

Schäden in Sickerwasserleitungen aus PE

Ursachen, Auswirkungen und Sanierungsmöglichkeiten

Wolfgang Edenberger, Gerd Burkhardt

Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH, Karlsruhe/Urbach

Damages of leachate pipes made of PE: Causes, consequences and repair

Abstract

For over 20 years, PE pipes have been considered to be most suitable for leachate drainage in landfills for municipal solid waste. They are resistant against the common substances of leachate and will sustain high loads caused by backfilled waste.

PE pipe will also follow deformation of the subsoil (due to settlement under waste load) to a certain extent.

Nevertheless, during annual TV- inspections of leachate drainage pipes, more frequently damage to leachate drainage pipes is detected.

The following presentation intends to give an updated summary of the frequently observed damages to PE leachate drainage pipes, their relevance for the long term performance of a leachate drainage system and the most common reasons for their failure along with the latest technical solutions for pipe rehabilitation.

Inhaltsangabe

Seit mehr als 20 Jahren haben sich Rohre aus PE als diejenigen herausgestellt, welche den Anforderungen an Sickerrohre in (Hausmüll-) Deponien am meisten entsprechen. Sie sind resistent gegenüber allen relevanten Inhaltsstoffen im Deponiesickerwasser und können bei entsprechender Dimensionierung auch hohe Auflasten durch die Überdeckung mit Abfall überstehen. Eventuellen Verformungen des Untergrunds (Setzungen durch Auflast etc.) können Sie flexibel folgen.

Trotzdem werden bei der jährlichen TV-Inspektion von Entwässerungssystemen in Deponien immer häufiger auch Schäden an PE-Sickerrohren festgestellt. In diesem Beitrag sollen in einer Art aktuellen Bestandsaufnahme Schäden bzw. Schadensbilder hinsichtlich deren Relevanz für eine dauerhafte Entwässerung der Deponie beleuchtet deren häufigste Ursachen benannt sowie der technische Stand von Sanierungsmöglichkeiten aufgezeigt werden.

Keywords

Risse, Sanierungsmöglichkeiten, Schäden, Sickerwasserleitungen, Verformungen

fractures, rehabilitation, damages, leachate pipe, deformation

1 Schäden an Sickerrohrleitungen von Deponien

Zunächst soll kurz eine Übersicht über häufig vorkommende Schäden in Deponien gegeben werden. Folgende Schäden können sich an Leitungen in Deponien generell ergeben:

- Senken / Versackungen (meist verbunden mit Wasserrückstau)
- Unzulässige Verformungen ($\delta_v \geq 6$ bzw. 9 %)
- Risse (Risse sind ein untypischer Schaden für PE-Leitungen, treten jedoch in letzter Zeit immer häufiger auf)
- Schäden oder Mängel durch Fehler beim Verlegen und Verschweißen (z. B. Verdrehungen der Rohre, Muffenspalte, Muffenversatz, falsche oder ungenügende Bettung)

1.1 Senken

Senken (Versackungen) stellen sich durch örtliche Verformung des Rohraufagers ein. Ursache hierfür können örtlich schlechterer Baugrund (ungenügend verdichtetes Auflager oder schlecht verdichtete mineralische Abdichtung) oder örtlich erhöhte Lasten (z. B. Überfahrten) sein. Der Rohrquerschnitt bleibt in der Regel - abhängig vom Biegeradius - weitgehend erhalten.

Im Bereich von Senken ergibt sich häufig ein Aufstau von Sickerwasser auf der Basisabdichtung. Da eine Behebung des Schadens in der Regel nur durch großräumiges Freilegen möglich ist, werden geringe Senken in entsprechend überschütteten Deponien in der Regel hingenommen.

Ursache für diese Senken ist oft auch ein ungenügend verdichtetes oder nachträglich wieder aufgeweichtes bzw. falsches Rohraufagermaterial. In Süddeutschland wurde häufig gefordert, dass das Rohraufager aus bindigem Material (z. B. mineralischem Dichtungsmaterial, fertigen Mischungen aus Sand und Bentonit etc.) ausgebildet wird. Teilweise wurde dies sogar in Genehmigungsunterlagen als Auflage formuliert. Mit bindigen Materialien lassen sich jedoch in der Regel nur ungenügende Bettungsmodule erreichen. Zudem besteht während der Bauzeit die Gefahr, dass das Material durch Niederschlagswasser wieder aufgeweicht wird.

Es kann daher nur empfohlen werden, das Rohraufager aus nicht bindigen Materialien (Sand, Splitt) auszubilden. Zwar besteht auch hier die Gefahr, dass das Material während der Bauausführung durch Niederschläge erodiert wird. Doch ist eine Behebung solcher Schäden einfach möglich.

1.2 Verformungen des Rohrquerschnittes

Verformungen des Rohrquerschnittes ohne Risse treten nur bei sogenannten biegeweichen Rohren (Kunststoffrohren) auf. Ursache hierfür sind zu hohe Lasten (bzw. eine fehlende oder fehlerhafte Rohrstatik nach dem Stand der Technik), unsachgemäße Auflagerung (Rohrbettung), starke Senken (Versackungen) oder zu hohe Temperaturen. In Deponien wurden Temperaturen bis zu 80 °C festgestellt /9/. Noch höhere Temperaturen können in Schlackendeponien oder bei Deponiebränden auftreten.

Leider wird heute noch die Dimensionierung der Rohre hinsichtlich der Auflasten oft erst in der Bauausführung vorgenommen. Die Erstellung der Rohrstatik wird häufig als Bauleistung mit ausgeschrieben. Hierzu ist zu sagen, dass die Erstellung einer Rohrstatik sicherlich zu den Aufgaben des Planers gehört, wenn sie auch als Sonderleistung gesondert zu honorieren ist. Eine Dimensionierung in der Bauphase ist für die Planung von Details zu spät bzw. verschiebt Planungsleistungen auf die Baufirma.

Für biegeweiche Rohre ist eine vertikale Durchmesseränderung δ_v im Langzeitnachweis von 6 % zulässig. (Berechnung δ_v siehe ATV A 127 /1/ und ATV M 127 /2/). Wird die Standsicherheit nach dem Ansatz der Theorie 2. Ordnung gemäß den Bemessungsgrundsätzen des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) nachgewiesen, ist unter gewissen Voraussetzungen eine Verformung von bis zu $\delta_v = 9$ % zulässig. Larjomaa /7/ gibt den in Tabelle 2 aufgeführten Klassifizierungsvorschlag zur Beurteilung verformter relativ dünnwandiger Kanalrohre:

Tabelle 1: Schwedischer Klassifizierungsvorschlag zur Beurteilung der Verformung biegeweicher Kanalrohre /7/

Klasse	Querschnittsveränderungen	Beurteilung
I	$\delta_v < 8$ %	Tauglich
II	8 % < $\delta_v < 12$ %	Tauglich mit Vorbehalten
III	12 % < $\delta_v < 16$ %	Tauglich mit Bedenken
IV	$\delta_v > 16$ %	Untauglich

Ein vollständiges Beulen (Zusammenfallen des Rohrquerschnittes) bei Kanalrohren aus PE tritt nach Lauer und Brömstrup /4, 8/ bei etwa 35 bis 40 % Verformung ein. Der Entwurf der GDA-Empfehlung A 4-16 gibt für Sickerrohre aus PE in Deponien folgende Hinweise /6/:

Überschreiten die sich einstellenden Verformungen (δ_v) 9 %, so ist die betreffende Haltung auf eine Verstärkung des Schadensbildes über die Zeit hin zu beobachten. Bei Verformungen über etwa 15 % ist die Kamerabefahrung und Beobachtung zu intensivieren. Bei Verformungen ab etwa 25 bis 30 % sind wegen des drohenden Kollabierens geeignete Sanierungsmaßnahmen einzuleiten. Für PVC-Rohre gelten diese Empfehlungen nicht.

Diese Empfehlungen können Tabelle 2 nochmals zusammengefasst entnommen werden.

Tabelle 2: Handlungsempfehlungen des Arbeitskreises 6.1 „Geotechnik der Deponien“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik (DGGT) /6/

Querschnittsveränderungen	Beurteilung / Handlungsempfehlung
$\delta_v \leq 9 \%$	Verformungen unbedenklich
$> 9 \% < \delta_v \leq 15 \%$	tauglich mit Vorbehalten, Verformung ist zu beobachten
$> 15 \% < \delta_v < 30 \%$	Verstärkte Beobachtung des verformten Bereichs
$\delta_v \geq 30 \%$	Sanierungsmaßnahmen sind einzuleiten, da totales Versagen droht

Bei der Beurteilung von Querschnittsverformungen ist des weiteren von Belang, ob das betreffende Rohr zukünftig durch zusätzliche Aufschüttung (durch Abfall oder Profilierungsmaterial) höhere Lasten erfährt, oder ob das Rohr nicht mehr zusätzlich belastet wird. In letzterem Falle kann sich eine stabile Situation einstellen, da sich das Rohr durch die Verformung zumindest teilweise der Last entzieht.

Erfahrungen aus der Praxis haben gezeigt, dass der Zustand verformter Rohre durchaus stagnieren kann (zumindest über Beobachtungszeiten von bis zu einer Dekade). Hier kann auf Sanierungsmaßnahmen verzichtet werden oder sie können zumindest verschoben werden. In diesem Fall ist die Verformung allerdings weiter sorgfältig zu beobachten.

Des weiteren sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass der Grad der Verformung oft nicht exakt gemessen werden kann. Daher sind Abweichungen von mehreren Prozent als Fehler durchaus möglich.

Eine genauere Messung der Verformungen kann über eine spezielle Software vorgenommen werden. Hierzu muss die TV-Befahrung jedoch über ein entsprechend ausgerüstetes Fachbüro ausgewertet werden.

Typische Verformungen von PE-Rohren weisen in ihrer Entwicklung verschiedene Stadien auf (Abbildung 1 bis 3), die erfahrungsgemäß jedoch auch noch in extremen Ausprägungen zum Stillstand kommen können. Stagnieren die Verformungen jedoch nicht kann dies zu einem Kollabieren und damit völligen Verschluss der Leitung führen.

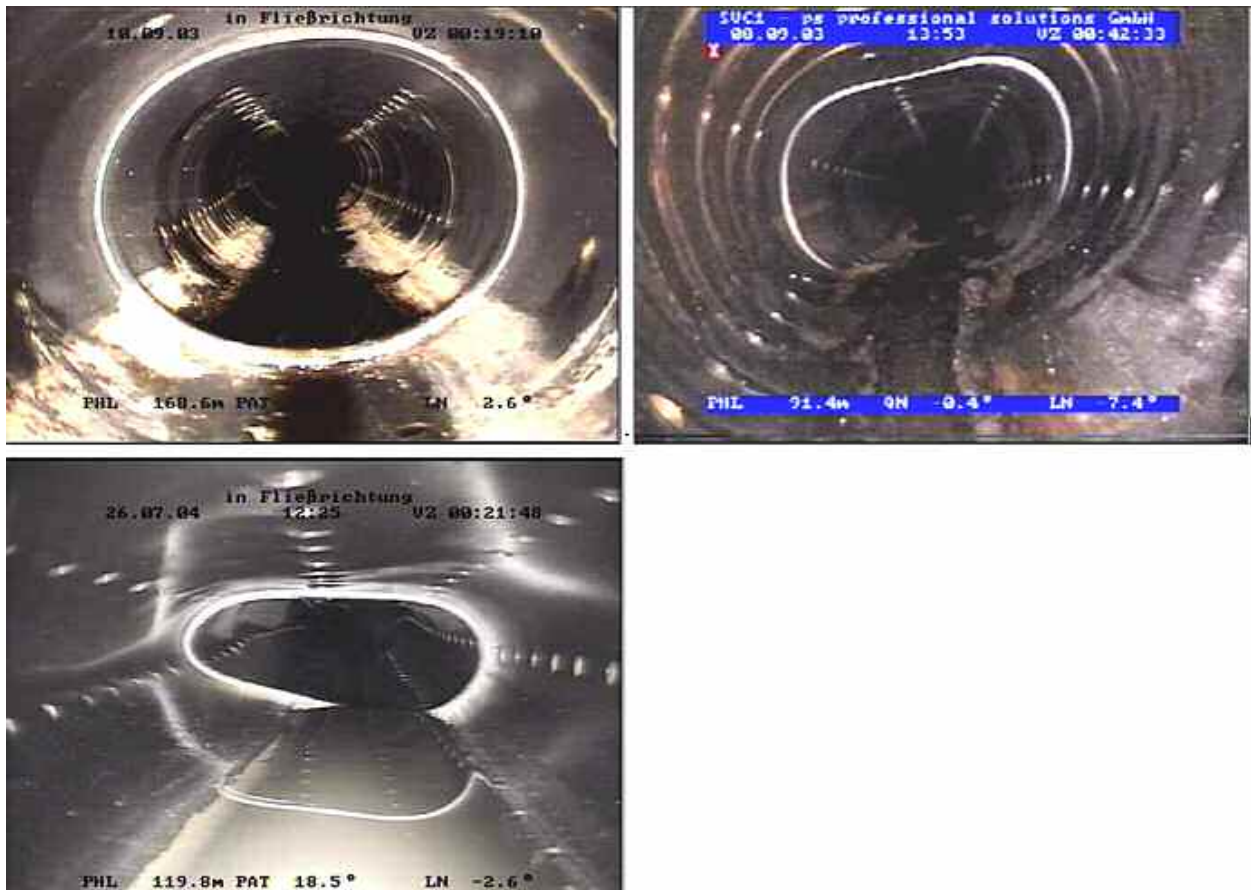


Abbildung 1, 2 und 3: Entwicklungsstadien bei der Verformung von PE-Leitungen

1.3 Risse

Risse treten normaler Weise nur bei sogenannten biegesteifen Rohren (wie z.B. Steinzeug) auf. Sie werden nach ATV M 143 /3/ unterschieden in:

- Längsrisse
- Querrisse
- Risse von einem Punkt ausgehend

Längsrisse in biegesteifen Rohren z. B. im Bereich der Kämpfer, der Sohle und des Rohrscheitels müssen nicht zwangsweise zum völligen Versagen einer Rohrleitung führen. Sie sind jedoch bei den Kamerabefahrungen sorgfältig zu beobachten. Dasselbe gilt für reine Querrisse /5/.

Sich verzweigende Risse (längs und quer) führen zu einer Scherbenbildung und letztlich zu Rohrbruch (als Rohrbruch wird das Fehlen mehr oder weniger großer Stücke der Rohrwandung bezeichnet) sowie im Extremfall zum Einsturz der Leitung.

Bei beginnender Scherbenbildung besteht die Gefahr, dass durch Spülarbeiten im Rohr erste Scherben aus der Rohrwandung herausgelöst werden (durch den Hochdruckstrahl oder einen schlagenden Spülkopf).

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

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 Rissbildungen in PE-Rohren können eventuell ungeeignete PE-Formmassen oder dauerhaft hohe Temperaturen (s. o.) und dadurch stark beschleunigte Versprödung vermutet werden.

Eine zusätzliche Beanspruchung der Rohre besteht in der Lochung bzw. Schlitzung. Durch die Lochung und insbesondere die Schlitzung wird eine Kerbwirkung mit einer Spannungsüberhöhung an bestimmten Stellen verursacht, die zu einer Rissbildung führen kann (siehe hierzu Abb. 4). Eingehendere Bearbeitungen zu dieser Problematik sind derzeit im Gange.



Abbildung 4 An einem Drainageschlitz beginnende Rissbildung

Ebenso wie in geschlitzten Rohren treten auch in gelochten Rohren derartige Rissbilder auf (Abb. 5).



Abbildung 5 An einem Drainageloch beginnende Rissbildung

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 Schlitzte erst einmal Risse gebildet, schreiten diese immer weiter fort. In aller Regel geschieht dies von Loch zu Loch (Abb. 6) oder über die Ecken der einzelnen Drainageschlitzte.

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 Rohre in den nächsten Rohrstrang über.



Abbildung 6 Sich von Loch zu Loch fortsetzender Riss

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. 7). Prägnanterweise zeigen sich derartige Risse oftmals ohne vorherige Verformung der Leitung.



Abbildung 7 Riss in der Rohrsohle einer PE-Leitung

Kommt es zu einer Überlagerung der verschiedenen Längrisse mit Querrissen, kann dies zu einem Einsturz der PE Leitung führen wie er ansonsten nur von den biegeweichen Steinzeugleitungen bekannt ist (Abb. 8 und 9).



Abbildung 8 und 9 Einsturz einer gelochten und geschlitzten PE-Leitung

2 Schäden und Mängel durch falsche Verlegung

2.1 Verdrehungen des Rohres

In manchen Fällen wurde beobachtet, dass Rohre verdreht verlegt wurden. In diesen Fällen wurde oft nicht auf die Ausbildung der Fließbettsohle geachtet, so dass die Lochung oder Schlitzung nach unten oder seitlich verlegt wurde. Hier hat nicht nur die Baufirma fehlerhaft verlegt sondern auch die örtliche Bauüberwachung versagt. Die Rohre hätten so niemals abgenommen werden dürfen.

Bei dünnwandigeren Rohren (z. B. bis PN 10) besteht in diesen Fällen die Gefahr, dass beim Reinigen mittels Hochdruckspülung Bettungsmaterial ausgespült wird und so die Bettung des Rohres verschlechtert wird.

2.2 Muffenspalte und Muffenversatz

Muffenspalte ergeben sich durch unsachgemäße Rohrverlegung, zu großen Abwinkelungen und bei PE-Rohren insbesondere durch Nichtbeachtung des Temperaturdehnungsverhaltens (große Ausdehnung bei Erwärmung). Muffenspalten in Sickerrohrleitungen sind ohne Belang solange sie Spülarbeiten und die TV-Befahrung der Rohre nicht beeinträchtigen sowie kein Ausspülen von Bettungsmaterial auch im Hinblick auf die Standsicherheit bzw. kein Einbrechen des Flächenfilters zu befürchten ist. Dies gilt im Wesentlichen auch für Muffenversätze.

Muffenspalten bzw. –versätze bei ungelochten Kanalrohren außerhalb der Ablagerungsfläche deuten auf Undichtigkeiten hin.

Muffenspalte und –versätze ergeben sich durch unsachgemäße Verlegung. Hier kann durch eine eingehende Überwachung während der Verlegung sowie durch eine TV-Inspektion vor der Abnahme der Leitungen entgegengewirkt werden.

2.3 Zu große Schweißwulste

Schweißwulste entstehen bei jeder Spiegel-Stumpfschweißung. Dies ist unvermeidbar und stellt bei fachgerechter Schweißung auch kein Problem für die TV-Inspektion oder die Reinigung dar. Durch zu hohen Anpressdruck, durch zu langes Anpressen oder zu hohe Schweißtemperaturen entstehen jedoch zu große Schweißwulste, die im späteren Betrieb zu Schwierigkeiten führen

Diese Mängel müssen spätestens bei der TV-Inspektion zur Abnahme erkannt und im Rahmen der Gewährleistung behoben werden.

2.4 Fehlerhafte Verschweißung mittels Elektroschweißmuffen

Bei der Verschweißung mittels Elektroschweißmuffen ist darauf zu achten, dass sich keine Lochung oder Schlitzung im Schweißbereich befindet, da das durch den Schweißvorgang verflüssigte PE-Material sonst in das Rohrinne gelangen kann. Siehe hierzu Abb. 10 und 11.



Abbildung 10, 11 Eingedrungenes PE-Material durch Verschweißung von gelochten Leitungen mittels E-Muffe

3 Sanierungsmöglichkeiten

Nach wie vor stellt das **statische Berstverfahren** die derzeit technisch am Besten umsetzbare Möglichkeit der Sanierung von verformten PE Leitungen dar. Unter günstigen Randbedingungen werden Einzugslängen bis ca. 60 m erreicht.

Hierbei wird die bestehende Leitung mit einem Schneidkopf (Abb. 12) aufgetrennt und im Nachgang eine neue PE Leitung eingezogen. Der Einzug der neuen Leitung erfolgt in der Regel über tiefe Baugruben wie z.B. Tandemschächte (Abb. 13).



Abbildung 12 und 13 Schneidkopf und Baugrube für die Durchführung des PE-Berstens

Große Einzugsängen werden bei der Durchführung von **Relining-Verfahren** erreicht. Bei entsprechend großen Durchmesser des Altrohres kann ein Neurohr bis zu einer Länge von 400 m eingezogen werden.



Abbildung 14 und 15: Zugkopf und auf der gesamten Länge vorab verschweißtes Reliningrohr

4 Literatur

/1/ Abwassertechnische Vereinigung (ATV): ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 127 „Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen“, August 2000

/2/ Abwassertechnische Vereinigung (ATV): ATV- Merkblatt M 127 1, Teil: „Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungsleitungen für Sickerwasser aus Deponien – Ergänzung zum Arbeitsblatt A 127, März 1996

/3/ Abwassertechnische Vereinigung (ATV): Merkblatt M 143, Teile 1 bis 3, Inspektion, Instandsetzung Sanierung und Erneuerung von Abwasserkanälen und Leitungen, Dez. 1989

/4/ Brömstrup, H. (1983): Das Tragverhalten biegeweicher Rohre, Vortrag im Rahmen des Seminars „Wechselwirkung zwischen Statik und Bauausführung erdverlegter Abwasserkanäle“, Hamburg 15./16.03.1983

/5/ Burkhardt, Edenberger, Egloffstein und Schneider (1996): Schäden an Entwässerungsleitungen und mögliche Sanierungen, Müllhandbuch Kennziffer 4596, Erich Schmidt Verlag, 1996

/6/ Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (DGGT,): Empfehlung A 4-16 (Entwurf)

/7/ Larjomaa, I. (1980): Ergebnisse der Überprüfung erdverlegter Kanalisationsrohre, Straßen und Tiefbau, s + t, 1980

/8/ Lauer, H. (1978): Statische Berechnung von erdverlegten Entwässerungskanälen aus PVC-Hart und PE-hart, 3R International 17 (1978), Heft 2

/9/ Müllner, B. (1993): Temperaturmessungen in Hausmülldeponien, Vortrag anlässlich des 9. Nürnberger Deponieseminars, LGA Nürnberg, 1993