

# **Adäquate Überwachung und Instandhaltung von Deponieentwässerungssystemen in der Nachsorgephase einer Deponie**

Wolfgang Edenberger, Gerd Burkhardt\*

## **1. Einleitung**

Das Entwässerungssystem einer Deponie stellt einen unverzichtbaren Bestandteil des Abdichtungssystems, speziell an der Deponiebasis dar. Die in die Flächendränage 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. Als Präventivmaßnahme werden deshalb seit etlichen Jahren Hochdruckreinigungen und Kanalinspektionen in eben diesen Systemen durchgeführt, mit der Aufgabe die Entwässerungsfunktion der Rohre zu erhalten, Veränderungen der Rohrwandung bzw. bereits aufgetretene Schäden optisch zu erfassen und die entsprechenden Maßnahmen bis hin zur Sanierung einzuleiten.

Die regelmäßigen Kanalinspektionen an den Entwässerungssystemen von Deponien haben immer wieder gezeigt, dass in diesem Bereich ein enormer innovativer Entwicklungsbedarf hinsichtlich der Reinigungsverfahren und der Zustandserfassung, wie auch der entsprechenden Zustandsbewertung umgesetzt wurde.

Obwohl die anwendbaren Techniken mittlerweile in weiten Bereichen ausgereift sind und durch die Deponieverordnung-DepV [1] in der Anwendung vorgegeben werden,

---

\*Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Edenberger, ICP Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH  
Schießgasse 33, D-73660 Urbach  
Dipl.-Ing. Gerd Burkhardt, ICP Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH  
Eisenbahnstr. 36, D-76229 Karlsruhe

nutzen viele Deponiebetreiber die sich bietenden Möglichkeiten in weiten Bereichen noch nicht.

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, regelmäßig gewartet und inspiziert werden.

Die folgenden Ausführungen zeigen den aktuellen Stand der entsprechend anwendbaren Techniken auf und geben strategische Hinweise zur konsequenten Nutzung der zur Verfügung stehenden Möglichkeiten.

## **2. Geltende Vorschriften / Maßgaben**

Die sich darstellenden geltenden Verordnungen und Vorschriften für Deponien regeln relativ klar eine entsprechende Vorgehensweise bei der Überwachung und Instandhaltung der Entwässerungsleitungen in einer Deponie. Insbesondere auch die Überwachungs- und Dokumentationspflichten in der Nachsorgephase betreffen auch hier die Entwässerungssysteme.

### **2.1 Deponieverordnung**

Der Deponieverordnung [1] als übergeordnete Maßgabe lässt sich, bezüglich der Thematik, folgendes entnehmen:

*§ 2 Begriffsbestimmung Nachsorgephase:* Zeitraum nach der endgültigen Stilllegung bis zu dem Zeitpunkt, zu dem die zuständige Behörde ... .. den Abschluss der Nachsorgephase feststellt.

*§ 10 Absatz 3 Erklärung zum Deponieverhalten:* Das Deponieverhalten ist anhand der Jahresübersichten ... .. zu dokumentieren.

Hierunter fallen auch die regelmäßig durchzuführenden Wartungs- und Inspektionsarbeiten am Deponieentwässerungssystem.

Entsprechende Querverweise auf die TA-Siedlungsabfall bzw. Anhang G der TA Abfall G stellen die speziellen Anforderungen an die Überwachung und Instandhaltung der Deponieentwässerungssysteme heraus.

## 2.2 TA-Siedlungsabfall / TA Abfall, Anhang G

Aus der TA Siedlungsabfall [2] bzw. der TA Abfall Anhang G [3] ergeben sich für die Überwachung der Entwässerungssysteme unter anderem folgende Vorgaben:

### TA Siedlungsabfall:

- 10.4.1.1 Deponieabdichtungssysteme/Allgemeines  
*..... "Setzungen und Verformungen der Dichtungsaufleger und der Abdichtungssysteme sind zu berechnen und während der Betriebsphase zu kontrollieren (z.B. durch Verformungsmessungen im Bereich der Sickerrohre)".*
- 10.6.6.2 Einrichtungen zur Überwachung  
*"Es sind in der Regel die folgenden Überwachungseinrichtungen vorzuhalten und in regelmäßigen Abständen auf ihre Funktionsfähigkeit zu überprüfen:*
  - *Meßeinrichtungen zur Überwachung der Setzungen und Verformungen der Deponiebasisabdichtungssysteme,*
  - *Meßeinrichtungen zur Überwachung der Temperatur an der Deponiebasis "*

Eigenkontrollen müssen während der Betriebsphase **und in der Nachsorgephase** der Deponie durchgeführt und ausgewertet werden. Es gelten im weiteren die Anforderungen des Anhangs G der TA Abfall [3].

Im **Anhang G der TA Abfall** [3] "Mess- und Kontrollprogramm für die Durchführung von Eigenkontrollen bei oberirdischen Deponien" werden z.B. in Abschnitt 3.1 *Betriebsphase* neben Forderungen an die Durchführung von Höhenvermessungen und Temperaturmessungen auch Angaben zur Überprüfung der Funktionstüchtigkeit der Sickerrohre und die entsprechende Dokumentation gemacht. Hiernach sind folgende Vorgehensweisen einzuhalten:

## **Höhenvermessung**

Durchführung jährlich, Vergleich mit den Setzungsberechnungen nach 9.4.1.1 der TA Abfall

## **Feststellung der Funktionsfähigkeit**

Hierzu bedarf es der Durchführung einer durchgehenden Befahrung jährlich (bis zu einer Abfallschütthöhe von 2 m vierteljährlich). Feststellung insbesondere von Inkrustationen und Rohrschäden. Dokumentation schriftlich und bildlich in Bestandsplänen.

## **Temperaturmessung**

Jährliche Aufnahme von Temperaturprofilen in den Sickerrohren. Temperaturmessungen müssen vor der Spülung erfolgen oder nach den bisherigen Erfahrungen in entsprechendem zeitlichen Abstand. Bei abgeschlossenen Deponieabschnitten und bei Temperaturen mit fallender Tendenz reichen Messabstände von 2 Jahren aus.

## **Gasmessungen**

Ist mit Deponiegas zu rechnen, sind Einrichtungen für Deponiegasmessungen und Gaspegel zur Emissionsüberwachung vorzusehen. Nach dem Anhang G der TA Abfall sind solche Kontrollen regelmäßig durchzuführen. Zwingend vorgeschrieben wird eine Gasmessung in Sickerwasserleitungen in den erwähnten Verwaltungsvorschriften nicht. Die heute vorhandenen Technologien ermöglichen jedoch, wenn notwendig, umfangreiche Gasmessungen.

## **Deformationsmessungen**

Die Durchführung von Deformationsmessungen der Rohrquerschnitte wird nicht zwingend vorgeschrieben. Aus der Erfahrung der letzten Jahre erscheint diese jedoch, aufgrund vermehrt auftretender Verformungen von PE-HD Leitungen, als Überwachungsinstrument als sinnvoll.

## **Anmerkung:**

Die Erfahrung hat gezeigt, dass aussagekräftige Temperatur-, Gaskonzentrations- und Deformationsmessungen nur nach einer erfolgreichen Spülung möglich sind.

## Hinweis:

Eine genaue Definition der Wartung und Kontrolle von Entwässerungssystemen auf der Deponiebasis in der *Nachsorgephase* ist in den genannten Verordnungen und Vorschriften nicht zu finden.

Allgemeine Definitionen, die den Erhalt und die Überwachung des technischen Bauwerkes Deponie als solches fordern, setzen jedoch auch für das Deponieentwässerungssystem eine gezielte Strategie zur Erhaltung und langfristigen Sicherung der Leitungen voraus.

## 3. Wartung und Kontrolle des Entwässerungssystems

Die nachfolgenden Ausführungen zeigen den derzeitigen Stand der Technik bzw. die bestehenden Möglichkeiten zur Wartung und Kontrolle des Deponieentwässerungssystems auf.

### 3.1 Reinigung der Leitungen

Grundlage für einen langfristigen Erhalt der Entwässerungsfunktion der Leitungen ist eine regelmäßige, den einzelnen Erfordernissen angepasste Reinigung der Leitungen und dazugehörigen Schächte. Was passiert, wenn regelmäßige Reinigungen ausbleiben, soll Abbildung 1 verdeutlichen.

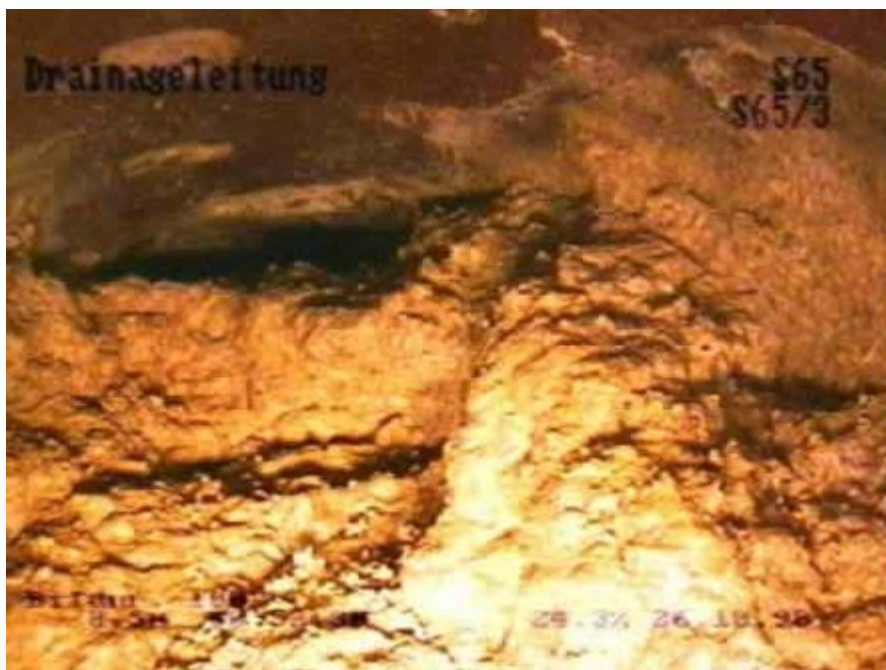


Abb. 1: Inkrustationen in einer nicht regelmäßig gereinigten Sickerwasserleitung

In einigen Deponien wurde festgestellt, dass die Bildung von Ablagerungen sehr rasch vonstatten gehen und innerhalb eines Jahres eine Mächtigkeit von bis zu 5 cm erreichen kann. Diese Tatsache zeigt auf, dass die Reinigung grundsätzlich einer gewissen Regelmäßigkeit unterliegen muss.

Da jede Deponie hinsichtlich der Bildung von Ablagerungen in den Leitungen ihre Eigenart hat, unterschieden sich auch die zu wählenden Vorgehensweisen bei der Wartung.

Die derzeit zur Verfügung stehenden Techniken stellen, vom einfachen Einsatz einer mehrstrahligen Hochdruckreinigungsdüse (Abb. 2) bis hin zum aufwendigen Einsatz von Schlagbohrfräsen (Abb. 3), eine große Bandbreite an „Reinigungsgeräten“ zur Verfügung.



*Abb. 2: Reinigungsdüse zur Hochdruckreinigung von Sickerwasserleitungen*



*Abb. 3: Hochleistungsschlagbohrfräse zur Entfernung massiver Ablagerungen*

Bei der Wahl des Reinigungsverfahrens sowie des -werkzeugs sind grundsätzlich mehrere Faktoren wie,

- Rohrdurchmesser,
- Rohrmaterial,
- Länge und Gefälle/Steigung der Haltung,
- Zugängigkeit der Haltung (Start-/Zielschächte),
- Art und Mächtigkeit bereits vorhandener Ablagerungen,
- Funktion der Haltung,
- Vorhandene Schädigungen in der Leitung,

u. s .w. zu beachten.

Die vorangestellten Angaben zeigen auf, dass sich eine gezielte Auswahl des Reinigungsverfahrens sowie die Wahl des „Reinigungswerkzeuges“ grundsätzlich immer an den vorhandenen Randbedingungen orientieren muss. Die große Anzahl verschiedener Düsenarten wie Vorstrahl-, Rotations-, Flachdüsen etc. bietet eine große Bandbreite an Möglichkeiten, die in der Regel nach einer fachlichen, ingenieurtechnischen Auswertung der regelmäßigen Reinigung und Inspektion, adäquat und zielgerichtet genutzt werden können.

## **Fahrzeugtechnik**

Eine effiziente Reinigung von Entwässerungsleitungen ist nicht nur von den vorgeannten Faktoren sondern auch von der hierbei eingesetzten Fahrzeugtechnik abhängig.

Herkömmlicherweise verfügen gut ausgestattete Reinigungsfahrzeuge über folgende technische Möglichkeiten:

- Kombinierte Spül- und Saugfahrzeuge mit einer Pumpenleistung von mind. 150 bar Druck (bei Steinzeugrohren maximal 150 bar)
- Geräteleistung mind. 320 l/min Durchsatz
- Länge des Reinigungsschlauches bis 800 m
- Einsatz einer Wasserrückgewinnung, Wassertank mit mindestens 12 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen.

In der Nachsorgephase einer Deponie sind bei der Reinigung der Leitungen insbesondere folgende Gesichtspunkte wichtig:

- Beobachtung prägnanter, „inkrustationsanfälliger“ Stellen über mehrere Reinigungszyklen
- Bedarfsgerechte Verkürzung bzw. Verlängerung der Reinigungsintervalle
- Anpassung und Auswahl der Reinigungswerkzeuge
- Anpassung der Leistungen des Reinigungsfahrzeuges
- Erhöhung der Reinigungsfrequenz bei „anfälligen“ Teilabschnitten des Entwässerungssystems, unabhängig vom Gesamtwartungszyklus.

Nur durch eine, den Randbedingungen angepasste „Wartungsstrategie“, kann die langfristige Überwachung und Instandhaltung in der Nachsorgephase einer Deponie optimiert und bei Bedarf teilweise auch verkürzt werden.

## **3.2 TV-Inspektion**

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 2002 zur Verfügung stehenden Techniken wiedergeben können.

Im folgenden sollen die wesentlichen Möglichkeiten und Aufgaben einer ordnungsgemäßen TV-Inspektion in einem Deponieentwässerungssystem kurz dargestellt werden. Die zielgerichtete Durchführung der einzelnen Messungen und Bestandsaufnahmen bildet eine wichtige Basis für die Beurteilung des Entwässerungssystems und der Festlegung weiterer, effizienter Wartungsstrategien.

### 3.2.1 Allgemeine Kameratechnik

Generell entsprechen alle modernen zum Einsatz kommenden Fahrwagen Größen sowie die dazugehörigen Kameras den Unfallverhütungsvorschriften bzw. den Sicherheitsvorschriften der ZH 1/10 der Ex - Schutzzone 1 [4].

Die Inspektionseinheit besteht im wesentlichen aus einem Fahrwerk und der Kamera. Die maximale Reichweite dieser Einheit ist abhängig von der Leistung des Fahrwagens, dem Gewicht der Kamera mit dem nachgezogenen Kabel und vor allem der Beschaffenheit des zu untersuchenden Rohres (Material, Neigung, Verschmutzungsgrad, Zustand).

Nachfolgend werden beispielhaft die Möglichkeiten einer modernen Kanalinspektionskamera für Leitungsdurchmesser von **150 bis ca. 600 mm** kurz beschrieben:

- **Fahrgeschwindigkeit** stufenlos regelbar bis 12m/min
- **Reichweite** je nach Steigung und Kabelgewicht bis 800 m
- **Fahrwerk**: Räder oder Raupen je nach Einsatzart
- **Stromversorgung** durch Batterie oder mitgezogenes Kabel
- **Kabel**: Koaxialkabel, PU ummantelt mit Kevlarzugentlastung
- Schwenkkopfkamera mit **Drehbereich** bis 370° um die Rohrachse und Schwenkbereich bis 120° senkrecht zur Rohrachse mit Zoomobjektiv
- **Ausleuchtung** des Kanalrohres mit Halogenleuchten

Mittlerweile gibt es auch Farbinspektionssysteme für eine motorisierte Inspektionen von Nennweiten ab 50 mm Rohrdurchmesser. Da diese in der Deponietechnik jedoch sehr selten Anwendung finden, wird hier nicht näher darauf eingegangen.



*Abb. 4: Moderne Schwenkkopfkamera [8]*

### 3.2.2 Zustandserfassung

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 **baulichen Zustand** der Entwässerungsanlagen und den Erfolg der vorangegangenen Reinigungs- und möglicherweise Instandsetzungsarbeiten.

Bei der Zustandserfassung in Deponiesickerwasserleitungen sind grundsätzlich die nachfolgend aufgeführten grundsätzlichen Randbedingungen zu beachten und bei der Datenerfassung bzw. Auswertung zu berücksichtigen:

- Die TV-Fahrzeuge sowie alle eingesetzten Fahrwagen und Kameraeinheiten müssen mit **ex-geschützten** Anlagen ausgerüstet sein.
- Digitalisierung von Schadensbilder direkt von der Kamera, dadurch erreicht man höchste Bildqualität.

- Neigungs-, Temperatur- und evtl. Gaskonzentrationsmessung **während** der TV-Inspektion, dadurch erhält man sofort überprüfbare Ergebnisse.
- Die Inspektionsdaten müssen mit einem Programm erfasst werden, das eine Anpassung auf deponiespezifische Besonderheiten ermöglicht.
- Die Haltungsgrafiken sowie die Profile der Neigungs- oder Temperaturmessung müssen grundsätzlich in Fließrichtung dargestellt werden.

### 3.2.3 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.

Diese Inklinometer oder Neigungswinkelmesser werden in Verbindung mit Kanalinpektionskameras eingesetzt. Hierbei kann bei gleichzeitiger Inspektion des Leitungssystems eine Zustandsanalyse über die vertikalen Verschiebungen in der Rohrachse angefertigt werden. Kernstück dieser Inklinometer sind Schwerkraftsensoren die mit einem Regelkreis zur Schwerkraftkompensation ausgestattet sind. Das Messsignal ist proportional dem Sinus des Neigungswinkels des Fahrwagens bzw. der Kanalkamera gegen die Vertikale.

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.5). 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 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 4.0 [5] 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.

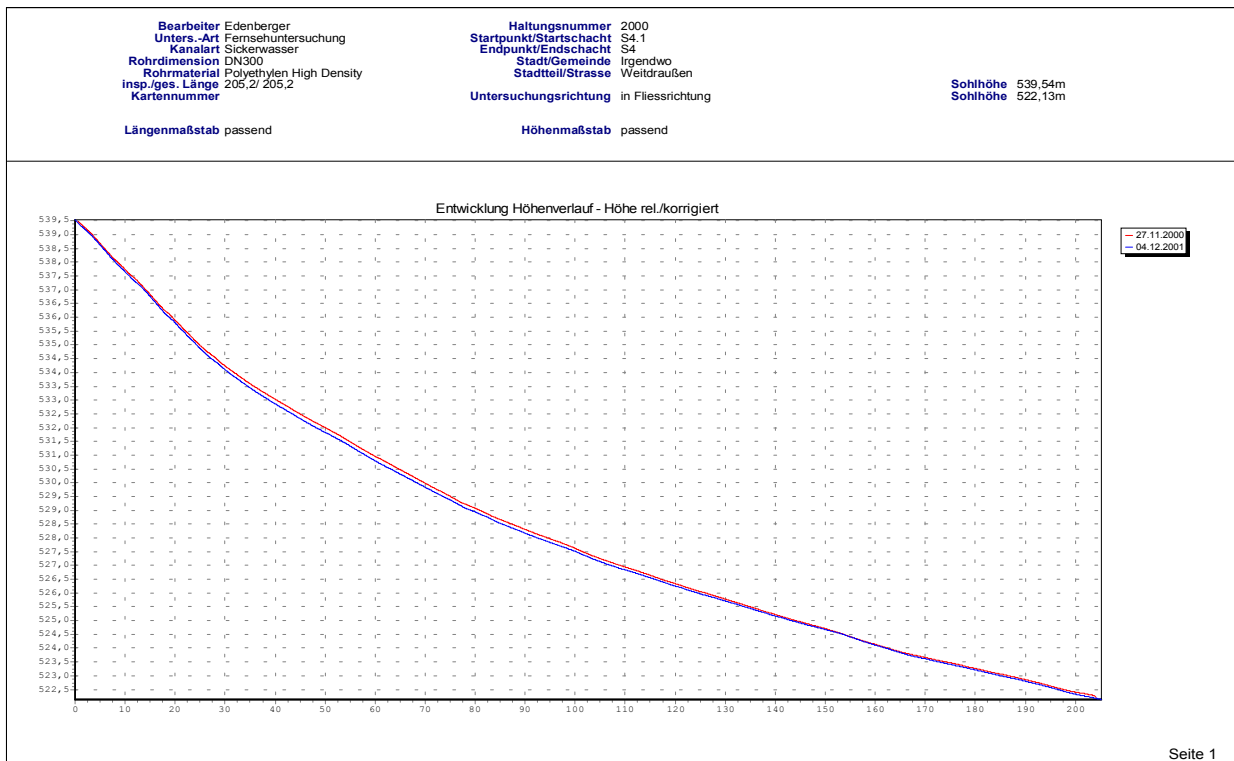


Abb. 5: Neigungsprofil mit Überlagerung von 2 Messungen

### 3.2.4 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.

Zwischen einer vorangegangenen Spülung und der Temperaturmessung sollten, nach den gängigen Vorschriften, mindestens 2 Tage Wartezeit eingehalten werden, damit

sich die Atmosphäre in der Leitung wieder den ursprünglichen Verhältnissen anpasst. Erfahrungen mit verschiedenen Messreihen haben jedoch gezeigt, dass auch eine kurz nach der Reinigung der Leitung durchgeführte Temperaturmessung ebenfalls plausible Ergebnisse bringt.

### 3.2.5 Gasmessung

Das für die Gaskonzentrationsmessung eingesetzte Messgerät überwacht die Umgebungsluft auf toxische und explosive Gase sowie Sauerstoffmangel bzw. -überschuss. Eine interne Pumpe mit Durchflussüberwachung saugt die Umgebungsluft für die Messung an. Die Messdaten werden im internen Datenlogger gespeichert und dann über den digitalen Ausgang in einen PC eingelesen. Die Ergebnisse werden ausgewertet und dokumentiert.

Überwacht werden gleichzeitig vier Gase:

Ex	(0-100% Vol.-%)	explosionsfähige Gase z. B. Methan [CH <sub>4</sub> ] und Dämpfe z. B. Benzindämpfe
O <sub>2</sub>	(0-25 Vol.-%)	Sauerstoffkonzentration
H <sub>2</sub> S	(0-100 ppm)	Schwefelwasserstoff
CO <sub>2</sub>	(0-25 Vol.-%)	Kohlendioxid

### 3.2.6 Verformungsmessung

Unsachgemäße Handhabung beim Einbau sowie statische Überlastung durch hohe Müllüberschüttungen können, insbesondere bei PE-HD Rohren, zu Verformungen führen. Hier sollten, zur Dokumentation des Verformungsfortschrittes Deformationsmessungen durchgeführt werden, die eine Überlastung der Leitung und damit die Notwendigkeit einer Sanierung bzw. Stabilisierung anzeigen.

Besonders auch in der Nachsorgephase einer Deponie ist dieses „Instrument“ der Überwachung von Entwässerungssystemen von zentraler Bedeutung.

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

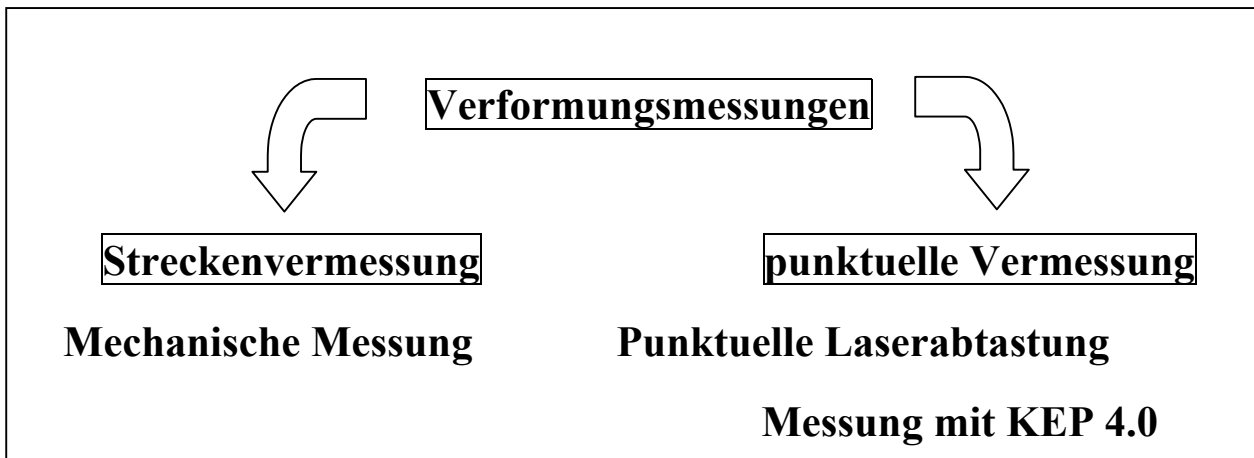


Abb. 6: Möglichkeiten der Verformungsmessungen in Entwässerungsleitungen

Die bei der *mechanischen Deformations-* bzw. *Kalibermessgerät* eingesetzte Apparatur kann entweder mit dem Fahrwagen einer Kanalinspektionskamera oder einem Spülschlauch in der Leitung fortbewegt werden. Das Gerät tastet mit vier mechanischen Fühlern die Rohrwandung ab und speichert die Ergebnisse [7].

Angezeigt werden der horizontale und vertikale Durchmesser, die zurückgelegte Wegstrecke sowie die Minimalwerte der Messung. Die ermittelten Daten können anschließenden ingenieurmäßig ausgewertet und interpretiert werden.

Alternativ zur mechanischen Messung gibt es die Möglichkeit der *Laserabtastung* der Rohrwandung [6]. Die Messung erfolgt direkt in Verbindung mit einer herkömmlichen Kanalinspektionskamera.

Hierbei wird eine Laserstrahl auf die Rohrwand projiziert, anschließend positioniert sich der Kopf der Kamera so, dass der Laserpunkt in der Kameraoptik sichtbar wird.

Der Schwenkkopf der Kamera führt dann eine volle Rotationsdrehung aus und nimmt dabei alle Messpunkte auf. Aus diesen Messpunkten wird mit Hilfe eines mathematischen Softwaremoduls die Deformationskurve der Leitung errechnet.

Dieses Verfahren hat momentan jedoch noch folgende Nachteile:

- Die Messung kann nur punktuell erfolgen und wird somit sehr zeitaufwendig und kostenintensiv
- Die Messmethodik gewährleistet momentan noch keinen Explosionsschutz

Eine vor allem bei der ingenieurtechnischen Nachbearbeitung und Auswertung der TV-Inspektionen interessante Möglichkeit der Verformungsmessung bietet die Ver-

messung während der Einsichtnahme der Videoaufzeichnungen. Hier bietet beispielsweise ein Modul des Kanaldatenerfassungsprogramms KEP 4.0 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 4.0 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.

Die Messung ist weitestgehend unabhängig von Kameraposition und Abstand zum vermessenen Schweißwulst, da die Berechnung der Verformung über die beiden Teilkreise, auf einer reinen Verhältnisberechnung basiert.

Die nachfolgende Abbildung 7, entnommen aus dem Programm KEP 4.0, stellt die Möglichkeiten der Verformungsmessung mittels zweier Teilkreise direkt am Bildschirm dar.



Abb. 7: Verformungsmessung im Kanaldatenerfassungsprogramm KEP 4.0

## 4. Auswertung der Wartung und Kontrolle

Die Auswertung der Ergebnisse aus der Untersuchung eines Deponieentwässerungssystems erfolgt in der Regel durch ein entsprechendes, unabhängiges Ingenieurbüro.

Die Grundlage einer ordnungsgemäßen Auswertung der gewonnenen Daten bilden zunächst grundsätzlich plausible Ergebnisse aus der Zustandserfassung einschließlich Neigungs-, Temperatur- und bei Bedarf Gasmessung.

Bewährt hat sich bei der Auswertung der Reinigung und TV-Inspektion eine enge Zusammenarbeit zwischen der ausführenden Firma und der auswertenden Instanz (Ingenieurbüro oder Deponiebetreiber selbst).

Hierbei erfolgt eine Koordinierung bereits in der Ausführungsphase der Reinigungs- und Inspektionsarbeiten hinsichtlich der Zielsetzung „Erstellung des jährlichen Berichts zum Deponieverhalten“. Ebenso sollten im Vorfeld Angaben für eine zielgerichtete Datenerhebung zusammengestellt werden und eine entsprechende Weiterleitung der Basisdaten an den „Befahrer“ erfolgen.

### 4.1 Verarbeitung der Inspektionsdaten

Als effizient und in einem sehr guten Kosten- /Nutzenverhältnis stehend hat es sich erwiesen, die Ergebnisse der TV-Inspektionen von der ausführenden Firma im **For-**

**mat des Kanaldatenerfassungsprogramms** z.B. KEP 4.0 [5] übergeben zu lassen. Hierbei handelt es sich nicht um eine aufwendig zu installierende Kanaldatenbank, sondern die Daten können direkt vom überwachenden Ingenieurbüro mit diesem Programm nachbearbeitet und dem jeweiligen Betreiber als sogenannte **Betrachterversion** ausgegeben werden. Der Vorteil hierin liegt in der einfachen und ohne großen Aufwand durchführbaren Datenübergabe der nachgearbeiteten TV-Inspektion vom Ingenieurbüro an den jeweiligen Deponiebetreiber

Wird kein Ingenieurbüro zur Datennachbearbeitung zwischengeschaltet, können die Inspektionsdaten dem Betreiber auch direkt vom Kanalbefahrer in der entsprechenden **Betrachterversion** zur Verfügung gestellt werden. Mit dieser **Betrachterversion** hat der Deponiebetreiber jederzeit Zugriff auf seine aktuellen Daten des Entwässerungssystems und kann sich diese bedarfsgerecht zusammenstellen und ausdrucken. Am Beispiel des Programms KEP 4.0 sollen die Möglichkeiten einer solchen **Betrachterversion** aufgezeigt werden.

Der KEP-Betrachter bietet dem einzelnen Deponiebetreiber umfangreiche Möglichkeiten, große Datenbestände einfach und ohne Vorinstallationen zu verwalten. Die Übergabe erfolgt aus dem Basisprogramm auf CD-ROM.

Hierbei können alle zum Entwässerungssystem bzw. den einzelnen Haltungen gehörigen Daten wie:

- Stammdaten der einzelnen Haltungen
- Neigungsprofile/Neigungsprofile in Jahresreihen
- Temperaturprofile
- Digitale Schadensbilder
- Haltungsgrafiken
- Videosequenzen einzelner Leitungsabschnitte

eingesehen und bedarfsgerecht ausgedruckt werden.

Des weiteren bietet diese „einfache“ Version einer Datenbank auch die Möglichkeiten zum

- *Schießen* von Einzelbildern aus dem Video,

- gezielten Anfahren bestimmter Videopositionen durch Anklicken der Beobachtungen
- vermessen und analysieren der Neigungsprofile mittels Fadenkreuzvermessung
- *zoom in* und *zoom out* bei Haltungs- und Neigungsprofilen, sowie bei den Videos und den einzelnen Clips.

## **4.2 Bericht zum Zustand des Entwässerungssystems**

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.

### **Hinweis:**

In der Regel genügt es nicht, dem jährlichen Bericht die Befahrungsprotokolle der TV-Inspektion oder Auszüge von Statistiken aus Kanaldatenbanken beizulegen. Vielmehr hat es sich bewährt, die Daten der TV-Inspektion lediglich als Basis einer ausführlichen Zustandsbeurteilung des Entwässerungssystems heranzuziehen.

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/Handlungsbedarf
- Bestandsaufnahme bei den Leitungen/Handlungsbedarf
- Zusammenfassung des Handlungsbedarfs
- Umsetzung von Instandhaltungsmaßnahmen/Realisierungsfahrplan
- Kostenschätzung

- **Zusammenfassung**

Der Bericht soll den Gesamtzustand des Entwässerungssystems darstellen und einen mehrstufigen Handlungsbedarf erarbeiten. Hierbei soll sukzessive eine Ertüchtigung einzelner Leitungen, unter Beachtung der Gesamtzusammenhänge bei der Entwässerung des Deponiekörpers, herbeigeführt werden. In der Regel genügen hierfür 3 bis 4 Wartungszyklen.

**Bei einer gezielten Umsetzung der in den jährlichen Berichten dargestellten Maßnahmen können, die in der Nachsorgephase der Deponie notwendigen Aufwendungen für die Instandhaltung und Überwachung der Entwässerungsleitungen, auf das rein erforderliche Maß reduziert werden.**

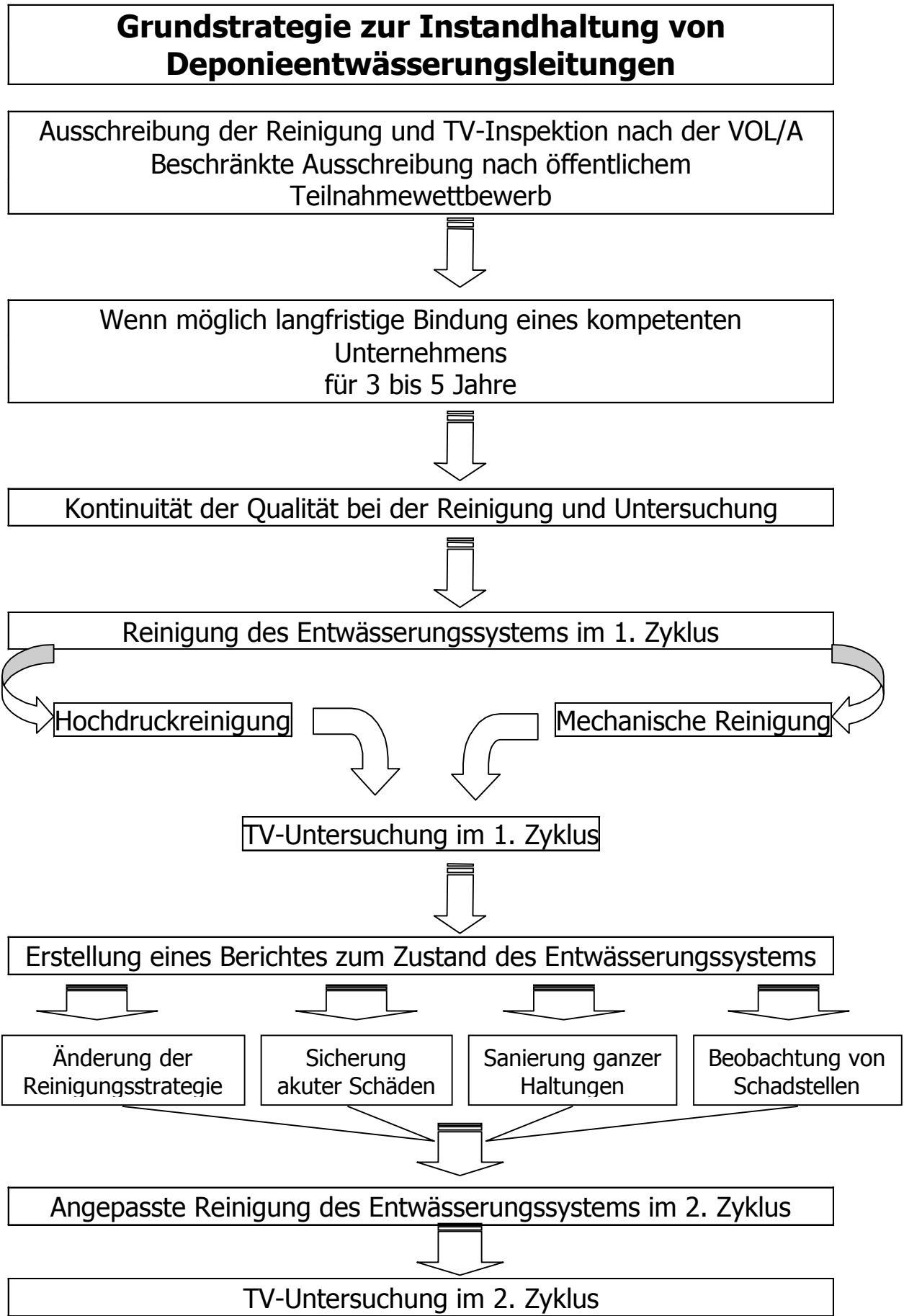
## **5. Strategien zum Erhalt der Entwässerungsfunktion**

Die nachfolgende Darstellung soll die Gesamthematik darstellen und die verschiedenen Wege zu einem langfristigen Erhalt der Entwässerungsfunktion der Deponiesickerwasserleitungen aufzeigen.

Die aufgezeigte Grundstrategie soll als Hilfestellung bei der bedarfsgerechten Instandhaltung des Deponieentwässerungssystems dienen. Spezifische Randbedingungen können im Einzelfall zu geringen Abweichungen führen.

### **Besonderer Hinweis:**

**Bei einer Ausschreibung der Reinigungs- und Inspektionsarbeiten ist der Schwellenwert für eine EU-weite Ausschreibung von derzeit 200.000 €, insbesondere bei einer Beauftragung über mehrere Jahre, zu beachten.**



Die in den jährlichen Berichten darzustellenden Maßnahmen lassen sich in der Regel in verschiedene zeitliche Kategorien einteilen.

Maßgebend ist hier die Einstufung und Beurteilung der einzelnen Leitungen nach folgenden Kriterien:

- Entwässerungsfunktion innerhalb des Gesamtsystems
- Grad der Schädigungen und Gefahr des Funktionsverlustes
- Lage der Leitung (innerhalb, außerhalb des Deponiekörpers)

## 5.1 Kurzfristige Maßnahmen

Kurzfristige Maßnahmen sollten 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 (Abb. 8)



Abb. 8: Scherbenbildung in einer Transportleitung außerhalb der Basisabdichtung

- massiven Ablagerungen die einen Rohrverschluss zur Folge haben könnten (Abb. 9).



*Abb. 9: Versperrung des Rohrquerschnittes durch massive Ablagerungen*

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 [9] 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.

## **5.2 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 (Abb. 10)



*Abb. 10: Fehlendes Stück in der Rohrsohle einer Hauptdrainageleitung*

- Schaffung von Zugängen zu bis dato nicht befahrbaren Leitungen z.B. durch Ertüchtigung einzelner Schächte (Abb. 11)



*Abb. 11: Versperrter Zugang zu Leitungen durch defekte Schieber*

- Entfernung massiver Ablagerungen bzw. Ablagerungsansätzen im Nachgang zur turnusmäßigen Reinigung (Abb. 12)



Abb. 12: Sich langsam schließende, ringförmige Ablagerung in einem Nebenableiter

- Färbeversuche, mittels Uranin<sup>®</sup> 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 [9].

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.

### 5.3 Langfristige Maßnahmen

Innerhalb von 2 bis 4 Untersuchungszyklen sollten die langfristigen Maßnahmen realisiert werden. Diese bauen auf den Ergebnissen der kurz- bzw. mittelfristig umgesetzten Maßnahmen auf und sollen dazu führen, dass das Entwässerungssystem nachhaltig funktionstüchtig bleibt.

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

Langfristige Maßnahme umfassen in der Regel folgendes:

- Sanierung ganzer Leitungsabschnitte bzw. Haltungen, welche für die Gesamtentwässerung von Bedeutung sind. Siehe nachfolgende Abbildung 13.
- Sicherung des, durch die kurz- und mittelfristigen Maßnahmen erreichten Zustands der Leitungen
- Beobachtung von prägnanten Schadenstellen hinsichtlich Fortschritt bzw. Konsolidierung (Verformungen, Rissbildungen, Ablagerungen)

Die Umsetzung der langfristigen Maßnahmen sollte dazu führen, dass im Entwässerungssystem

- in den befahrbaren Leitungen keine störenden Ablagerungen mehr vorhanden sind,
- die Neben- und Hauptentwässerungsleitungen keine gravierenden Schäden wie Scherben- oder Lochbildung aufweisen,
- über längere Zeiträume beobachtete kleinere Schäden konsolidiert sind,
- alle Transportleitungen außerhalb des Deponiekörpers schadenfrei sind.

Wurden diese Punkte realisiert, ist eine Reduzierung der Wartungsarbeiten, unter dem Aspekt der **Erhaltung des Ist-Zustandes**, ohne weiteres möglich.

Ein regelmäßiges Reinigen und Inspizieren der Entwässerungsleitungen wird jedoch in der Nachsorgephase einer Deponie immer erforderlich sein.



## **Hinweis:**

Langfristige Maßnahmen können auch in der *Betriebs- oder Stilllegungsphase* einer Deponie notwendig werden. Eine Realisierung kann, bei entsprechender Strategie, die Aufwendungen von kurz- und mittelfristigen Maßnahmen in der Nachsorgephase reduzieren, da neuralgische Punkte bereits funktionstüchtig gemacht wurden.

## **6. Resümee**

Das Entwässerungssystem einer Deponie stellt; hinsichtlich der Überwachung und Instandhaltung, nicht nur die Betreiber der Anlagen sondern auch Ingenieurbüros und Wartungsfirmen immer wieder vor neue Herausforderungen.

Besonders eine konsequente Erhaltung der betrieblichen Sicherheit dieser Systeme in der Nachsorgephase einer Deponie stellen eine nicht zu unterschätzende Aufgabe dar.

Um finanzielle, technische und umweltrelevante Risiken bei einem Versagen der Entwässerungssysteme auszuschließen, sind bereits in der Betriebs- und Stilllegungsphase einer Deponie Strategien bei der Überwachung und Instandhaltung zu entwickeln, die solche Risiken dann in der Nachsorgephase minimieren.

Grundlage hierbei bildet eine regelmäßige, effiziente Nutzung der zur Verfügung stehenden Techniken und eine anschließende qualifizierte Auswertung der Überwachungsergebnisse.

Um die Aufwendungen für die Überwachung und Instandhaltung des Entwässerungssystems in der Nachsorgephase einer Deponie auf das rein erforderliche Maß reduzieren zu können, müssen in der Regel zunächst kurz-, mittel- und langfristige Maßnahmen zur Ertüchtigung einzelner Leitungen bzw. Leitungsabschnitte ergriffen werden.

Werden die Maßnahmen konsequent und zielgerichtet umgesetzt, ist die Entwässerung des Deponiekörpers nachhaltig gesichert. In Kombination mit einer funktionierenden Oberflächenabdichtung ist dann letztendlich auch der Sorgfaltspflicht gegenüber der Umwelt in ausreichender Weise genüge getan.

## Literaturverzeichnis

- [1] BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT:  
Verordnung über Deponien und Langzeitlager, Deponieverordnung DepV(  
Kabinettsbeschuß vom 13.03.2002)
- [2] BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT:  
Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA  
Siedlungsabfall, Kabinettsbeschuß vom 21.04.1993) Bundesanzeiger , 54. Jhrg.,  
Nummer 996, 14.05.1993
- [3] BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT:  
Gesamtfassung der zweiten allgemeinen Verwaltungsvorschrift (TA Abfall)  
Technische Anleitung zur Lagerung, chemisch/physikalischen, biologischen Be-  
handlung, Verbrennung und Ablagerung von besonders überwachungsbedürfti-  
gen Abfällen, vom 12.03.1991
- [4] HAUPTVERBAND DER GEWERBLICHEN BERUFGENOSSENSCHAFTEN (1994):  
ZH 1/10 Richtlinien zur Vermeidung der Gefahren durch explosionsgefährliche  
Atmosphäre 09/1994 Sankt Augustin
- [5] PS PROFESSIONAL SOLUTIONS, HARD & SOFTWARE GMBH, BLAICHACH  
Firmeninformation zum Kanaldatenerfassungsprogramm KEP 4.0
- [6] RICO GESELLSCHAFT FÜR MIKROELEKTRONIK MBH, KEMPTEN  
Firmeninformation zur Laserdeformationsmessung in Rohrleitungen
- [7] OPTIMESS GMBH, GERA  
Firmeninformation zur Verformungsmessung in Rohrleitungen
- [8] JT ELEKTRONIK, LINDAU  
Firmeninformation zu Kanalinspektionseinheiten
- [9] EDENBERGER, W.  
Schäden an Deponienetwässerungsleitungen und Möglichkeiten zu deren  
Behebung; Handbuch der Altlastensanierung Kap. 8204; C.F. Müller Verlag  
2000