

Anlage 15

Auflastbedingte Auswirkungen auf deponietechnische Einrichtungen unterhalb MFA

Anlage 15.2 Fachgutachten zur Bestandsbewertung

Funktionalität der Entwässerungsleitungen im Deponiebereich unterhalb der MFA
Ergänzendes Verfahren zum Vorhaben Deponieabschnittstrennung mittels
multifunktionaler Abdichtung (MFA) - RN 11/03

Dr.-Ing. Florian Kölsch
Juni 2020

1 Veranlassung

Um die Deponie Ihlenberg an den aktuellen Stand der Technik gemäß Deponieverordnung (DepV) anzupassen und dadurch die Entsorgungssicherheit für DK-III-Abfälle auf dem aktuellen Stand der Technik zu gewährleisten, hat die IAG – Ihlenberger Abfallentsorgungsgesellschaft mbH (IAG) im November 2011 einen Antrag auf Plangenehmigung einer Deponieabschnittstrennung mittels Multifunktionaler Abdichtung (MFA) bei dem Staatlichen Amt für Landwirtschaft und Umwelt Westmecklenburg (StALU WM) eingereicht. Nachdem im Mai 2012 zunächst der vorzeitige Baubeginn durch das StALU WM zugelassen wurde, hat das StALU WM Anfang 2013 die beantragte Plangenehmigung für die Deponieabschnittstrennung mittels Multifunktionaler Abdichtung (MFA) mit Sofortvollzug erteilt. Auf der Grundlage dieser Zulassungen hat die IAG mbH die Multifunktionale Abdichtung (MFA) auf Teilen der in der Stilllegungsphase befindlichen Deponieabschnitte DA1 alt, DA1 mono, DA2 errichtet. Die Deponieabschnittstrennung bildet zugleich die Oberflächenabdichtung des genannten Deponiebereichs (im Weiteren vereinfachend als DA1 bezeichnet) und eine Teilfläche der Basisabdichtung des aktiven Verfüllungsbereiches im DA 7.

Mit Beschluss vom 15.01.2019 (Aktenzeichen: 5 K 12/14), dessen Begründung seit dem 02.05.2019 vorliegt, hat das OVG Greifswald das vom NABU – dem Naturschutzbund Deutschland, Landesverband Mecklenburg-Vorpommern – betriebene Klageverfahren gegen die Plangenehmigung zur Deponieabschnittstrennung mittels multifunktionaler Abdichtung (MFA) zur Durchführung eines Planfeststellungsverfahrens mit integrierter Umweltverträglichkeitsprüfung ausgesetzt.

Im Planfeststellungsverfahren sind grundsätzlich potentielle Auswirkungen eines Vorhabens zu untersuchen und zu bewerten. Im vorliegenden Fachgutachten gilt es zu bewerten, welche Auswirkungen die Errichtung der Deponieabschnittstrennung und der geänderte Betrieb im verändert zugeschnittenen DA 7 auf die Sickerwasserrohre an der darunter liegenden Deponiebasis und letztlich auf die Funktionalität des Entwässerungssystems haben kann.

2 Situation

2.1 Allgemeines

Die durch die MFA oberflächengedichteten Bereiche gehören zu den Basisbauflächen BA 1, 1.1/1.2, 4.1/4.2 und BA 8. Die Flächen werden über insgesamt 12 Sickerwasserleitungen in westliche und östliche Richtung abschnittsweise entwässert. Es handelt sich um die Haltungen S 405-411, S104-106, S 801 und S 416.

Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass alle diese Rohrleitungen nach den zum Zeitpunkt der Planung bzw. Errichtung geltenden Regeln der Technik für die maximale Schütthöhe im geplanten Endzustand statisch bemessen worden sind. Die durch die Rohre zu tragenden Lasteinwirkungen ändern sich durch den Bau der MFA nicht. Von daher war zu erwarten, dass zum Zeitpunkt der Errichtung der MFA, als die Rohrleitungen vielfach etwa erst die Hälfte der maximalen Überschüttung (OK Abfall bis maximal 118 mNN) erfahren hatten (manche mehr, manche weniger), keine statischen Auffälligkeiten aufgetreten sein sollten.

Die allgemeine Erfahrung auf Deponien ergibt jedoch regelmäßig ein anderes Bild: die Sickerwasserrohre zeigen häufig lange vor dem Endzustand Risse und Deformationen, vielfach hervorgerufen durch unsachgemäß eingebrachte Verkehrslasten (charakteristisch: Überfahung ohne ausreichende Überdeckung zu Beginn der Beschickung), Bettungsfehler, punktuelle Setzungen in Folge von Inhomogenität im Untergrund oder von übermäßigen Belastungen, durch ungleichmäßige Lasteinwirkung verschiedenartiger Schüttgüter usw. Seltener sind unterschätzte Lastannahmen der Auslöser. Auch unerwartete Beanspruchungen (Temperatur, chemische Angriffe) können sich nachteilig auf die Stabilität der Rohre auswirken. Die Deponieverordnung fordert deshalb nicht grundlos eine regelmäßige visuelle Inspektion der Rohre mit Schadensbewertung, um die Gebrauchstauglichkeit des Entwässerungssystems nachzuweisen.

Aus diesen Überlegungen ergibt sich die gewählte Methodologie für die gutachterliche Bewertung des Entwässerungssystems.

2.2 Aktueller Zustand

Im ersten Schritt wurde der Zustand der betreffenden Leitungen festgestellt. Hierzu wurde die zum Zeitpunkt der Ausarbeitung (Beginn im April 2020) jüngste TV-Inspektion vom Juli 2019 umfassend gesichtet und ausgewertet. Weiterführende Beobachtungen aus der Befahrung Mai-Juli 2020 wurden, soweit sie zusätzliche Erkenntnisse erbrachten, nachträglich in der gutachterlichen Bewertung berücksichtigt. Abbildung 1 gibt einen Überblick über die aufgefundenen Deformationen (Stand: Juli 2019).

In insgesamt 4 der 12 Haltungen wurden Rohrstellen als Schäden eingestuft. Schadstellen liegen vor in den Sickerwasserleitungen 406-408 und in der Sickerwasserleitung 105. Die orange markierten Stellen im Lageplan (Abb. 1) indizieren leichtere Schäden (Deformationen der Schadensklasse (SK) 3 bis 10 %), die rot markierten Stellen markieren deutlichere Schäden (Deformationen SK 4 oder 5 über 10 %). Die Klassifizierung folgt einem Klassifizierungssystem für Schäden an Deponieentwässerungsrohren [Bräcker, 2017], das an vergleichbare Schadensbewertungen im Abwasserbereich angelehnt ist.

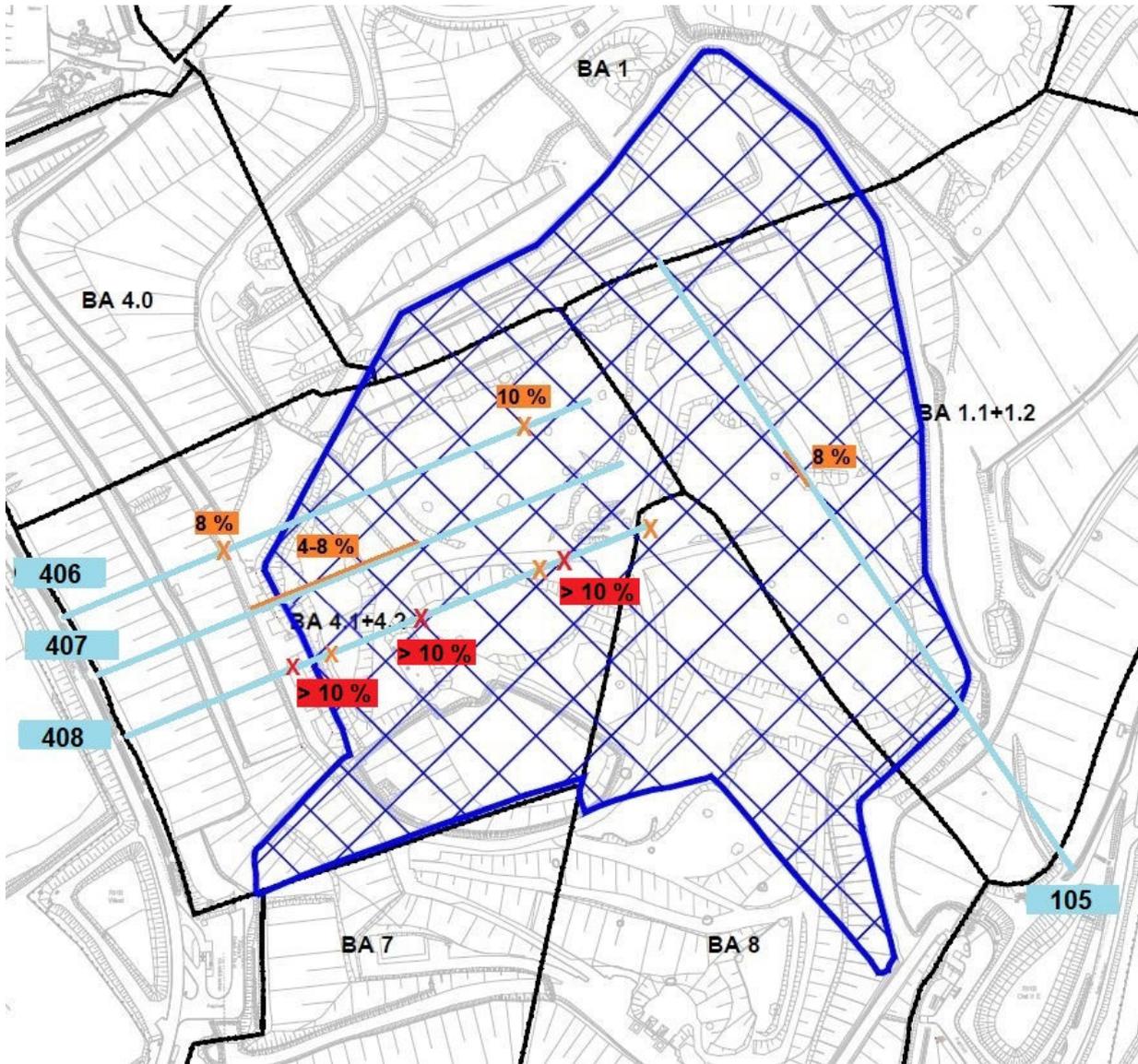


Abbildung 1: Zustand der Entwässerungsröhre unterhalb der MFA - 2019

Die Schadensklasse ergibt sich an Hand festgelegter Schadenskriterien, die sich an verschiedenen Schutzziele (Dichtheit, Betriebstauglichkeit, Statik) orientieren. Auf Grundlage der Schadensklasse kann anschließend der Sanierungsbedarf eines Leitungssystems beurteilt werden. Hierzu wird die so genannte Objektklasse ermittelt, wobei bei der Klassifizierung Objekt- und Schadensklassen hinsichtlich des Sanierungsbedarfes korrespondieren. Die Bedeutung der Klassen kann der Tabelle 1 entnommen werden. Demnach ergibt sich ein mittelfristiger Sanierungsbedarf für Leitungssysteme (Objekte), die in größerem Umfang Schäden der Klasse 3 aufweisen, kurzfristiger Handlungsbedarf für SK 4 und sofortiger Handlungsbedarf für SK 5.

Der Handlungsbedarf leitet sich also nicht alleine aus der Schadensklasse eines einzelnen Rohrschadens ab, sondern erst aus der Gesamtbetrachtung des Systems (eine oder mehrere Leitungen eines Feldes). Das wird bei näherer Betrachtung der einzelnen vorgefundenen Schäden deutlich.

Schadensklasse	Objektklasse	Bedeutung
SK 0	Klasse 0	schadensfrei, kein Handlungsbedarf
SK 1	Klasse 1	geringfügige Schäden ohne unmittelbar festzulegenden Handlungsbedarf
SK 2	Klasse 2	langfristiger Handlungsbedarf
SK 3	Klasse 3	mittelfristiger Handlungsbedarf
SK 4	Klasse 4	kurzfristiger Handlungsbedarf
SK 5	Klasse 5	umgehender Handlungsbedarf

Schaden	Kode	Schadensklasse				
		1	2	3	4	5
Sickerwasserdränleitung						
Ablagerungen ¹	BBC	< 10 %	10 - 25 %	25-50 %	> 50 %	100 %
Verformung biegeweicher Rohre	BAA	< 2 %	2-6 %	6-10 %	10-15 %	> 15 %
Riss	BAB		< 2 mm	2 - 5 mm	5-10 mm	> 10 mm
Scherbe ²	BAC			ragt heraus	fehlt	Einsturz
Ausbiegung ³	-		25-50 %	50 - 75 %	100 %	
Axialverschiebung	BAJ		< 2 cm	2 - 5 cm	5 - 10 cm	Entwässerungsschicht sichtbar
Sickerwassertransportleitung						
Riss	BAB			sichtbar	klaffend	
Scherbe ⁴	BAC				alle	Einsturz

¹ Bei Ablagerungen ergibt sich wegen der weitaus geringeren hydraulischen Nennauslastung der Leitungen eine höhere Akzeptanz als im Abwasserbereich.

² Bei Scherbenbildung erfolgt für fehlende Segmente die Einteilung in Klasse 4 (statt 3), da ein solcher Schaden im Deponiebereich die Gebrauchstauglichkeit stärker mindern kann als im Abwasserbereich. Insbesondere kann einfallendes Material der Entwässerungsschicht infolge der geringen Gefälle und Abflüsse und damit verbundenen geringen Schleppkraft nicht ausgetragen werden.

³ Die Ausbiegung (Unterbogen) ist in der DIN EN 13508-2 nicht definiert, wird aber bei der Kamerabefahrung beobachtet und manuell eingegeben. Der Kamerafahrer kann visuell allerdings die SK 4 nicht feststellen, da er bereits bei einer Ausbiegungstiefe von etwa 75 % keine Sicht mehr hat (Kamera unter Wasser). Ausbiegungen lassen sich nur durch Höhenvermessung der Leitungen exakt bestimmen. Die visuelle Bestimmung wird zudem vom aktuellen Wasserstand in der Leitung beeinflusst.

⁴ Die Zuordnung bei der Scherbenbildung ergibt sich zwangsläufig aus der Bewertung von Rissen. Da eine Scherbe stets einen klaffenden Riss voraussetzt, ergibt sich die pauschale Einordnung in SK 4

Tabelle 1: Schadensklassifizierung [Bräcker, 2017]

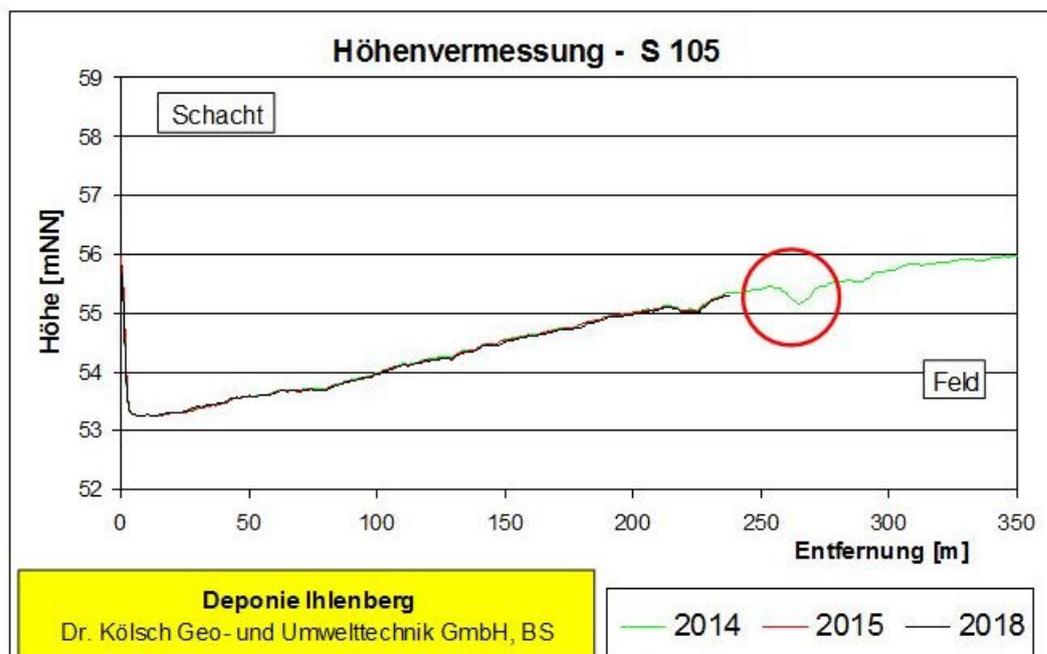


Abbildung 2: Setzungsmessungen Sickerwasserleitung 105 – 2014, 2015 und 2018

Die Deformation in der Sickerwasserleitung 105 zwischen Station 270-290 m betrifft eine Stelle, an der offenbar eine punktuell ausgeprägte Untergrundsetzung vorliegt, die bereits seit der Erstmessung 2014 festgestellt wurde. Solche Setzungen und Unregelmäßigkeiten der Rohrbettung können zu starken Spannungen und Deformationen am Rohr führen. Die Objektbewertung fällt wegen der kleinräumigen Ausprägung und der offensichtlich baulich bedingten Ursache des Schadens wie üblich eine Klasse niedriger aus, demnach würde die Haltung als Objektklasse 2 (langfristiger Handlungsbedarf) eingestuft trotz einer Fehlstelle der Klasse SK 3.

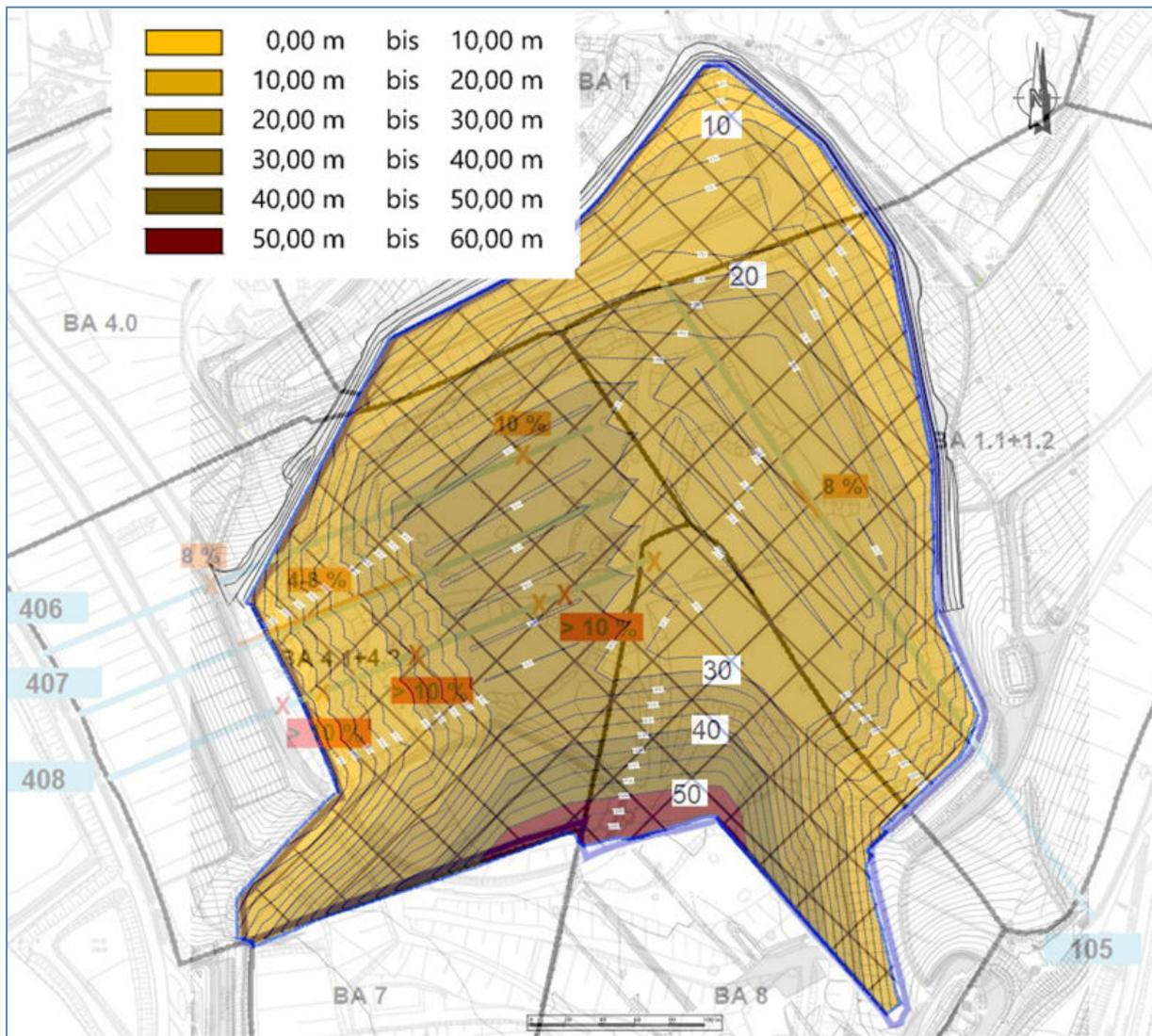


Abbildung 3: Schäden (aus Abb. 1) und Lasten

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt man bei den Haltungen S 406 und S 407, die mit Schäden 2 x SK 3 bzw. einem Streckenschaden SK 2-3 eingestuft sind. Auch hier liegt die Einstufung der Objektklasse $\frac{1}{2}$ bis 1 Stufe niedriger, was der Tatsache geschuldet ist, dass der betroffene Haltungsabschnitt im S 407 nur 10-20 m zusätzliche Auflast erhalten wird, im S 406 eine der Schadstellen keine weitere Auflast erhält.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass diese Leitungen geringe Schäden mit langfristigem Handlungsbedarf aufweisen. Die Systemreserven (insbesondere im Hinblick auf die Statik) sind für die langfristige Gebrauchstauglichkeit ausreichend.

3 Sickerwasserleitung 408

3.1 Vorgehen

Eine komplexere Situation hinsichtlich der Objektklassifizierung ergibt sich für die Haltung S 408, die hier gesondert und ausführlich betrachtet wird. Die Haltung weist eine ganze Reihe, teils erheblicher Schäden der Klasse SK 5 auf (Tabelle 2).

Station [m]	Schaden	Wert (2019)	Klasse
108	BAA Deformation	10 %	SK 3
114	BAA Deformation	11 %	SK 4
120	BAA Deformation	17 %	SK 5
132	BAA Deformation	11 %	SK 4
137	Lage Randdamm der MFA		
138	BAA Deformation	9 %	SK 3
180	BAA Deformation	19 %	SK 5
252	BAA Deformation	10 %	SK 3
258	BAA Deformation	20 %	SK 5
	BAB Längsriss	4 mm (2020) ¹	SK 3
330	BAA Deformation	7 %	SK 3

¹ Der Rissbreite wurde erst in der Befahrung 2020 sicher festgestellt

Tabelle 2: Schadstellen am S408 - Befahrung 2019

Um eine sachgerechte Objektklassifizierung vornehmen zu können, die sich bei erster Betrachtung in einem Korridor von Klasse 3 (mittelfristiger Handlungsbedarf) bis Klasse 5 (unmittelbarer Handlungsbedarf) bewegen könnte, wurden umfangreiche Untersuchungen, Auswertungen und Erwägungen vorgenommen:

- Validierung der Untersuchungsergebnisse der TV Inspektion
Überprüfung der Schadensklassifizierung, Kontrolluntersuchungen durch höherwertige Deformationsmessungen (lasergestützt)
- Ursachenforschung
Historische Erkundung zu Bau und Überschüttung der Leitung und der zeitlichen Entwicklung der Schadstellen
- Schadensprognose
Zu erwartende Belastungen, Schadensfolgenabschätzung
- Objektklassifizierung
Definition des Systems (Objektes), Einstufung, Handlungsbedarf

3.2 Schadensklassifizierung

Ein systemisches Problem der nachträglichen Schadensbewertung besteht darin, dass die Schadensklassifizierung der einzelnen Rohrstellen durch den TV-Inspekteur während der Befahrung vorgenommen wird. Eine nachträgliche Bearbeitung ist nur bedingt möglich. Die vor Ort-Bewertung unterliegt naturgemäß großen Unsicherheiten, insbesondere bei visuell schwer erkennbaren Schäden.

Beim Schadensparameter Deformation muss der TV-Inspekteur die Ovalität des Rohres beurteilen. Nach DWA Arbeitsblatt A 143-2 [DWA, 2015] wird die Ovalität berechnet wie in Abbildung 4 dargestellt.

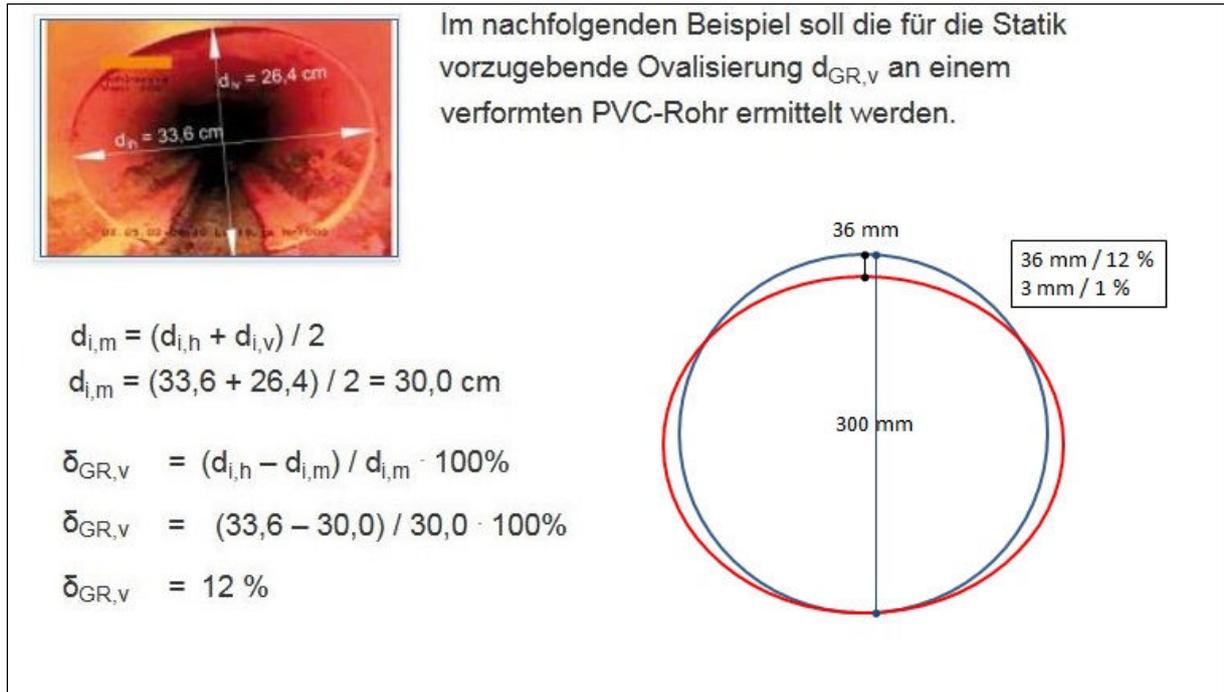


Abbildung 4: Beurteilung der Ovalität eines Rohres

Die Abbildung 4 verdeutlicht die Beurteilungsgrundlage. In einem Rohr DN 300 wird eine Ovalität von 1 % durch eine vertikale Verschiebung von 3 mm hervorgerufen. Diese Auflösung stellt höchste Anforderungen an den Inspekteur und setzt klare Sicht und einen guten Reinigungszustand voraus. Grob geschätzt dürfte die ausschließlich visuelle Bewertung eine Messunsicherheit von wenigstens 3 %-Punkten Deformation haben (entspricht 1 cm Verschiebung beim S 408).

Bei den jüngeren Messungen haben die TV-Unternehmen die Bewertung nach dem so genannten 2-Kreis-Verfahren vorgenommen. Dabei werden in das Inspektionsbild 2 Kreise gelegt, der große Kreis beschreibt den maximalen Durchmesser des Ovals (in Abbildung 4 wäre das $d=33,6$ cm), der kleine den minimalen Durchmesser (Abbildung 5). Das 2-Kreisverfahren sollte den Inspektoren eine bessere Schätzung der Durchmesser bzw. Verschiebungen ermöglichen.

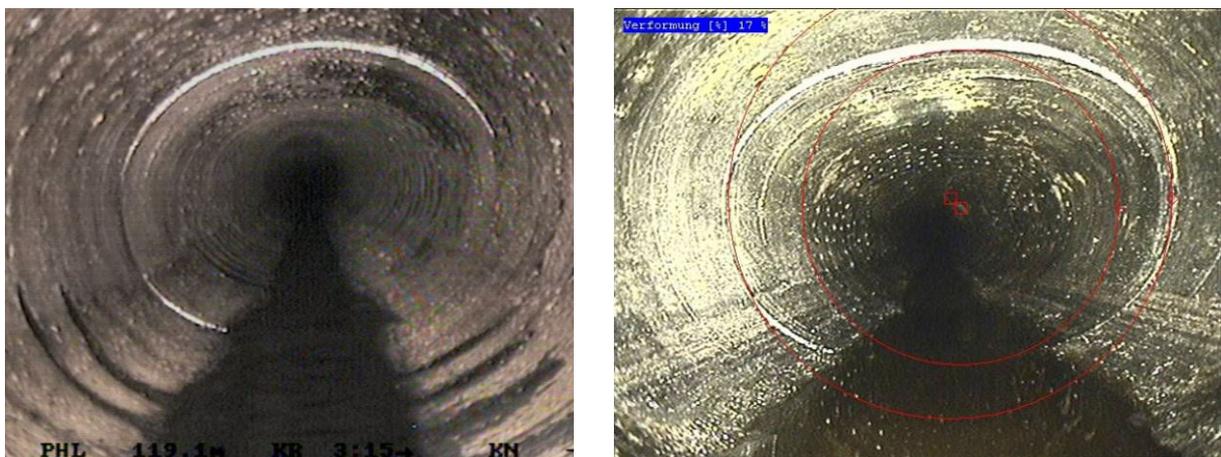


Abbildung 5: S 408, Deformation 120 m - links 2009: 10 %, rechts 2019: 17 % (2-Kreis)

Das Beispiel in Abbildung 5 zeigt, wie unterschiedlich die Einschätzungen der Inspektoren sind bei augenscheinlich unveränderter Deformation. Fehler treten dabei sowohl bei der rein visuellen Bewertung als auch beim 2-Kreis-Verfahren auf.

Die großen Unterschiede bestätigen die Notwendigkeit, als Grundlage der Schadensbewertung verlässliche Messergebnisse zu haben, die außerdem nachträglich aufbereitet werden können. Im Mai 2020 wurde deshalb eine lasergestützte Vermessung der Deformationen in der Haltung S 408 durchgeführt (Abbildung 6).

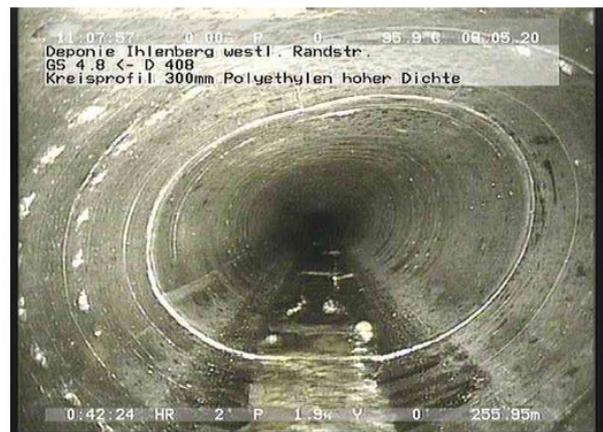


Abbildung 6: Prinzip der lasergestützten Deformationsmessung [van der Schoot, 2015]

Bei dieser Messung wird die Form der Rohrwandung mittels Abtastung durch einen Laserstrahl gemessen und als Winkel und Entfernung der jeweiligen Zielpunkte erfasst. Die Untersuchungen konzentrierten sich zunächst auf die signifikanteste Schadensstelle im S 408 bei Station 258 m. Für die Schadstelle war im Juli 2019 nach dem 2-Kreis-Verfahren eine Verformung von 20 % festgestellt worden. Die Lasermessung ergab für diese Stelle einen Wert von 13 %.



Foto-Nr. 78 258,3m 00:24:48 D--- Deformation biegeweicher Rohre, Gesamtumfang, RED.QUERSCHN. 20%



D 408_f23eec51-03ec-40f6-93fe-a503e304b635_20200508_110741_427.jpg, 00:42:17, 255,95m
Deformation biegeweicher Rohre "primäre Deformation", gesamter Umfang, Durchmesserreduzierung: 13%

links: 2019, 20 %, 2-Kreis-Verfahren
rechts: 2020, 13 %, lasergestützt

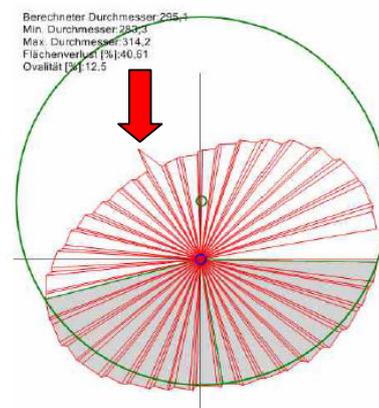


Abbildung 7:
S408, Deformation bei Station 258 m

Die Messung der Ovalität findet aktuell unmittelbar während der TV-Inspektion in der Auswerteeinheit des TV-Fahrzeugs statt. Eine tiefergehende Analyse der so ausgewerteten Daten der Ovalitätsmessung hat gezeigt, dass die Messergebnisse noch mit Unsicherheiten behaftet sind, insbesondere bei der Messung in gelochten, Wasser führenden Dränagerohren. Der Abtaststrahl des Lasers kann in den Dränlochanlagen „verschwinden“ (siehe Pfeil in Abbildung 7), oder wird durch Wasser an der Rohrsohle reflektiert und gebrochen. Diese Messfehler können durch eine nachträgliche Datenbearbeitung im Büro korrigiert verringert werden. Die unmittelbare Nachbearbeitung der Messwerte ist mit der vorhandenen Auswertesoftware des Herstellers der Lasermessung (WinCam) (noch) nicht möglich.

Durch einfache grafische, manuell durchgeführte Auswertungen kann der Fehler einer Messung quantifiziert und korrigiert werden. Dabei wird die Form aus dem Laserscan (rote Markierungen in Abbildung 7, rechts) manuell abgegriffen und in ein CAD-Programm übertragen. Abbildung 8 zeigt das Ergebnis für die Station 258 m. Es zeigt sich, dass die Messunsicherheiten bei 3-4 %-Punkten liegen, durch ingenieurtechnische Datenbearbeitung jedoch reproduzierbare, verlässliche Ergebnisse erzielt werden. Die Ursachen der Mess- und Berechnungsfehler sind vielfältig, aber gut identifizierbar.

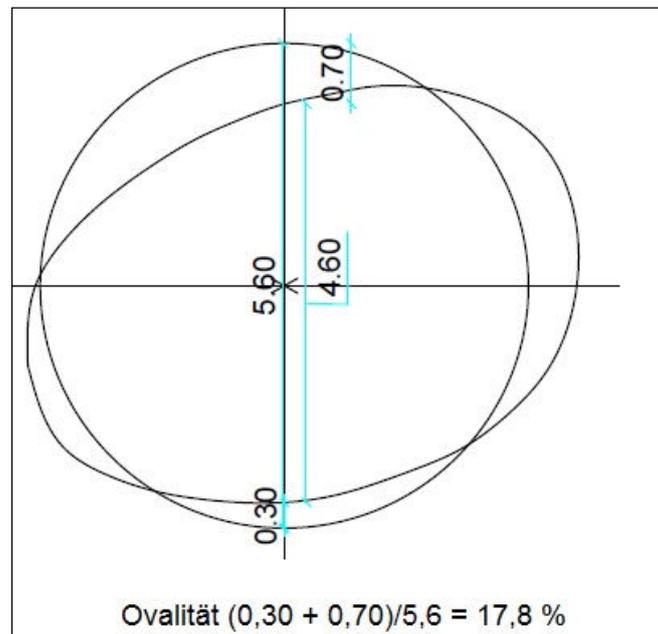


Abbildung 8: S 408, Station 258 m - CAD-Auswertung der gemessenen Rohrform

Unter den oben ausgeführten Aspekten zur Messunsicherheit wurden die Schadensbewertungen im S 408 neu bewertet.

Station [m]	Schaden	2019 2-Kreis	2020 Laser	Fehler CAD	Ergebnis	Klasse
108	BAA Deformation	10 %	7 %	0	7 %	SK 3
114	BAA Deformation	11 %	10 %	-2%	8 %	SK 3
120	BAA Deformation	17 %	10 %	+2 %	12 %	SK 4
132	BAA Deformation	11 %	9 %	+1 %	10 %	SK 3
137	Lage Randdamm der MFA					
138	BAA Deformation	9 %	8 %	0	8 %	SK 3
167	BAA Deformation	n. gem.	13 %	-4 %	9 %	SK 3
180	BAA Deformation	19 %	17 %	-2 %	15 %	SK 4
232	BAA Deformation	n. gem.	9 %	-1 %	8 %	SK3
252	BAA Deformation	10 %	7 %	0	7 %	SK 3
258	BAA Deformation	20 %	13 %	+5 %	18 %	SK 5
330	BAA Deformation	7 %	kein Ergebnis	n/a	7 %	SK 3

Tabelle 3: Rohrschäden S 408 - Befahrung 2019, 2020 mit Nachbewertung

Die deutlichsten Unterschiede nach der Neubewertung ergeben sich für die beiden Schadstellen bei 120 m und 180 m (jeweils SK 4 statt SK 5).

Neben den Deformationen wurden bei den jüngsten TV-Inspektionen insbesondere die Muffe bei Station 258 m näher intensiv untersucht. Dabei wurden neben den Deformationen ein Längsriss und ein Querriss festgestellt, die bislang nicht beobachtet worden waren.



Abbildung 9: S 408, Station 258 m, Rissbildung, links 2016, Mitte 2019, rechts 2020



Abbildung 10: Sickerwasserleitung 408, Detail Risse

Die Sichtung der älteren Kamerabefahrungen ergab, dass der Längsriss erstmals 2019 aufgetreten ist (aber nicht gesehen wurde), 2016 noch nicht vorhanden war (Abbildung 9). Der umlaufende Querriss besteht schon länger. Querrisse sind - im Gegensatz zu Längsrissen - bei Deponiesickerwasserrohren kaum schadensrelevant. Der Längsriss kann wegen seiner Rissbreite als SK 3 oder vielleicht 4 eingestuft werden. Das Verformungsverhalten und insbesondere die erst kürzlich erfolgte Rissbildung deuten auf ein progressives Verformungsverhalten hin. Insgesamt befindet sich die Muffe bei Station 258 m in einem beeinträchtigten Zustand, der eine verdichtete Beobachtung erfordert.

3.3 Schadensursachen

Die Untersuchung der möglichen Schadensursachen dient dem Zweck zu verstehen, welche Belastung die Schäden verursacht hat. Es stellt sich die Frage, ob die Schäden primär durch die aufgetragenen Lasten oder durch andere Einflüsse zu Stande gekommen sind. Das Verständnis der Ursachen soll eine sinnvolle Prognose und zielführende Handlungsempfehlungen ermöglichen.

Betrachtet wurde zunächst der Deformationsverlauf an allen Schadstellen SK 3 und höher. Die vergleichenden Abbildungen finden sich im Anhang. Dabei zeigt sich, dass nur die Muffe bei 258 m seit dem Jahr 2009 eine Veränderung der Deformationen zeigt. Alle anderen Stellen sind seit 2009 unverändert.



2009



2014



2016



2019

Abbildung 11: Sickerwasserleitung 408, Station 258 m, Entwicklung 2009-2019

Der Bildverlauf zeigt deutlich eine zunehmende, schräge Deformierung zwischen 2009-2014. Von 2014-2016 trat keine Veränderung auf. Zwischen 2016 und 2019 hat die Deformation wieder zugenommen und die Rissbildung eingesetzt.

Für die kritischen Stellen des S 408, das sind die Muffen bei Station 258 m und die beiden SK 4-Schadensstellen bei den Stationen 120 und 180 m, wurde der Verlauf der Überschüttung seit Errichtung der Sickerwasserleitung 408 grafisch über die Zeit dargestellt (Abbildung 12). Die Grafik zeigt eine Zunahme der Überschüttung zwischen 2007 und 2012 an allen drei Punkten um etwa 20 m. Von 2012 bis 2016 nimmt die Überschüttung kaum zu, in dieser Zeit erfolgen die Profilierungs- und Baumaßnahmen für die MFA. Von 2016 bis 2018 nimmt die Schütthöhe über den Stationen 180 und 258 m um 10-15 m zu im Zuge der Verfüllung der MFA-Plateauflächen. Die Station 120 m hat zu diesem Zeitpunkt die Endhöhe erreicht. Im Jahr 2019 erreicht auch die Station 180 m die finale Ausbauhöhe. Der Station 258 m fehlen noch rund 15 m Überschüttung.

Der Verlauf der Lasten und Deformationen an den drei Stellen ist aufschlussreich. Zunächst ist auffällig, dass alle drei Punkte in 2009 Deformationen aufweisen, obwohl die Last gering ist. Weiterhin fällt auf, dass die Station 258 m zu einem frühen Zeitpunkt mit der Last zunehmende Deformationen zeigt, während die beiden anderen Vergleichsstellen die gleiche Lastzunahme zwischen 2007 und 2012 ohne mechanische Reaktion überstehen.

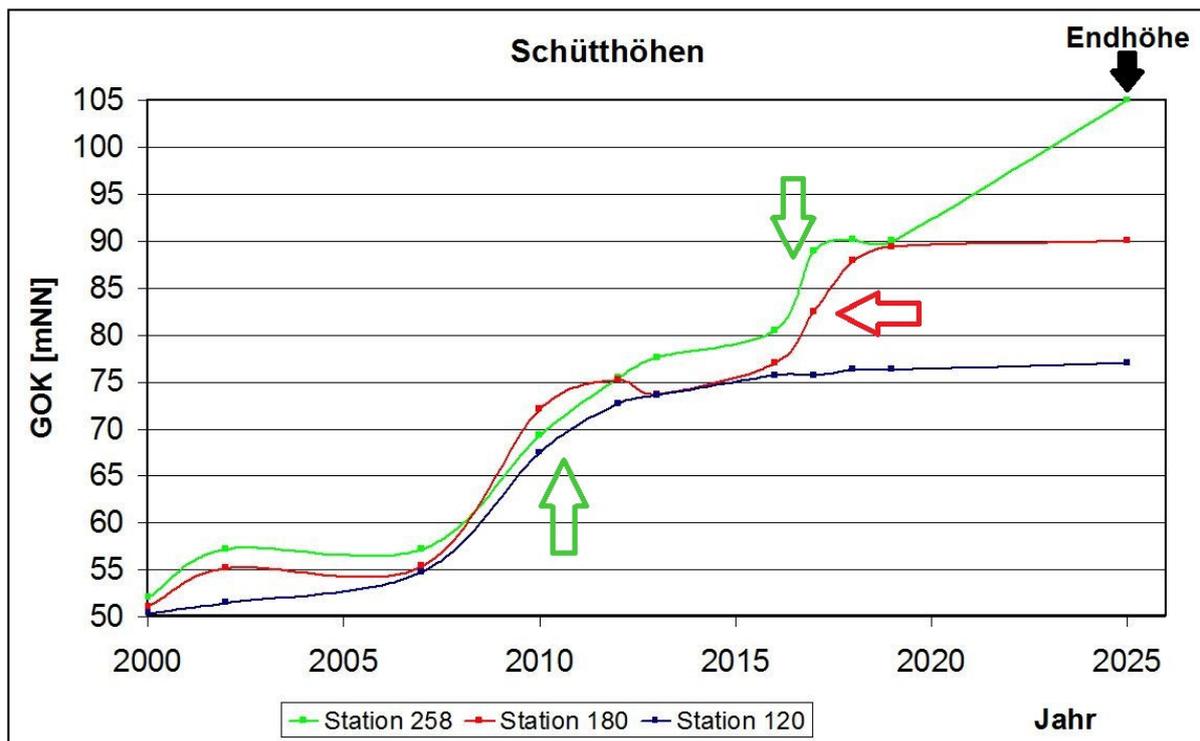


Abbildung 12: S 408, Stationen 120, 180 und 258 m - Schütthöhen über die Zeit

Noch deutlicher wird der Unterschied mit Beginn der Abfalleinlagerung auf den Flächen der Deponieabschnittstrennung ab 2016. Die Stationen 180 und 258 m erfahren eine gleichartige Lastzunahme, die jedoch nur bei Station 258 m zu Deformationen führt. Diese unterschiedliche Antwort auf die Belastungen spricht für eine Vorschädigung oder eine örtliche Imperfektion des Rohres bei Station 258 m.

Am wahrscheinlichsten erscheint die Erklärung, dass das Rohr bei Station 258 m in der Anfangszeit bei der Anlage einer befestigten Betriebsfläche lokal beschädigt wurde. Abbildung 13 zeigt die örtliche Situation bei Station 258 m im Jahr 2002. Diese Erklärung ist schlüssig, sie ändert jedoch nichts an der Einschätzung, dass die betreffende Rohrstelle auf Grund der Vorschädigung nunmehr (und in Zukunft) sehr lastempfindlich ist.



Abbildung 13: Sickerwasserleitung 408, Station 258 m (gelber Stern) - 7.1.2002

4 Schadensbewertung

Im gesamten Entwässerungssystem unterhalb der MFA liegt nur für die Station 258 m in der Sickerwasserleitung 408 eine Beeinträchtigung des Rohrzustandes in einem Umfang vor, die zu einer Gefährdung der Rohrstatik dieses Drainrohrabschnitts bis hin zum Versagen führen könnte. Die übrigen Schadensstellen der Klasse SK 4 im S 408 (Station 120 m und 180 m) sind in dieser Hinsicht kaum gefährdet, da sie die finale Verfüllhöhe bereits erreicht haben. Die Abschnitte mit nur gering verformten Schadensstellen SK 3 werden eine weitere Verfüllung ohne nennenswerte Deformationen aufnehmen. Gleiches gilt für die Schadensstellen in den Haltungen S 406, S 407 und S 105.

Für die Station 258 m des S 408, die nach der dem Gutachten zu Grunde liegenden Planung noch etwa 15 m Last erhalten soll, ist eine Prognose komplex. Ein langfristiges Versagen der Muffe kann nicht ausgeschlossen werden, liegt aber derzeit noch fern.

Für die weitergehende Bewertung und die Erarbeitung von Handlungsoptionen ist das Verständnis der potentiellen Schadens- und Versagensbilder, sowie ihrer Auswirkungen auf die Gebrauchstauglichkeit der Rohrleitung erforderlich. Ein Versagen der Muffe bei Station 258 m würde voraussichtlich zu einem Bruch des Rohrscheitels führen, ein solches Schadensbild ist beispielhaft in Abbildung 14 dargestellt.

Aus einem solchen Versagen ergeben sich drei Konsequenzen:

- Abflussbehinderung mit möglichen Ablagerungen oberhalb der Bruchstelle
- TV-Inspektion mit normalem Kamerawagen vermutlich nicht mehr möglich
- Risiko bei Hochdruckspülung (drohender Schlauchverlust nach Einhaken)



Abbildung 14: Beispielaufnahme eines Scheitelbruchs nach Deformation

Im Hinblick auf die Vermeidung eines Sickerwasseraufstaus auf der Basisabdichtung wird sich die mögliche Abflussbehinderung kaum auswirken. Zum einen liegt oberhalb der Bruchstelle eine hydraulische Einzugsfläche von rund $70 \times 40 = 2.800 \text{ m}^2$ abgedichtete Fläche, während das Dränrohr auf einer Gesamtlänge von 335 m insgesamt $335 \times 40 = 13.400 \text{ m}^2$ entwässert. Außerdem kann die oberhalb der Station 258 m gelegene Fläche auch an der Bruchstelle vorbei über den Flächenfilter entwässern. Zudem ist die gesamte Fläche durch die MFA an der Oberfläche abgedichtet, so dass der zu erwartende Sickerwasseranfall gering ist. Selbst bei einem vollständigen Einbruch (Abbildung 14, rechts) wäre die Leitung rechnerisch noch weit ausreichend hydraulisch leistungsfähig. In dieser Hinsicht bleibt die Gebrauchstauglichkeit der Leitung vollständig erhalten.

Bezüglich der eingeschränkten Wartungs- und Inspektionsmöglichkeiten lassen sich die Einschränkungen kompensieren z.B. durch den Einsatz einer Satellitenkamera und durch Reinigung mit geeigneten Zugdüsen (glatte Oberfläche). In dieser Hinsicht (Reinigung und Inspektion) ist die Gebrauchstauglichkeit des Rohres zwar verschlechtert, die Beeinträchtigungen lassen sich jedoch kompensieren.

Unter den oben dargestellten Erwägungen ergibt sich für das Gesamtsystem eine Objektklassifizierung von Objektklasse 3 (mittelfristiger Handlungsbedarf), sowohl bei der Betrachtung der Haltung S 408 als ein Objekt, noch eher bei der Gesamtbetrachtung "Entwässerungssystem unter der MFA" als ein Objekt. Trotz einer Schadensstelle der Klasse SK 5 ist die Funktionalität der beiden Objekte nur geringfügig gefährdet bzw. potentiell eingeschränkt.

4 Handlungsempfehlungen

Unabhängig von der Einschätzung, dass für das Gesamtsystem kein unmittelbarer (Klasse 5) oder kurzfristiger (Klasse 4) Handlungsbedarf besteht, sollen an dieser Stelle die Handlungsoptionen aufgezeigt werden, um dem Betreiber eine Entscheidungsgrundlage zu bieten, ob und ggf. wann weitergehende Schutz- oder Sanierungsmaßnahmen vorzunehmen sind. Dabei steht insbesondere die Station 258 m der Sickerwasserleitung 408 im Fokus der Überlegungen. Es kommen folgende Handlungsoptionen in Frage:

- Aufgeschobene Sanierung durch Einsatz der Beobachtungsmethode

Wie gezeigt, ist die Gebrauchstauglichkeit der Entwässerungsleitungen derzeit gegeben mit mittelfristigem Handlungsbedarf hinsichtlich einer Sanierung. Eine Sanierung kann weiter aufgeschoben werden, indem die Schadstelle zunächst mittels Beobachtungsmethode überwacht wird.

Dabei wird das Rohr in verdichtetem Messturnus (z.B. vierteljährlich) optisch hinsichtlich der Rissbreite des Scheitelrisses sowie mittels Lasermessung auf zunehmende Verformungen überwacht. Dadurch kann zeitnah festgestellt werden, ob der progressive Bruch voranschreitet und der Handlungsbedarf dringlicher wird. Es wird sichergestellt, dass möglicherweise erforderliche technische Sanierungsmaßnahmen (siehe unten) zum richtigen Zeitpunkt veranlasst werden.

Für die im Rahmen der Beobachtungsmethode überwachten Parameter Rohrdeformation und Rissbreite des Scheitelrisses werden Schwellenwerte mit der Aufsichtsbehörde abgestimmt. Die Schwellenwerte orientieren sich an den bis zum Erreichen der Endhöhe technisch hinnehmbaren Endwerten.

- **Rissweite**

Die Schadensklasse 5 (kurzfristiger Handlungsbedarf) wird bei einer Rissweite von 10 mm erreicht, ein Versagen droht erfahrungsgemäß ab etwa 15 mm. In 2020 lag die Rissbreite bei 4 mm. Geht man von einer Aufbringung von 15 m Last aus und einer noch hinnehmbaren Rissausweitung um 6 mm, darf sich der Riss nicht schneller als mit einer Geschwindigkeit von 1 mm pro 2,5 m Auflast entwickeln unter Annahme einer zeitlinearen Rissentwicklung. Dann wäre die Rohrleitung bei Erreichen der Aufbringung von 15 m Auflast noch intakt.

- **Rohrdeformation**

Hinsichtlich der Deformation wurden anderenorts Verformungen von 30 % beobachtet, ohne dass es zu einem Einsturz gekommen wäre. Nähme man diesen Wert als hinnehmbaren Endwert an, dann bliebe ein für die TV-Inspektion ausreichender befahrbarer Restquerschnitt von 210 mm bestehen. Die Zunahme der Deformation betrüge für die Station 258 m in S 408 insgesamt + 11 % (von derzeit 19 %). Unter der Annahme eines zeitlinearen Verlaufes wäre demnach eine Zunahme der Deformation mit einer Geschwindigkeit von 0,8 % je aufgebrachtem Meter Auflast hinnehmbar, so dass die Leitung nach Aufbringung von 15 m Auflast den Endwert von 30 % nicht überschreitet.

Die Vorgehensweise der Beobachtungsmethode bietet den Vorteil, dass die Chance, dass das Rohr über ausreichende statische Kapazitäten verfügt, genutzt würde. Eine riskante Sanierung würde zunächst aufgeschoben oder sogar vermieden.

Gleichzeitig kann durch das Monitoring zeitnah und zeitgerecht auf ein Voranschreiten des progressiven Bruches reagiert werden, so dass auch sichergestellt wird, dass die Einsatzmöglichkeit der verfügbaren technischen Sanierungsverfahren nicht beeinträchtigt wird.

- Umprofilierung der beabsichtigten Endkubatur

Die Auflast hat eine zentrale Bedeutung hinsichtlich der mechanischen Beanspruchung der Station 258 m in der Sickerwasserleitung 408. Demnach wäre eine weitere Schutzmöglichkeit gegeben, die Auflasten in dem betreffenden Rohrbereich zu verringern, um das Rohr zu schonen. Hierzu wäre eine örtliche Umprofilierung der Endkubatur erforderlich. Die Umprofilierung kann entweder initiativ erfolgen (parallel zur Beobachtung) oder auch über die Schwellenwerte (Fortschritt der Rissweite und der Deformation) an die Beobachtungsmethode gekoppelt werden. Die Verfüllung des betreffenden Bereiches erfolgt mit moderater Geschwindigkeit und würde bei Erreichen der Schwellenwerte eingestellt.

- Sanierung durch Relining des Muffenbereiches

Sollte eine Sanierung der Sickerwasserleitung 408 angestrebt werden, wäre ein so genanntes Relining die bevorzugte Maßnahme. Beim Relining wird eine Art "Stent" in das Rohr eingebracht wie in Abbildung 15 schematisch dargestellt.

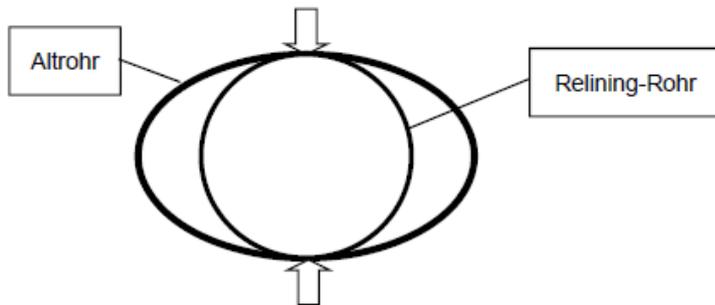


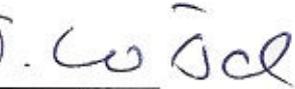
Abbildung 15: Schemaskizze Relining

Durch das Relining kann der Einsturz der Rohrleitung verhindert werden. Nachteilig ist, dass das Einbringen schwierig, möglicherweise erfolglos ist, das Reliner-Auflager undefiniert (und somit deformationsanfällig) und es trotzdem zu Behinderungen beim Abfluss und der Befahrbarkeit der Rohrleitung kommen kann. Zudem bergen Sanierungsmaßnahmen an alten Sickerwasserrohren das Risiko, die Leitung während der Baumaßnahmen zu beschädigen.

Unter den oben genannten Gesichtspunkten wird der Einsatz der Beobachtungsmethode empfohlen. Diese Vorgehensweise entspricht der Logik der Schadensbewertung, die - trotz eines schweren lokalen Rohrschadens - das Gesamtobjekt als Klasse 3 (mittelfristiger Handlungsbedarf) einstuft. Die Gebrauchstauglichkeit ist voll vorhanden und nur gering gefährdet. Die fehlende Dringlichkeit spricht hier für eine "herantastende" Vorgehensweise bei der Sanierung, deren Notwendigkeit zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht klar ist. Die Beobachtungsmethode kann entsprechend an weitere Maßnahmen (Umprofilierung, Sanierung) gekoppelt werden, die nach Auslösung der entsprechenden Schwellenwerte eingeleitet werden. Alternativ können diese Maßnahmen präventiv zu einem beliebigen Zeitpunkt implementiert werden.

Braunschweig, den 3.7.2020





 Dr.-Ing. Florian Kölsch

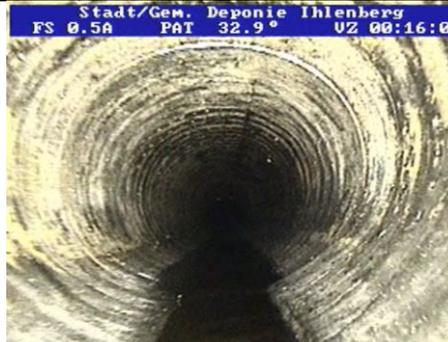
Literatur

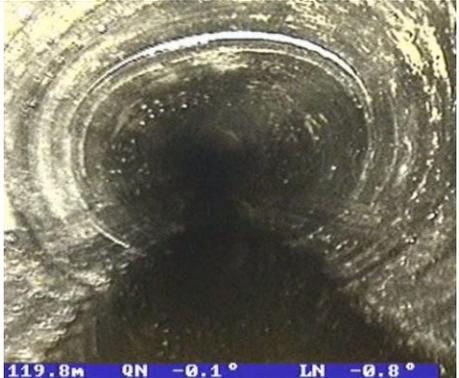
Bräcker, W. (2017): Abfallwirtschaftsfakten 22.1: Betreiberseitige Kontrollen der Sickerwassererfassung in Deponien. Staatl. Gewerbeaufsicht - ZUS AGG, Hildesheim.

DWA (2015): Arbeitsblatt DWA-A 143-2 - Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 2: Statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserleitungen und -kanälen mit Lining- und Montageverfahren - Juli 2015

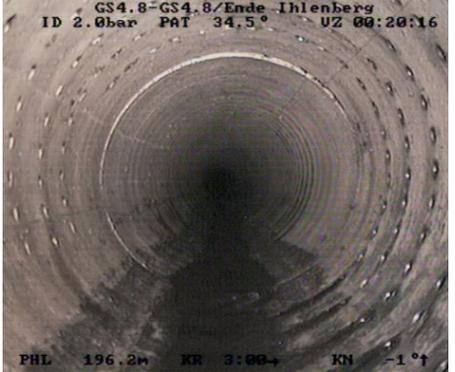
van der Schoot (2015): Laser profiling of sewer pipes. Masterarbeit. Delft University of Technology, Sanitary Engineering Section

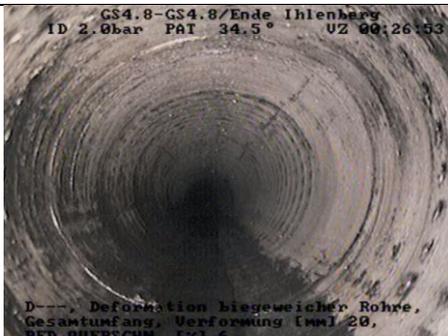
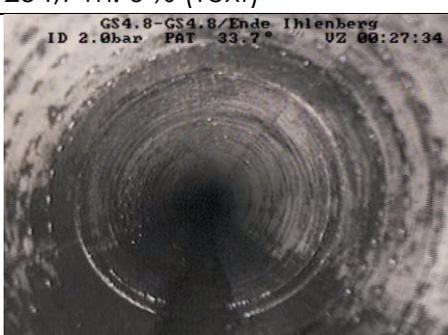
Anhang: Entwicklung der Schadstellen GS 408

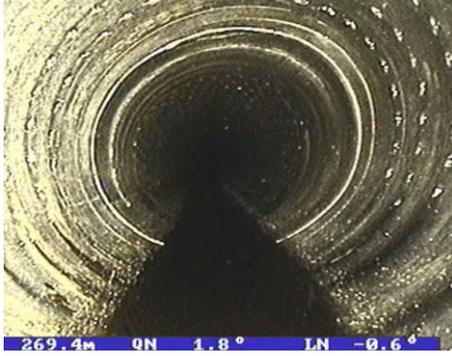
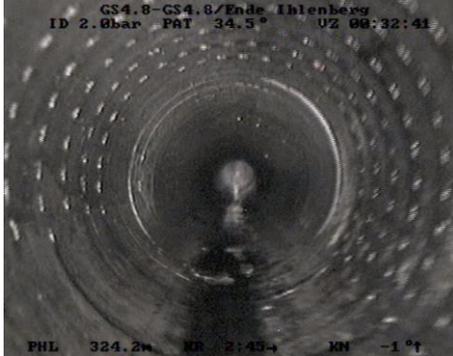
2009	2014	2016	2019 (% im 2-Kreis-Verfahren)
 <p>106,6 m: keine Deformation notiert</p>	 <p>108,4 m: Keine Deformation</p>	 <p>107,7 m: Deformation, k.A. %</p>	 <p>107,7 m: 10 %</p>
 <p>113,1 m: 3 % (Text)</p>	 <p>114,7 m Deformation, k.A. %</p>	<p>nicht kontrolliert</p>	 <p>113,9 m: 11 %</p>

2009	2014	2016	2019 (% im 2-Kreis-Verfahren)
 <p>GS4.8-GS4.8/Ende Ihlenberg ID 2.0bar PAT 34.5° UZ 00:12:27</p> <p>PHL 119.1m KR 3:15- KN -0°†</p> <p>119,1 m: 10 % (Text)</p>	 <p>GS4.8 - GS4.8.1 FS 0.8A PAT 33.7° UZ 00:17:04</p> <p>Ausbiegung, Unterbogen, Sohle, Anfang 8, Pos. 06</p> <p>PHL 120.5m QN 0.6° LN -0.4°</p> <p>120,5 m: Deformation, k.A. %</p>	<p>nicht kontrolliert</p>	 <p>119.8m QN -0.1° LN -0.8°</p> <p>119,8 m: 17 %</p>
 <p>GS4.8-GS4.8/Ende Ihlenberg ID 2.0bar PAT 35.3° UZ 00:13:27</p> <p>PHL 130.3m KR 3:15- KN -0°†</p> <p>130,3: Keine Deformation</p>	 <p>PHL 132.6m QN -0.6° LN -0.4°</p> <p>132,6 m: Deformation, k.A. %</p>	<p>nicht kontrolliert</p>	 <p>Ausbiegung, Unterbogen, Sohle, Anfang 7, 06</p> <p>131.9m QN -0.4° LN -0.4°</p> <p>131,9 m: 11 %</p>
 <p>GS4.8-GS4.8/Ende Ihlenberg ID 2.0bar PAT 35.3° UZ 00:13:58</p> <p>PHL 136.3m KR 2:45- KN -0°†</p> <p>136,3 m: Keine Deformation</p>	 <p>PHL 138.6m QN -0.1° LN 0.8°</p> <p>138,6 m: Keine Deformation</p>	<p>nicht kontrolliert</p>	 <p>137.8m QN -0.1° LN 0.6°</p> <p>137,8 m: 9 %</p>

Lage Raddamm MFA

2009	2014	2016	2019 (% im 2-Kreis-Verfahren)
 <p>GS4.8-GS4.8/Ende Ihlenberg ID 2.0bar PAT 35.3° UZ 00:17:50 PHL 177.6m KR 3:00+ KN -0°†</p> <p>177,6 m: 10 % (Text)</p>	 <p>IL 180.5m QN 0.4° LN -0.6</p> <p>180,5 m: Deformation k.A. %</p>	<p>nicht kontrolliert</p>	 <p>179.8m QN -0.4° LN -0.4°</p> <p>179,8 m: 19 %</p>
 <p>GS4.8-GS4.8/Ende Ihlenberg ID 2.0bar PAT 34.5° UZ 00:20:16 PHL 196.2m KR 3:00+ KN -1°†</p> <p>196,2 m: 10 % (Text)</p>	 <p>198.7m QN -1.8° LN 0.8°</p> <p>198,7 m: keine Def. notiert</p>	<p>nicht kontrolliert</p>	 <p>197.7m QN 4.8° LN 1.1°</p> <p>197,7 m: keine Def. notiert</p>
 <p>ID 2.0bar PAT 34.5° UZ 00:23:28 D--L, Deformation biegeweicher Rohre linker Kämpfer, Verformung [mm] 20, RED. QUERSCHN. [x] 6, Pos. 10 PHL 219.7m KR 3:00+ KN -0°†</p> <p>219,6 m: 6 % (Text)</p>	 <p>222.5m QN -0.1° LN 0.6°</p> <p>222,5 m: keine Def notiert</p>	<p>nicht kontrolliert</p>	 <p>221.5m QN -0.1° LN 0.4°</p> <p>221,5: keine Deformation notiert</p>

2009	2014	2016	2019 (% im 2-Kreis-Verfahren)
 <p>GS4.8-GS4.8/Ende Ihlenberg ID 2.0bar PAT 34.5° UZ 00:26:08 PHL 248.4m KR 3:00 KN -0°↑</p> <p>248,4 m: keine Deformation notiert</p>	 <p>252.4m QN -0.1° LN 0.1°</p> <p>252,4 m: keine Deform. notiert</p>	 <p>251.5m QN -1.1° LN -0.4°</p> <p>251,5 m: Deformation k.A. %</p>	 <p>L 251.5m QN -0.4° LN -0.1°</p> <p>251,5 m: 10 %</p>
 <p>GS4.8-GS4.8/Ende Ihlenberg ID 2.0bar PAT 34.5° UZ 00:26:33 D---, Deformation biegeweicher Rohre, Gesamtumfang, Verformung [mm] 20, RED. QUERSCHN. [x] 6 PHL 254.9m KR 3:00 KN -0°↑</p> <p>254,9 m: 6 % (Text)</p>	 <p>258.5m QN 0.1° LN 0.8°</p> <p>258,5 m: Deformation % k.A.</p>	 <p>257.9m QN -0.8° LN -0.1°</p> <p>257,9 m: Deformation k.A. %</p>	 <p>L 257.5m QN -0.4° LN 0.6°</p> <p>257,5 m: 20 %</p>
 <p>GS4.8-GS4.8/Ende Ihlenberg ID 2.0bar PAT 33.7° UZ 00:27:34 PHL 260.0m KR 3:00 KN -0°↑</p> <p>260,0 m: 6 % (Text)</p>	 <p>isbiegung, Unterbogen, Sohle, Ende 10 25. 06 IL 264.5m QN 0.4° LN 1.3°</p> <p>264,5 m: Deformation % k.A.</p>	 <p>264.0m QN -0.6° LN -0.1°</p> <p>264,0 m: Deformation k.A. %</p>	 <p>L 263.4m QN 0.4° LN 0.6°</p> <p>263,4 m: keine Def. notiert</p>

2009	2014	2016	2019 (% im 2-Kreis-Verfahren)
 <p data-bbox="147 515 405 550">265,9 m: 6 % (Text)</p>	 <p data-bbox="636 515 1032 596">270,4 m: keine Deformation notiert</p>	 <p data-bbox="1122 515 1525 550">269,9 m: Deformation k.A. %</p>	 <p data-bbox="1615 515 2011 576">269,4 m: keine Deformation notiert</p>
 <p data-bbox="147 962 539 997">324,2 m: keine Deformation</p>	 <p data-bbox="636 962 1032 997">330,2 m: keine Deformation</p>	 <p data-bbox="1122 962 1518 997">329,6 m: keine Deformation</p>	 <p data-bbox="1615 962 1760 997">328,9: 7 %</p>