

Ist die Beurteilung der Rohrverformungen und des Lageversatzes von erdverlegten Abwasserleitungen auf der Basis von Videoinspektionen möglich?

Dipl.-Ing. Dieter Scharwächter, Ochtrup

Im Laufe der vergangenen Jahre wurden mehrere Untersuchungen veröffentlicht, die die Fehler von Abwasserrohrleitungen auf der Basis von Videoinspektionen der Kommunen analysiert haben, z.B. die von Professor Stein aus dem Jahr 1993 [1]. Bei all diesen Untersuchungen fehlten bisher Auswertungen der Kanäle aus Kunststoff.

Aus diesem Grund hat der Kunststoffrohrverband bei Professor Stein eine Studie in Auftrag gegeben, die die Kunststoffrohre parallel zu den biegesteifen Rohrleitungen Beton und Steinzeug darstellt [2]*). Ein ergänzender Teil des Projektes bezog sich auf die Abschätzbarkeit der Verformungen flexibler Rohrsysteme durch die Bodenbelastungen. Das ist neben der Ovalisierung die Lageabweichung in Längsrichtung der Rohrleitungen. Hierzu wurden von Professor Stein und seinen Ingenieuren im Rahmen des Projektes ergänzende Untersuchungen durchgeführt, die die Vergleiche der Videobeurteilungen mit tatsächlichen Messergebnissen zum Ziel hatten. Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen O2WK0269 gefördert. Im folgenden werden wesentliche Ergebnisse dieser Untersuchungen dargestellt. Zusammenfassend: die im Titel gestellte Frage ist einerseits mit ja, andererseits aber mit nein zu beantworten.

- Die Rohrverformung in Form der vertikalen Ovalisierung des Rohres kann mit genügender Genauigkeit beurteilt werden. Es empfiehlt sich, für die Bildbeurteilung die Fragestellung zu präzisieren.
- Der Lageversatz der Rohrleitungen kann im Videofilm nicht mit ausreichender Genauigkeit und Zuverlässigkeit abgeschätzt werden. Hier sollten in der Zukunft ergänzende Messeinrichtungen bei der Videoinspektion mitgeführt werden. Das gilt für alle Rohrwerkstoffe.

1. Beurteilung der Ovalisierung der flexiblen Rohre

Wie zu erwarten, sind bei den Analysen für flexible Rohre Ovalisierungen festgestellt und attestiert worden. Pro km untersuchte Leitungslänge waren das etwa 10 Indikationen.

Als Teil des Projektes wurde untersucht, mit welcher Genauigkeit Rohrovalisierungen auf Basis der Videountersuchungen abgeschätzt werden können. Hierzu wurden aus dem Gesamtumfang der untersuchten Kanäle von ca. 700 km Länge 33 Haltungen ausgesucht, die in den Protokollen deutliche Probleme in diesen Fehlergruppen aufzeigten. An diesen Haltungen wurden

* Da aus den in den Videofilmen gefundenen Fehlerindikationen nicht unmittelbar auf die Umweltauswirkungen zu schließen ist, hat der europäische Kunststoffrohrverband TEPPFA in einem zweiten Projektteil diese Untersuchungen auf andere Länder Europas ausgedehnt und eine umweltrelevante Analyse der Schadensrisiken einbezogen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen liegen jetzt weitgehend vor und werden in den nächsten Monaten abgeschlossen und veröffentlicht.

...denn

Wasser ist eine gute Arbeit wert



50
JAHRE
YEARS

1955 · 2005

**ALPHACAN
Omniplast**

ARKEMA GROUP



**Beste Qualität
aus 50 Jahren Erfahrung**



**Rohre
Schächte
Formstücke
Strassenabläufe**



Besuchen Sie uns auf der



Halle A6, Stand 132

**Fordern Sie unsere kostenlosen
Informationsunterlagen an unter
Fax 06443-90336
oder besuchen Sie uns im Internet:**

www.alphacan-omniplast.de

erneute Videoinspektionen durchgeführt und gleichzeitig die Ovalisierung und der örtliche Lageversatz gemessen (siehe dazu Abschnitt 2).

Die Ingenieure bei Stein und Partner wurden gebeten, als Teil der Auswertungen dieser Videos Ovalisierungen zu identifizieren und in ihrer Größenordnung abzuschätzen. Diese Abschätzung sollte möglichst in 5%-Stufen erfolgen, also bis 5 % Ovalisierung, bis 10 % usw. Ergebnis: Verformungen unter bzw. über ~10 % konnten mit einer zufriedenstellenden Zuverlässigkeit von etwa 80 % abgeschätzt werden. Natürlich sind auch kleinere Ovalisierungen erkennbar. Eine Abschätzung ihrer Größe und auch der Größe von Ovalisierungen deutlich über 10 % ist sehr unzuverlässig, die Fehlerquoten liegen mit etwa 50 % sehr hoch.

1.1 Schlussfolgerungen zur Ermittlung der Ovalisierung durch Videoinspektion

- ▶ Eine Aussage über akzeptable Rohrvalisierungen lässt sich aus Videoaufzeichnungen in der Größenordnung kleiner bzw. größer 10 % ermitteln. In der statischen Berechnung von Rohrleitungen sieht die ATV A 127 Ovalisierungen von 6 % bzw. 9 % (als 90 % Fraktilwert) vor, ein vergleichbares Niveau.
- ▶ Rohrbereiche mit Ovalisierung bis in die Größenordnung von 10 % stellen für die Funktion des Netzes (Dichtigkeit, Durchflussleistung) und seine Langlebigkeit keine Probleme dar.
- ▶ Jedoch sind Ovalisierungen oberhalb von etwa 5 % - 7 % aus anderen Gründen nicht akzeptierbar. Sie deuten zumindest bei Verlegung im Straßen- und Wegebereich auf nicht akzeptable Verlegefehler, seltener auch auf Veränderungen im umgebenden Erdreich hin (die üblichen Ovalisierungen bei fachgerechter Verlegung liegen zwischen 2 % und 4 %).
- ▶ Die genannten 10 Indikationen je km Leitungslänge, die in der Studie im Mittel attestiert wurden, beinhalten jede sichtbare Verformung, auch deutlich unter 10 %. Die ATV-Regel [3] für die Erfassung und Kodierung der Fehler gibt allgemein keine Mindestgrenze vor, gerade auch für die Indikation solcher Ovalisierungen.
- ▶ In der Studie wurden über 100 km Kunststoffabwasserkanäle aus allen Teilen Deutschlands untersucht; die attestierten Rohrvalisierungen lagen im unteren Bereich. Ovalisierungen, die auch nur im Ansatz Tendenz zu Rohrbeulungen aufwiesen, wurden nicht gefunden.

2. Beurteilung des Lageversatzes biegeweicher und biegesteifer Rohre

2.1 Allgemeine Ausführungen zum Lageversatz

Abwasserrohre reagieren auch in Längsrichtung auf erhöhte Bodenbelastungen. Hierfür stehen vor allem zwei Einflüsse im Vordergrund, die beide bereits während der Verlegung auftreten:

- ▶ Unebenheiten und unterschiedliche Bodenstabilität in der Rohrbettung
- ▶ seitliche Verschiebungen der Rohrleitung durch ungleichmäßiges Einfüllen und Verdichten des Seitenverfüllmaterials (vor allem bei den leichteren Kunststoffrohren eventuell auch eine ungenügende Sicherung der Rohre während dieses Verfüllvorganges).

Die Ergebnisse der Videountersuchungen sind für diesen Sachverhalt sehr widersprüchlich. So wurden in den ca. 700 km untersuchten Rohrleitungen fast ausschließlich Unterbögen attestiert. Seitliche Abweichungen werden praktisch nicht gefunden – es ist zu vermuten, dass solche Abweichungen bei der Analyse von Videofilmen normal nicht erkennbar sind.

Der deutlich unterschiedliche Lageversatz zwischen Betonrohren (~8 Indikationen je km) und Steinzeugrohren (~18 Indikationen je km), beides biegesteife Werkstoffe mit vergleichbarem Verhalten, kann nicht aus Werkstoffunterschieden erklärt werden.

Die Verlegung ist hier entscheidend, die erfahrungsgemäß für Schmutzwasserleitungen und damit zu Gunsten von Steinzeug besser ausgeführt wird – und im Gegensatz zum Ergebnis der Studie zu besseren Werten führen sollte.

Ähnliches gilt für die Kunststoffrohr-Ergebnisse: Kunststoffrohre sind auch in Richtung Rohrachse flexibel. Gleichzeitig unterbinden sie die Weiterleitung der Boden- und Verkehrsbelastungen an den Untergrund im Fußpunkt der Rohre (Bild 1). Das kann

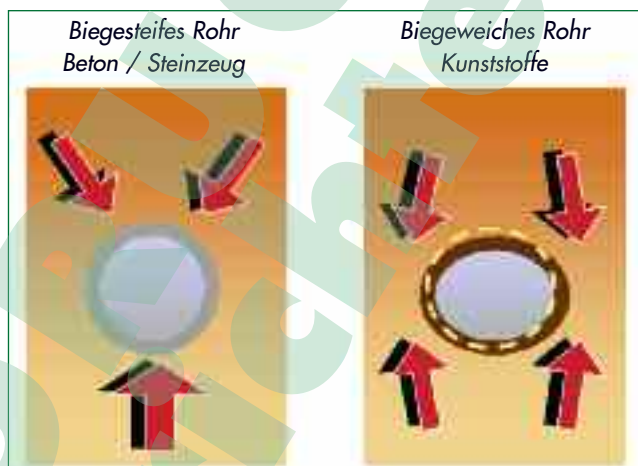


Bild 1: Lastableitung im Rohr/Boden-Bereich

nur über das umgebende seitliche Verfüllmaterial erfolgen, die Auflasten werden damit breitflächig auf den gesamten Grabenboden weitergeleitet. Bei Störungen im Rohraufleger (Ebenheit und Bodendichte) werden damit für Kunststoffrohre geringere Lageabweichungen entstehen. Das bestätigen durchgeführte Untersuchungen:

Untersuchungen des mfpa Weimar zur Lageveränderung von erdverlegten Rohren

Das mfpa Weimar hat schon vor einiger Zeit in einem Vorort von Weimar verlegte Rohre auf ihre Veränderungen im Lageversatz untersucht [4]. Dabei handelte es sich um die häufig anzutreffende Anordnung: Verwendung von Steinzeugrohren (DN 250) für den Schmutzwassertransport und von Kunststoffrohren (DN 300) für die Ableitung des Oberflächenwassers. Gemessen wurde eine Haltung mit etwa 50 m Länge.

Messungen des Gefälles bzw. der Abweichung vom Plangefälle wurden für beide Rohrstränge im Laufe von vier Jahren mehrfach durchgeführt; die Ergebnisse sind im Bild 2 grafisch dargestellt.

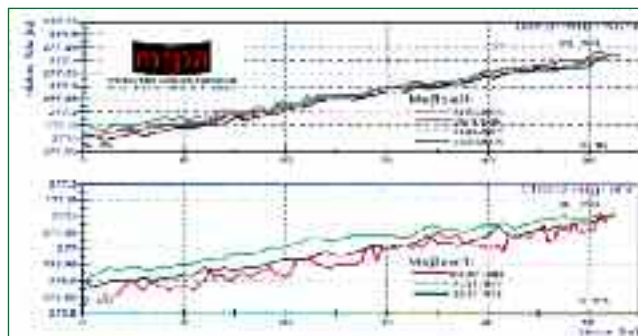


Bild 2: Gefällemessungen an einer Schmutz- und Regenwasserleitung in einer Siedlungsstraße in Weimar

Es wurden im Abstand von jeweils 0,5 Metern sowohl hydrostatische Höhenmessungen als auch Gefällemessungen durchgeführt.

Ergebnis: die Abweichungen vom Plangefälle liegen für die Kunststoffrohrleitung bei etwa der Hälfte der Werte der biegesteifen Leitung.

Mathematische Modellrechnungen zur Lageveränderung erdverlegter Rohre

Eine Bestätigung der Ergebnisse des mfpa Weimar zeigen mathematische Modellrechnungen, die die Reaktion der Kanalleitungen auf Ungenauigkeiten im Rohraufleger untersucht haben [5].

Wesentliche Randbedingungen der Berechnungen sowohl biegesteifer als auch biegeweicher Rohrleitungen sind in Tabelle 1 dargestellt.

Berechnete Leitungslänge		24 m
Verlegetiefe der Rohrleitung		3 m
Rohrdurchmesser		DN 300
Rohrlängen		2, 3 bzw. 6 m
Störungen im Auflager	Unebenheit am tiefsten Punkt	30 – 150 mm
	Länge der Vertiefung	8 – 40 m

Tabelle 1: Wesentliche Randbedingungen

Berechnet wurde die maximale Abwinklung in den Muffenverbindungen, die vergleichbar ist mit den Veränderungen im Gefälle der Leitungen. Das Ergebnis zeigt Bild 3.

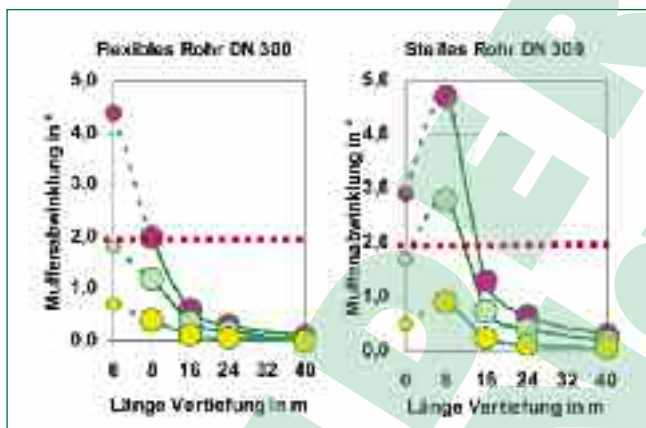


Bild 3: Mathematische Modellrechnung des Lageversatzes erdverlegter Abwasserrohre

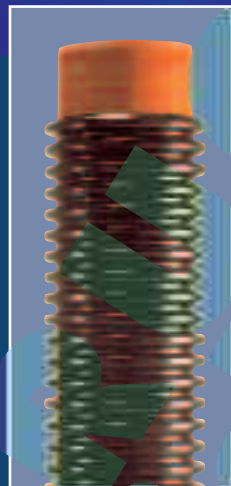
Biegesteife Rohrleitungen reagieren praktisch doppelt so stark auf Abweichungen im Rohraufleger. Grund ist die beschriebene Lastkonzentration im Fußpunkt der Rohre und natürlich die Steifigkeit des Rohres in Längsrichtung. Nur in der Muffenverbindung können Ungenauigkeiten der Bettung abgefangen werden.

Die Ergebnisse bestätigen die Resultate aus den Weimar-Analysen (Bild 2).

Anmerkungen:

- ▶ In den durchgeführten Berechnungen hatten unterschiedliche Bodenmaterialien keinen nennenswerten Einfluss auf diese Ergebnisse.
- ▶ Die allgemein für die Rohrsysteme festgelegte und in Normen geprüfte Abwinklung in den Muffenverbindungen von 2 % stößt erstaunlich schnell an ihre Grenzen.

Rohrsysteme und Schächte von Pipelife



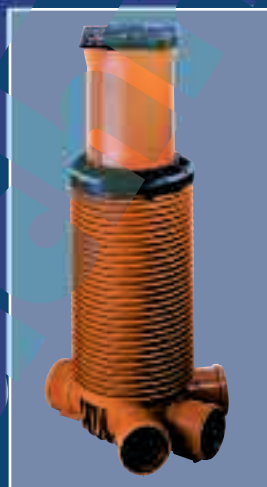
Jumbo PVC SN 16



Jumbo PP SN 10



Jumbo Rain SN 10



Vario Systemschacht



IC 630 Kontrollschacht

IFAT 2005  **Neue Messe München 25.-29. April**



Pipelife Deutschland GmbH & Co. KG Bad Zwischenahn

Steinfeld 40 · D-26160 Bad Zwischenahn
Postfach 1454 · D-26149 Bad Zwischenahn
Tel. 04403 605-0 · Fax 04403 605-770
email: info@pipelife.de · www.pipelife.de

2.2 Die Genauigkeit der Abschätzung von Lageabweichungen mit Hilfe der Videoinspektion

Wie schon im Abschnitt 1.1 erwähnt, wurde an den 33 nachgeprüften Haltungen auch der vertikale Lageversatz gemessen. Wiederum wurden die Fachingenieure bei S&P beauftragt, parallel dazu bestehende Lageabweichungen optisch zu identifizieren.

Diese Ergebnisse wurden mit den Messergebnissen verglichen. Dazu wurde ein Grenzwert für eine auffällige Lageabweichung festgelegt. Zum einen wurde als Höhenwert eine Abweichung von 5 % des Rohrdurchmessers festgelegt. Zusätzlich wurde die Länge dieser Lageabweichung auf mindestens 4 Meter festgelegt. Solche Unterbögen haben noch keinen wesentlichen Einfluss auf die Strömungsverhältnisse, können aber zu Ablagerungen im Kanal führen, und der Kontrolleur hat bei normaler Kamerafahrgeschwindigkeit die benötigten 20 Sekunden Zeit für eine Beurteilung.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt.

	Anzahl Haltungen	Gemessene Lageabweichungen	Optische Beurteilung		Summe Fehler	
			nicht gesehen	nicht vorhanden	absolut	%
Kunststoff	25	36	23	16	39	108 %
Steinzeug	4	6	0	10	10	167 %
Beton	4	5	5	0	5	100 %
Summe	33	47	28	26	54	115 %

Tabelle 2: Ermittlung von Lageabweichungen

Jede zweite Abschätzung aus den Videofilmen ist falsch, Fehlerquote damit ~100 %.

Dabei wurden sowohl nicht vorhandene Abweichungen indiziert (tendenziell bei wasserführenden Haltungen) als auch deutliche Abweichungen nicht erkannt (vor allem bei Haltungen ohne Restwasser, z.B. bei starkem Leitungsfälle).

Die Untersuchungsreihe erlaubt noch keine genaueren Aussagen zu Unterschieden zwischen den Werkstoffen und ihrer Beurteilungsfähigkeit im Video, z.B. den Rohroberflächen. Auffällig ist aber, dass Betonrohre besonders „schonend“ beurteilt wurden. Bei den Nachprüfungen (Tabelle 2) wurden keine Abweichungen gesehen, ob vorhanden oder nicht. Und auch in der Studie, wie bereits im Abschnitt 2.1 diskutiert, liegt Beton mit 8 Indikationen weit unter denen von Steinzeug und Kunststoff mit 18 bzw. 21 Indikationen je km.

2.3 Schlussfolgerungen zur Ermittlung des Lageversatzes durch Videoinspektion

- ▶ Der Lageversatz von Rohrleitungen lässt sich mit Hilfe der Videoinspektion nicht mit genügender Genauigkeit erfassen.
- ▶ Das gilt unmittelbar für den seitlichen Lageversatz, der bei den Inspektionen an ca. 700 km Leitungslänge kaum oder gar nicht indiziert wurde.
- ▶ Für die Abschätzung von Unterbögen gilt Ähnliches. Ohne Anwesenheit von Wasserpfützen ist eine Abschätzung kaum möglich; in jedem Falle liegt die Fehlerquote in der Größenordnung von 100 %.

- ▶ Für die Zukunft muss das heißen, dass bei Einsatz der Videoinspektion eine solide Messung der Lageabweichung nur durch das Mitführen ergänzender Mess- und Erfassungsgeräte erfolgen kann.
- ▶ Die vorgenannten Feststellungen haben in Bezug auf die neue europäische Norm zur Fehlerkodierung bei der Videoinspektion [6] besondere Bedeutung.

Als Kompromiss auf europäischer Ebene wurde bei der Abfassung der Norm auf die Feststellung von Lageversätzen und damit der Unterbögen verzichtet. Sie werden als „Knick nach unten“ in der Gruppe „verschobene Rohrverbindungen“ geführt. Jede sichtbare Wasserpfütze wird damit zum Muffenfehler. Für flexible Rohrverbindungen ist diese Beurteilung nicht nur nachteilig, sondern schlicht falsch.

3. Schlussbemerkung

Kunststoffrohrsysteme haben bei Erdverlegung grundlegende Vorteile, da Sie durch Verformung den Erdlasten ausweichen können. In den Abwassernetzen und auch Trinkwassernetzen führt das zu deutlich reduzierten Schadenszahlen.

Auf die Belastungen aus dem Erdreich und der Straße kann das flexible Rohr mit vertikalen Verformungen/Verbiegungen in Längsrichtung reagieren und damit die Lasten auf den Boden umleiten. Unebenheiten im Rohraufleger führen zu diesen Verbiegungen, die damit weitgehend außerhalb der Muffen ausgeglichen werden. Dieser Lageversatz tritt bei Fehlern im Rohraufleger genauso bei biegesteifen Systemen auf, kann aber nur durch Abwinklung in den Rohrverbindungen ausgeglichen werden.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass auf der Basis der Videoinspektion Verformungen mit bestimmten Einschränkungen genügend genau beurteilt werden können. Die Abschätzung von Lageversätzen dagegen mit einer Fehlerquote von rund 100 % führt zu keinem akzeptablen Ergebnis. Hier müssen in der Zukunft ergänzende Messeinrichtungen und Erfassungssysteme mitgeführt werden, um brauchbare Ergebnisse zu erzielen.

Am Beispiel des Lageversatzes wurde ein Hinweis gegeben, dass die Übertragung der Inspektionsfehler von der ATV-Richtlinie M 143 auf die europäischen Festlegungen in DIN EN 13508-2 die Beurteilung der Schadensgruppen und ihrer Auswirkungen – z.B. auf die Umwelt – erschwert. ■

Literatur

- [1] Stein, D.; Kaufmann, O.: Schadensanalyse an Abwasserkanälen aus Beton- und Steinzeugrohren der Bundesrepublik Deutschland, Korrespondenz Abwasser (KA) 40 (1993)
- [2] Professor Dr.-Ing. Stein & Partner GmbH, Bochum: Entwicklung eines Verfahrens zur Zustandsbewertung und Beurteilung von Abwasserkanälen aus biegeweichen Rohren, Dezember 2003
- [3] ATV M 143 Teil 2: Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Abwasserkanälen und -leitungen, Teil 2 Optische Inspektion, Juni 1991
- [4] Dr.-Ing. Wolfram Kämpfer: Prüfbericht B 81/1091-98: Untersuchungen zur Dichtigkeit und zu Lageabweichungen an einer Schmutzwasser- und Regenwasserleitung am Standort Wohnpark „Am roten Stein“, Ulla bei Weimar; Mfpa Weimar September 1999
- [5] r+k raadgevend ingenieurs- en konstruktieadviesbureau bv: Analysis of the longitudinal and cross sectional behaviour of buried flexible short and long pipes versus rigid short and long pipes in areas sensitive to subsidence, ordered by TEPPFA December 2004
- [6] DIN-EN 13508-2: Zustandserfassung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden, Teil 2: Kodiersystem für die optische Inspektion (09.2003)