationen lassen sich in einem gewissen Umfang durch siphonierte Leitungen (kein Luftzutritt) reduzieren. Gänzlich zu unterbinden sind sie in Deponien nicht. Am besten zu entfernen sind sie durch eine rechtzeitige, regelmäßige Hochdruckreinigung.

2.2 Beurteilung und Einordnung von Schadensbilder

Die vorigen Ausführungen machen deutlich, dass zur Einschätzung von bestimmten Schadenskonstellationen, hinsichtlich der gesuchten Entscheidung „Sanierung oder Überwachung“, ein eingehender Kenntnisstand zu den **einzelnen Stufen einer Schadensentwicklung** erforderlich ist.

Schäden müssen hierbei insbesondere in 2 Hauptkategorien unterteilt werden:

- *Schadenstagnation* über einen zu definierenden Zeitraum
- *Schadensintensivierung* über einen zu definierenden Zeitraum

Die Instrumentarien zur Überwachung der Schäden, die letztendlich zu einer Beurteilung der Schadenskonstellation führen, werden in Abschnitt 3 aufgezeigt.

Neben der Aufstellung von Zeitreihen zur Schadensentwicklung wird grundsätzlich eine Analyse des Entwässerungssystems im Gesamtkomplex der jeweiligen Deponie durchgeführt. Hierbei müssen folgende Betrachtungen und Überlegungen angestellt werden, die nicht selten zunächst mit einer umfangreichen Akteneinsicht bzw. –recherche einhergehen:

- Besteht auf der Basisabdichtung ein ausreichend dimensionierter Flächenfilter?
- Wurden die Entwässerungsleitungen flächendeckend verlegt und wie groß ist der Abstand der einzelnen Leitungen?
- Wie groß ist der Durchmesser der einzelnen Leitungen?

- Welches Gefälle weisen die einzelnen Leitungen auf?
- Wie sind die Gefälleverhältnisse der Basisabdichtung auf die einzelnen Leitungen?
- Aus welchem Material bestehen die Leitungen und wie alt sind diese?
- Wie soll eine mögliche Oberflächenabdichtung realisiert werden?
- Wie wurde die Basisabdichtung gestaltet?
- Welche geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse werden außerhalb des Deponiekörpers angetroffen?

Die genannten Faktoren werden letztendlich maßgeblich zur Entscheidungsfindung herangezogen ob eine Sanierung notwendig ist oder eine entsprechende Überwachung der Schadensentwicklung langfristig ausreicht.

3 Überwachung des Entwässerungssystems

Eine adäquate Beurteilung und Einordnung der einzelnen Schadensbilder wird nur bei einer optimalen Überwachung der einzelnen Leitungen mit Hilfe einer Kamerainspektion möglich. Die weiteren Ausführungen zeigen die aktuellen Möglichkeiten eine optimale Grundlage zur Beurteilung möglicher Schäden zu erhalten.

Grundsätzlich ist es bei der Überwachung von Deponieentwässerungsleitungen wichtig, dass die erhobenen Daten mit den voran durchgeführten **Untersuchungen** (meist im Vorjahr) **vergleichbar** sind.

3.1 Zustandserfassung

Grundlage für eine Zustandsbewertung des Entwässerungssystems bzw. zur Festlegung weiterer Schritte bei der Instandhaltung der Leitungen bildet die, im Anschluss an die Reinigung durchzuführende, Untersuchung mittels Kanalkamera.

Zur Durchführung der TV-Inspektion in Deponieentwässerungsleitungen stehen umfangreiche Verfahrenstechniken zur Verfügung. Wie bei vielen Technologien werden auch hier immer wieder technische Neuerungen auf den Markt gebracht, so dass die nachfolgenden Ausführungen lediglich den aktuellen Stand der bis Mitte 2006 zur Verfügung stehenden Techniken wiedergeben können.

Die zielgerichtete Durchführung der einzelnen Messungen und Bestandsaufnahmen bildet eine wichtige Basis für die Beurteilung des Entwässerungssystems und der bereits mehrfach erwähnten Entscheidungsfindung.

Bei der Zustandserfassung werden die Untersuchungsergebnisse protokolliert und auf Videobändern, neuerdings auch auf DVD, aufgezeichnet. Die derzeit angewandten Inspektionsmethoden ergeben eine bestimmte Anzahl von Informationen über das Entwässerungssystem. Aufgrund der Untersuchungen ergibt sich eine Vielzahl von Fotos, Videobändern oder DVD's, Schadensberichten und Daten auf lesbaren Datenträgern. Auf der Basis dieser Informationen erhält man einen Überblick über den aktuellen **bau-lichen Zustand** der Entwässerungsanlagen und den Erfolg der vorangegangenen Reinigungs- und möglicherweise Instandsetzungsarbeiten.

3.2 Neigungsmessung

Zur Überwachung von Setzungen an der Deponiebasis stellt die Neigungsvermessung in den Entwässerungsleitungen ein probates Mittel dar. Auf die Genauigkeit der Messungen und eine entsprechende Vergleichbarkeit in Jahresreihen ist daher grundsätzlich zu achten.

Moderne Verfahrenstechniken wie die Inklinometermessung lösen hierbei immer mehr den Einsatz der konventionellen Schlauchwaage bei der Ermittlung der Rohrneigungen ab.

Wie bei der Messung mittels Druck aufnehmender Schlauchwaage werden auch hier punktweise pro cm gefahrene Strecke die Neigungsdaten registriert. Das Messintervall liegt zwischen 1 und 4 cm, dabei wird kontinuierlich ein Mittelwert errechnet und im PC gespeichert. Vergleichsmessungen ergaben nur geringfügige Abweichungen gegenüber der vermessungstechnischen Höhenaufnahme. Die Messung kann bei der Vor- bzw. Rückwärtsfahrt erfolgen, wobei Beschleunigungseffekte wie Anhalten und Anfahren keinen Einfluss auf die Messergebnisse haben. Die Ergebnisse werden als Grafiken dargestellt (siehe Abb.13). Die Höhen ü. NN der Anfangs- und Endpunkte sollten vor der Neigungsmessung bekannt sein. Sind diese Höhen nicht bekannt erfolgt eine Ausgabe der Neigungsdaten in relativen Höhen.

Neigungsvermessungen ergeben folgende Informationen über das Entwässerungssystem:

- **Erkennung von Neigungsänderung im Längsprofil der Leitung**
- **Vergleich von Messungen über mehrere Jahre zur Feststellung von vertikalen Bewegungen der Basisabdichtung**
- **Feststellung von Senken in den Längsprofilen**
- **Feststellung der Tiefenlage von Leitungsendpunkten zur Ermittlung von maximalen Überschüttungshöhen der Einzelhaltungen**

Letzteres ist im Falle einer eventuellen Leitungssanierung in Deponiekörpern von Bedeutung, da über die Tiefenlage der Leitungen die Überschüttungshöhen derselben festgestellt werden können.

Vor allem aber auch die Beobachtung der Entwicklung von Senken und Neigungsänderungen der Rohrtrasse über den Verlauf mehrerer Jahre ist hier von Bedeutung, da hier die Bewegungen der Basisabdichtung überwacht werden können. Die vergleichende Darstellung der Neigungsprofile kann hier beispielsweise mit dem Kanaldatenerfassungsprogramm KEP 5.0 erfolgen, welches von einer Vielzahl der Inspektionsfirmen benutzt wird. Dieses Programm ermöglicht die Gegenüberstellung mehrerer Neigungsmessungen, und somit einer Darstellung der „Bewegungen“ der Basisabdichtung. Die nachfolgende Abbildung zeigt eine solche Vergleichsgrafik auf.

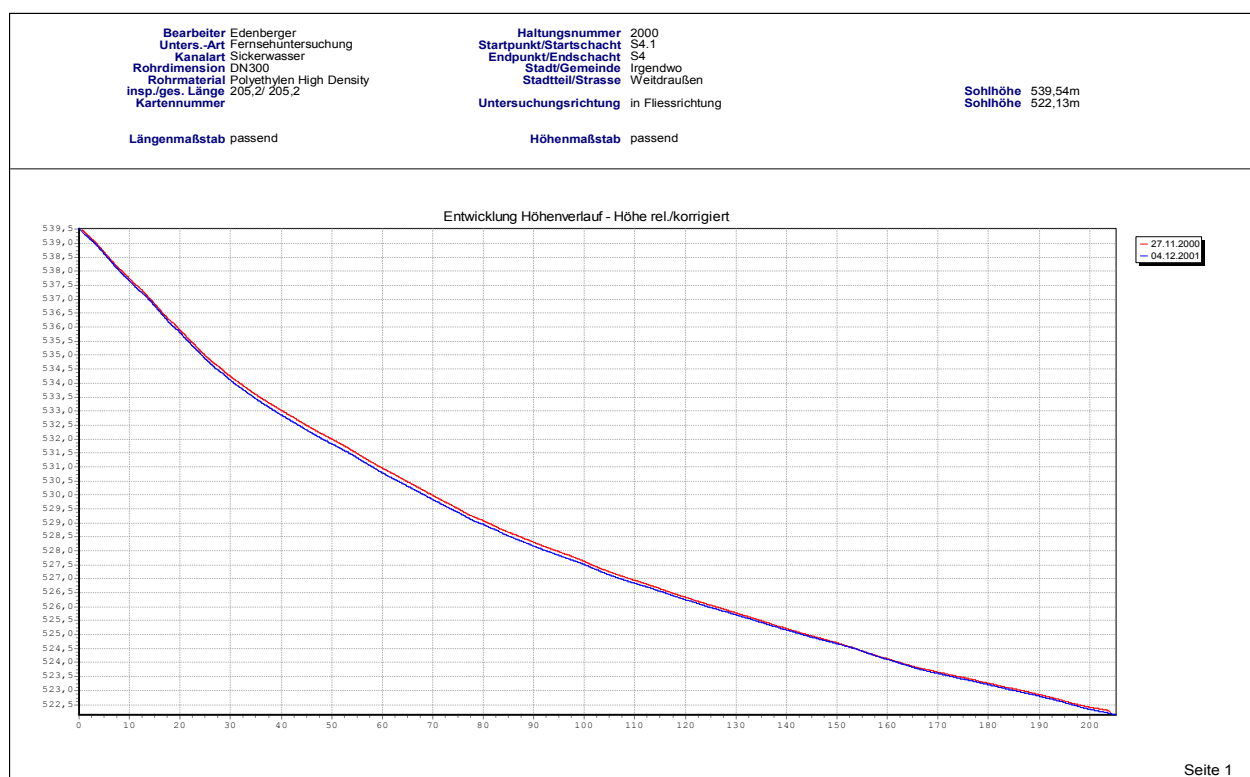


Abbildung 13 Neigungsprofil mit Überlagerung von 2 Messungen

3.3 Temperaturmessung

Zur Temperaturmessung während einer Kamerabefahrung werden derzeit mehrere Technologien angewandt. Sie reichen von sehr einfachen Systemen, wie ein vor die Kameralinse angebautes Digitalthermometer das in bestimmten Abständen abgelesen wird und die Daten entsprechend festgehalten werden, bis hin zu in die Kamera eingebauten Infrarotsensoren. Probleme bereiten vor allem bei der einfachen Methode die Temperatureinflüsse der Kamerabeleuchtung.

Bei einer Infrarotmessung wird die Temperatur der Kamerabeleuchtung durch Vergleichsmessungen kompensiert und die Daten können kontinuierlich in einem Erfassungssystem direkt gespeichert werden.

Aus den ermittelten Temperaturprofilen können, in Verbindung mit der Haltungsgrafik, z.B. Zusammenhänge zwischen Temperatur und Rohrverformung (bei PE-HD Rohren) sowie Überschüttungshöhen aus der Neigungsmessung etc. ermittelt werden.

3.4 Verformungsmessung

Zur Dokumentation von Verformungsfortschritten oder –stagnationen werden Deformationsmessungen durchgeführt.

Besonders auch im Hinblick auf die Entscheidung ob eine Leitung saniert oder weiter überwacht werden kann, ist dieses Instrument der Überwachung sehr wichtig.

Zur Messung von Verformungen in Rohrleitung bestehen, wie nachfolgend dargestellt, mehrere Möglichkeiten.

Streckenvermessung	punktueller Vermessung
Mechanische Messung	Laserabtastung
	Messung mit KEP 5.0

Abbildung 14 Möglichkeiten der Verformungsmessungen in Entwässerungsleitungen

Eine vor allem bei der ingenieurtechnischen Nachbearbeitung und Auswertung der TV-Inspektionen interessante Möglichkeit der Verformungsmessung bietet die Vermessung während der Einsichtnahme der Videoaufzeichnungen. Hier bietet beispielsweise ein Modul des Kanaldatenerfassungsprogramms KEP 5.0 die Möglichkeit schon während der TV-Inspektion oder in der Auswertungsphase eine punktuelle Verformungsmessung durchzuführen.

Hierbei werden auf dem Bildschirm 2 Kreise eingeblendet, die mit der Maus auf dem Live-Bild positioniert und in ihrer Größe verändert werden können. Die Kreise müssen so platziert werden, dass ein Kreis auf den „idealen“ kreisförmigen Rohrquerschnitt gesetzt und der zweite innerhalb des „deformierten“ Querschnittes positioniert wird. Das Flächenverhältnis beider Teilkreis zueinander ist eine Maß für die Deformation des Rohres. Das Messergebnis wird in einem Messwertfeld angezeigt und an der entsprechenden Kameraposition in der Leitung im Protokoll der TV-Inspektion gespeichert.

Die Verwaltung der Daten einzelner Untersuchungszyklen in KEP 5.0 erlaubt somit in den jährlichen Auswertungen somit immer wieder an definierten Punkten (z.B.

Schweissmuffen) Verformungsmessungen durchzuführen und **diese vergleichend den Vorjahresmessungen gegenüber zu stellen.**



Abbildung 15 Verformungsmessung im Kanaldatenerfassungsprogramm KEP 5.0

3.5 Auswertung der TV-Inspektion

Auf Basis der voran beschriebenen Datenerhebung und Verwaltung kann ein bedarfsgerechter Bericht über den Zustand des Entwässerungssystems erstellt werden. Dieser kann dann, meist ohne weitere Bearbeitung dem jährlichen Bericht zum Deponieverhalten beigefügt werden.

Die Weichenstellung ob eine Sanierung erkannter Schäden erfolgen muss oder eine gezielte Überwachung der einzelnen Schadensfälle ausreicht ist ganz entscheidend von den Erkenntnissen des erwähnten Berichtes abhängig.

Ein adäquater und zielgerichteter Bericht zum Zustand des Entwässerungssystems sollte folgende Punkte enthalten:

- **Vorbemerkung/Veranlassung**
- **Grundlagen/Vorgehensweise**
- **Allgemeines zur Deponie**
- **Vorgehensweise bei der Reinigung und Untersuchung**
- **Allgemeines zu Schäden in Entwässerungssystemen**

- **Bewertungsgrundsätze von Schäden**
- **Bestandsaufnahme der Schächte**
- **Bestandsaufnahme bei den Leitungen**
- **Vergleich von Schäden in Jahresreihen (Abb. 16 und 17)**
- **Zusammenfassung**



Abbildung 16 Vergleich eines bestimmten Rissbildes in Jahresreihen

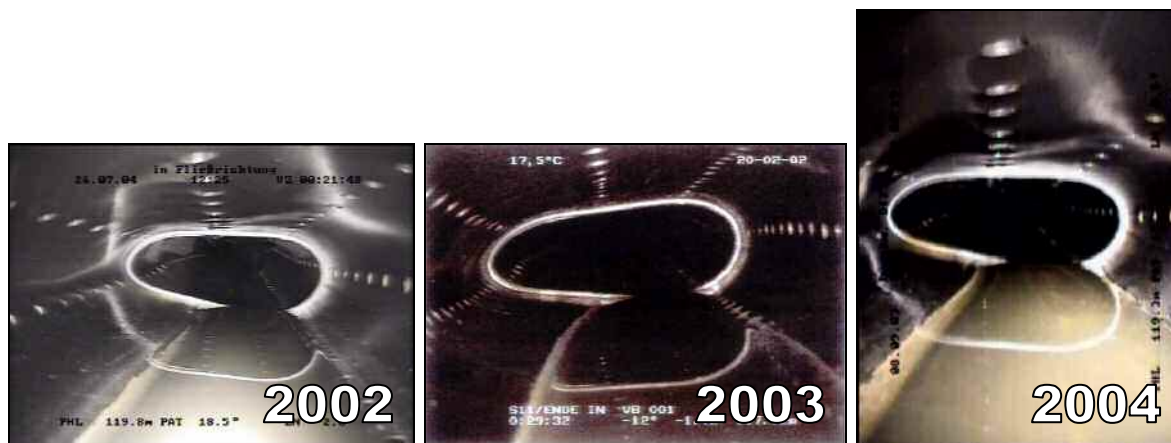


Abbildung 17 Vergleich einer bestimmten Verformung in Jahresreihen

Der Bericht soll zunächst den Gesamtzustand des Entwässerungssystems darstellen. Hierbei sollen alle durch die TV-Inspektionen ermittelten Daten in Verbindung mit den Faktoren nach 2.2 zu einer Entscheidungsfindung „Sanierung oder Überwachung“ herangezogen werden.

4 Entscheidungsfindung: Sanierung oder Überwachung?

Um letztendlich eine Entscheidung treffen zu können ob eine schadhafte Leitung saniert werden soll oder eine regelmäßige Überwachung ausreicht, hängt von mehreren Faktoren ab. Insbesondere fließen die Erkenntnisse der regelmäßigen TV-Inspektionen sowie der Beurteilung und Einordnung der Schäden im Gesamtentwässerungssystem ein. Bewährt hat sich hier die Erstellung von Erstbewertungen die in Abstimmung mit den Aufsichtsbehörden eine entsprechende Strategie offen legen, wie eine langfristige Ent-

wässerung des Deponiekörpers sichergestellt werden soll. In dieser Erstbewertung wird das gesamte Entwässerungssystem analysiert und die **Wertstellung einzelner Hal-tungen** erarbeitet.

Maßgebend ist hier die Einstufung und Beurteilung der einzelnen Leitungen nach fol-genden Kriterien:

- **Entwässerungsfunktion innerhalb des Gesamtsystems**
- **Grad der Schädigungen und Gefahr des Funktionsverlustes**
- **Stagnation oder Voranschreiten der Schädigungen über mehrere Jahre**
- **Lage der Leitung (innerhalb, außerhalb des Deponiekörpers)**
- **Vorgesehene und bereits vorhandene Überschüttungshöhen**

Im Ergebnis dieser Erstbewertung werden zum einen notwendige Sanierungen und zum anderen Leitungen dargestellt, die lediglich weiter überwacht und gereinigt werden soll-ten. Hierunter können auch Leitungen fallen die zwar Schäden aufweisen, bei denen jedoch aufgrund der oben genannten Einordnungen eine Sanierung unwirtschaftlich oder nicht sinnvoll erscheint.

Die Erstbewertung beinhaltet letztendlich folgende Informationen bzw. Ergebnisse:

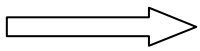
- **Darstellung einzelner Entwässerungsbereiche und deren Priorität für die Gesamtentwässerung des Deponiekörpers**
- **Reinigungs- und Inspektionslängen der einzelnen Leitungen**
- **Schäden in den einzelnen Haltungen, deren Lage und Länge**
- **Darstellung der langfristigen Entwässerungsstrategie, mit der Kennzeich-nung langfristig zu erhaltender Leitungen**
- **Bei Bedarf, Darstellung von notwendigen Sanierungsmaßnahmen in ver-schiedenen Zeithorizonten (kurzfristig, mittelfristig, langfristig)**

Die nachfolgenden Beispiele sollen verdeutlichen welche Ergebnisse hinter der genann-ten Erstbewertung stehen können. Es ist zu beachten, dass diese Beispiele keine All-gemeingültigkeit haben. Grundsätzlich sind hier immer Einzelfallbetrachtungen durchzu-führen.

Beispiel 1:

Eine PE-Leitung ist stark verformt (ca. 50%). Die Leitung hat eine hohe Priorität im Ge-samtentwässerungssystem und ist von zentraler Bedeutung. Die Überschüttung dieser Leitung wird nicht mehr erhöht. Die Verformungen stagnieren nachweislich über 5 Jahre (Ergebnis der Auswertung der jährlichen Inspektion). Die Temperaturverhältnisse in der

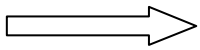
Leitung bewegen sich seit mehreren Jahren stabil im unkritischen Bereich (ca. 30°). Die Leitung kann auf der gesamten Länge gereinigt und mit speziellen Inspektionstechniken überwacht werden.



Eine Sanierung ist nicht notwendig. Die Leitung muss jedoch weiterhin sehr genau beobachtet werden.

Beispiel 2:

Eine Steinzeugleitung weist massive Scherbenbildungen auf. Die Leitung hat eine hohe Priorität im Gesamtentwässerungssystem und ist von zentraler Bedeutung. Die Überschüttung dieser Leitung wird mit dem Aufbringen der Oberflächenabdichtung nochmals um 8 m mehr erhöht. Die Scherbenbildung entstand über einen Zeitraum von 3 Jahren durch Rissüberlagerung. Die Leitung kann auf der gesamten Länge gereinigt und mit speziellen Inspektionstechniken überwacht werden.



Eine Sanierung ist grundsätzlich notwendig. Durch den Schadensverlauf sowie die zu erwartende weitere Auflast durch die Oberflächenabdichtung ist ein Kollabieren der Leitung durch einen Einsturz als wahrscheinlich anzusehen. Es sollten mittel- bis langfristig Sanierungsmaßnahmen eingeleitet werden.

Um die Ertüchtigung des Entwässerungssystems im Sinne der Erstbewertung umzusetzen sind Maßnahmen in verschiedenen Zeithorizonten durchzuführen:

Kurzfristige Maßnahmen

Kurzfristige Maßnahmen müssen direkt im Anschluss an die aktuelle Kamerabefahrung durchgeführt werden. Hierzu bedarf es einer engen Zusammenarbeit zwischen dem ausführenden Firma und dem Entscheidungsträger des Deponiebetreibers bzw. dem überwachenden Ingenieurbüro, da oftmals vor Ort über die weitere Vorgehensweise entschieden werden muss.

Vordergründig sollten solche kurzfristige Maßnahmen ergriffen werden bei

- **einer akuten Gefährdung der Umwelt durch Schäden in einer Leitung von zentraler Bedeutung**
- **massiven Ablagerungen die einen Rohrverschluss zur Folge haben könnten**

In der Regel müssen akute Schäden kurzfristig durch bestimmte Sanierungsverfahren der offenen oder geschlossenen Bauweisen behoben werden. Eine detaillierte Zusammenstellung aller Möglichkeiten kann z.B. den Ausführungen in [3] entnommen werden.

Die kurzfristige Beseitigung von Ablagerungen kann zum Beispiel durch Rotationsdüsen, Kettenschleudern oder Rohrfräsen erfolgen.

Die Aufgabe der kurzfristigen Maßnahmen besteht somit in einer direkten Abwendung von akuten Gefährdungen.

Mittelfristige Maßnahmen

Noch *vor dem nächsten Untersuchungszyklus* sollten, auf der Basis der Auswertung aus der TV-Inspektion, mittelfristige Maßnahmen zur Verbesserung der Entwässerungssituation ergriffen werden. Aufgabe der mittelfristigen Maßnahmen ist es, eine Verbesserung der Wartungs- und Untersuchungsmöglichkeiten herbeizuführen.

Folgende Maßnahmen sollten zwischen zwei Untersuchungszyklen realisiert werden:

- **Sanierung von einzelnen Schadenstellen die zum Abbruch der Kamerabefahrung und damit zu fragmentierten Erkenntnissen führen**
- **Schaffung von Zugängen zu bis dato nicht befahrbaren Leitungen z.B. durch Ertüchtigung einzelner Schächte**
- **Entfernung massiver Ablagerungen bzw. Ablagerungsansätzen im Nachgang zur turnusmäßigen Reinigung**
- **Färbeversuche, mittels Uranin® o.ä., zur Erkundung von nicht bekannten Zusammenhängen im Entwässerungssystem**

Erforderlich werdende *Sanierungsmaßnahmen* können bei einer mittelfristigen Umsetzung der Maßnahmen in der Regel nur durch planerische Tätigkeiten realisiert werden. Hierbei muss durch eine gezielte Auswahl geeigneter Sanierungsverfahren ein effizienter Kosten-/Nutzenfaktor erzielt werden [3].

Des Weiteren sollten bei Bedarf, vor Beginn des nächsten Wartungszyklus, Festlegungen zur Änderung der Reinigungsintervalle bzw. der Reinigungsstrategie erfolgen, um die zur Verfügung stehenden Techniken noch effektiver einsetzen zu können.

Die mittelfristigen Maßnahmen sollten unter anderem dazu führen, dass die Erkenntnisse über den Zustand des Entwässerungssystems, mit der darauf als Nachweis dienenden TV-Inspektion, erweitert werden.

Langfristige Maßnahmen

Langfristige Maßnahmen gehen direkt aus der erwähnten Erstbewertung hervor und sollten innerhalb von 2 bis 5 Jahren realisiert werden.

In der Regel ist der Investitionsbedarf bei langfristigen Maßnahmen am höchsten, so dass hier auch längerfristige Budgetierungen notwendig werden.

Langfristige Maßnahmen umfassen in der Regel folgendes:

- **Sanierung ganzer Leitungsabschnitte bzw. Haltungen, welche für die Gesamtentwässerung von Bedeutung sind. Hervorgehend aus den Aussagen der Erstbewertung.**
- **Sicherung des, durch die kurz- und mittelfristigen Maßnahmen erreichten Zustands der Leitungen.**
- **Beobachtung von prägnanten Schadenstellen hinsichtlich Fortschritt bzw. Konsolidierung (Verformungen, Rissbildungen, Ablagerungen) insbesondere in Haltungen die nach der Erstbewertung in die Kategorie „überwachen“ eingestuft wurden.**

5 Literaturverzeichnis

PS Professional Solutions, hard & software GmbH, Blaichach		Firmeninformation zum Kanaldatenerfassungsprogramm KEP 5.0
Optimes GmbH, Gera		Firmeninformation zur Verformungsmessung in Rohrleitungen
Edenberger		<i>Schäden in Deponieentwässerungsleitungen und Möglichkeiten zu deren Behebung</i> , Beitrag zum Handbuch der Altlastensanierung, Kapitel 8204, C.F. Müller Verlag, Ergänzungslieferung Mai 2000.
Edenberger, Burkhardt	2002	<i>Adäquate Überwachung und Instandhaltung von Deponieentwässerungssystemen in der Nachsorgephase einer Deponie</i> , Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Oberflächenabdichtungen von Deponien und Altlasten 2002, Erich Schmidt Verlag
Edenberger	2005	<i>Schäden in Deponieentwässerungssystemen – sanieren oder überwachen?</i> , Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Abschluss und Rekultivierung von Deponien und Altlasten 2005, Erich Schmidt Verlag
Edenberger	2004	<i>Extremschäden in Steinzeugleitungen und bedarfsgerechte Sanierung mittels Glasfaserlaminaten und Linersystemen</i> , 2. Urbacher Statusseminar „Deponieentwässerungssysteme“, 2004
Edenberger	2004	Schäden in Pe-Leitungen und Möglichkeiten der Sanierung – status quo -, 2. Urbacher Statusseminar „Deponieentwässerungssysteme“, 2004

Anschrift des Verfassers

Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Edenberger
Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH
Schiessgasse 33
D-73660 Urbach
Telefon: +49 7181 99520 3
Telefax: +49 7181 99520 4