

Kurzbericht

Qualitätseinflüsse Schlauchliner

Stichproben-Untersuchung an sanierten Abwasserkanälen



- Dezember 2003 -

Bosseler, B.; Schlüter, M.

Forschungsprojekt
gefördert durch



Ministerium für
Umwelt und Naturschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
des Landes NRW

Bearbeitung



IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur
Exterbruch 1
45886 Gelsenkirchen

Wissenschaftliche Leitung

Dr.-Ing. Bert Bosseler

Projektleitung und Bearbeitung

Dipl.-Ing. Marco Schlüter
Dipl.-Ing. (FH) Lars Waade

Wir danken allen Projektbeteiligten für die Bereitstellung des umfangreichen Proben- und Datenmaterials sowie die weitreichende Unterstützung bei der inhaltlichen Bearbeitung des Forschungsprojektes:

Dipl.-Ing. F. Großklags	Stadt Bochum
Dipl.-Ing. O. Schmidt	Stadt Dortmund
Dipl.-Ing. Z. Tavcer Dipl.-Ing. H. Kilian	Wirtschaftsbetriebe Duisburg
StBDir. G. Gebhardt	Stadt Gladbeck
H. Hohenlöchter	Stadt Münster
Dipl.-Ing. H. Spinnräger Dipl.-Ing. U. Klein	NVV AG Niederrheinische Versorgung und Verkehr AG
Dipl.-Ing. R. Meisenbach	Henkel KG aA
Dipl.-Ing. D. Drieschner	Stadt Hilden
Dipl.-Ing. (FH) M. Liß Dipl.-Ing. (FH) M. Heinlein	Stadtentwässerungsbetrieb Nürnberg
Prof. Dr.-Ing. B. Falter Dipl.-Ing. (FH) A. Strotmann	Fachhochschule Münster, Fachbereich Bauingenieurwesen
Prof. Dr. K.-U. Koch	Fachhochschule Recklinghausen, Fachbereich Chemie und Materialtechnik

Darüber hinaus danken wir den Mitarbeitern der Stadtentwässerung Göttingen sowie Herrn Dipl.-Ing. M. Goldschmidt von der MC-Bauchemie GmbH & Co. KG, Herrn Dipl.-Ing. D. Koch von der Stadt Neuss, Herrn Dipl.-Ing. (FH) M. Röttgers von der Wuppertaler Stadtwerke AG und Herrn Dipl.-Ing. M. Schorling vom Braunschweiger-Abwasserverband für die zahlreichen Anregungen und fachliche Diskussion.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1	Veranlassung 1
2	Wirtschaftlichkeit und Lebenszyklus 1
3	Prüfprogramm und -ergebnisse 4
4	Qualitätsanforderungen und -einflüsse 13
5	Lebensdauer von Schlauchlinern 16
6	Fazit 22
7	Literaturverzeichnis 23

1 Veranlassung

Laut ATV-Umfrage des Jahres 2001 sind ca. 17% des deutschen Kanalisationsnetzes kurz- bzw. mittelfristig zu sanieren. Weitere 14% weisen geringfügige Schäden auf und müssen langfristig saniert werden. Für die Sanierung der kurz- und mittelfristig zu behebbenden Schäden sind Liningverfahren (hierzu zählt das Schlauchlining) mit einem Anteil von 88% die am häufigsten angewandten Renovierungsverfahren. Um die langfristige Wirtschaftlichkeit der Sanierungsmaßnahmen bewerten zu können, sind Kenntnisse hinsichtlich der zu erwartenden Lebens- bzw. Nutzungsdauer der sanierten Haltungen von entscheidender Bedeutung. Diese sind Grundlage für die Berechnung der jährlichen Abschreibungen von Sanierungsmaßnahmen und haben damit auch maßgeblichen Einfluss auf die Festlegung der Abwassergebühren bzw. die Wertermittlung für das Kanalnetz.

Vor diesem Hintergrund sahen sich die Netzbetreiber der Städte Bochum, Dortmund, Duisburg, Gladbeck, Hilden, Mönchengladbach, Nürnberg und Münster sowie die Henkel AG veranlasst, die Qualität von mittels Schlauchlining sanierten Haltungen, die z.T. bereits seit mehr als 13 Jahren den Betriebsbedingungen der Kanalisation ausgesetzt waren, zu überprüfen.

Das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen förderte diese Initiative durch Beauftragung des IKT- Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen. Um die Qualität von Schlauchlinern nach mehreren Betriebsjahren in der Kanalisation zu bewerten, wurden erstmals Materialproben in offener Bauweise aus sanierten, in Betrieb befindlichen Abwasserkanälen genommen und zahlreichen Prüfungen unterzogen. Im Vordergrund der Untersuchungen standen die Zusammenstellung und Gewichtung der Qualitäts-Einflüsse während der charakteristischen Zeitabschnitte Herstellung, Einbau und Betrieb.

2 Wirtschaftlichkeit und Lebenszyklus

Mit der Sanierung eines Bauwerkes wird in der Regel eine Zustands-Änderung angestrebt, bei der z.B. Mängel oder Schäden im bisherigen Netz beseitigt werden. Die dabei zu erwartenden Kosten stellen für Netzbetreiber eine zentrale Entscheidungsgröße dar. Um die langfristige Wirtschaftlichkeit einer Sanierung auch vor dem Hintergrund der momentanen Liquiditäts- bzw. Haushaltslage bewerten zu können, sind Kenntnisse der zu erwartenden Lebens- bzw. Nutzungsdauer der sanierten Haltungen von entscheidender Bedeutung. Diese sind Grundlage für die Berechnung der jährlichen Abschreibungskosten von Sanierungsmaßnahmen und haben damit auch maßgeblichen Einfluss auf die Festlegung der Abwassergebühren bzw. Wertermittlung des Kanalnetzes. Darüber hinaus können mit Hilfe von möglichst genau abgeschätzten Lebens- bzw. Nutzungsdauern Kostenvergleiche zwischen alternativ anwendbaren Verfahren auf der einheitlichen Basis von Jahreskosten durchgeführt werden (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Lebensdauerdefinitionen

Betriebswirtschaftliche Planung (Kalkulatorische Abschreibung)
In der Kosten- und Leistungsrechnung werden Kosten für interne und externe Leistungen, die im Rahmen von Investitionsmaßnahmen anfallen, über die betriebswirtschaftlich sinnvolle Nutzungsdauer abgeschrieben, d.h. durch kalkulatorische Abschreibungen dargestellt. Als betriebswirtschaftlich sinnvoll gilt die Begrenzung der Nutzungsdauer dann, wenn die in zukünftigen Betriebszyklen zu erwartenden Unterhaltungskosten und kalkulatorischen Abschreibungen die Kosten bei Reinvestition durch Neubau oder Sanierung übersteigen.
Gebührenberechnung
In Abhängigkeit der für die Gebührenberechnung maßgebenden Rechtslage sind Nutzungsdauern festzulegen, die in Verbindung mit den Anschaffungs- bzw. Wiederbeschaffungskosten der Anlagen die Gebührenhöhe mitbestimmen. Im Allgemeinen entsprechen diese Nutzungsdauern den betriebswirtschaftlich gewählten, für die kalkulatorischen Abschreibungen maßgebenden Nutzungsdauern (s.o.) bzw. sind auf diese abzustimmen.
Kaufmännisch/Steuerliche Bewertung (HGB-/Steuerliche Abschreibung)
Sofern der Betrieb über ein kaufmännisches Rechnungswesen verfügt, nach HGB bilanziert und ggf. auch steuerpflichtig ist, werden die Abschreibungen entsprechend den nach HGB bzw. Steuerrecht möglichen Abschreibungssätzen aus kaufmännisch-strategischer Sicht festgelegt. Diese Entscheidung kann damit - in engen Grenzen - auch losgelöst von den technischen Randbedingungen erfolgen.
Technische Planung (Lebensdauer = maximale Nutzungsdauer)
Im Rahmen der technischen Planung, z.B. Instandhaltungsplanung und Ersatzteilbevorratung, ist von Interesse, welche Lebensdauer (maximale Nutzungsdauer) von einem Bauwerk allein durch Fortführung und ggf. Intensivierung von Unterhaltungsmaßnahmen technisch zu erreichen ist. In [1] wird bspw. vorgeschlagen, die Länge der Nutzungsdauer von Schlauchlinern verfahrensunabhängig und ohne Einschränkung auf 50 Jahre festzulegen, wenn ein lückenloses Qualitätsmanagement im Rahmen einer Eigen- und Fremdüberwachung durchgeführt wird.
Projektbewertung (LAWA)
Im Rahmen der Projektbewertung kann auf das durch die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) für die Praxis verfügbar gemachte Planungs- und Entscheidungsinstrument der Kostenvergleichsrechnung zurückgegriffen werden(vgl. [2]). Von besonderer Bedeutung sind dabei die zu verschiedenen Zeitpunkten anfallenden Kosten und deren Vergleich über eine Jahreskosten- bzw. Barwertbetrachtung. Zentrale Größe für die Berechnung ist die sog. durchschnittliche Nutzungsdauer der betrachteten Anlage . Konkrete Hinweise zur Abschätzung dieser Nutzungsdauer finden sich in [2] allerdings nur als sehr grobe Angaben, z.B. mit 50 - 80 Jahren für Kanäle und 50 Jahren für Kanalisationsschächte.

Im Bild 1 ist der gesamte Lebenszyklus eines Bauwerkes nach Bau bzw. Sanierung schematisch dargestellt.

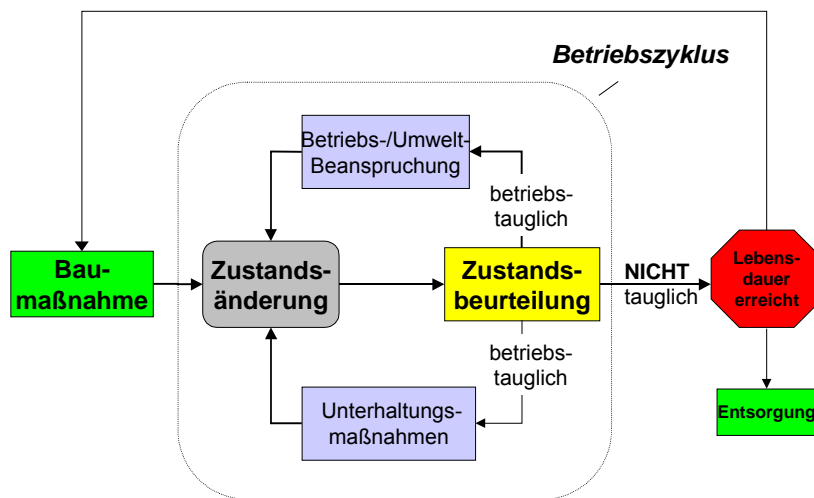


Bild 1: Lebenszyklus eines Bauwerkes bzw. einer Sanierung

Die Lebensdauer einer Sanierung startet mit dem Zeitpunkt der Errichtung bzw. der Baustelleneinrichtung. Die zuvor stattfindende Planungs- und Ausschreibungsphase bis hin zur Arbeitsvorbereitung hat jedoch bereits einen wesentlichen Einfluss auf die spätere Lebensdauer. Bei größeren Sanierungsobjekten werden auch die Planungskosten dem späteren Bauwerk zugeordnet. Nach Fertigstellung der Baumaßnahme unterliegt die Sanierung einem Betriebszyklus. Dieser umfasst die für das Bauwerk geleisteten Unterhaltungsmaßnahmen (HD-Spülung, Wartung, Inspektion u.a.) mit den damit verbundenen Kosten sowie die das Bauwerk beanspruchenden Betriebs- und Umweltbelastungen. Das Kanalnetz wird in regelmäßigen Abständen, die von den rechtlichen Vorgaben und der gewählten Betriebs-, Inspektions- und Instandhaltungs-Strategie abhängen, einer Zustandsbeurteilung unterzogen.

Auf Basis der Zustandsbeurteilung ist zu entscheiden, ob sich der Kanal überhaupt noch in einem technisch akzeptablen Zustand befindet, d.h. im Rahmen der normalen Unterhaltungsmaßnahmen im betriebsfähigen Zustand gehalten werden kann. Auch ist zu prüfen, ob aus betriebswirtschaftlicher Sicht die zukünftig zu erwartenden Unterhaltungsmaßnahmen in Verbindung mit dem Restwert des Kanals noch eine wirtschaftlich sinnvolle Alternative zur Erneuerung oder evtl. auch „Sanierung der Sanierung“ darstellen.

Ist ein weiterer Betrieb des Bauwerkes aus technischer oder betriebswirtschaftlicher Sicht nicht mehr zu verantworten, so ist die technische Lebensdauer bzw. betriebswirtschaftliche Nutzungsdauer erreicht. Schließlich ist die Entsorgung des Bauwerkes sicherzustellen. Die Kosten hängen dabei in hohem Maße von dem gewählten Entsorgungsweg ab. So ist die Verwertung des Altkanals im Rahmen einer Sanierungsmaßnahme ebenso denkbar, wie die Stilllegung des Objektes bei Neubau an anderer Stelle oder auch der vollständige Ausbau des Altbauwerkes bei Entsorgung der anfallenden Reststoffe und Wiederherstellung des Bodenkörpers.

3 Prüfprogramm und -ergebnisse

3.1 Probengewinnung und Prüfumfang

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden Proben aus 13 Haltungen untersucht. Maßgebende Kriterien für die Auswahl der Entnahmestellen (vgl. Bild 2) waren u.a.

- die Verfügbarkeit von Daten, die den hydraulischen, betrieblichen und baulichen Zustand des Kanals dokumentieren (Abnahmevideos, statische Berechnungen, Angaben hinsichtlich Betriebsdauer und Sanierungsverfahren),
- festgestellte, charakteristische Schadensarten auf Grundlage der ausgewerteten Inspektionsvideos,
- die Zugänglichkeit der sanierten Haltungen für die Durchführung der geplanten Untersuchungen bzw. für die Entnahme von sanierten Rohrabschnitten.










U.a. wurden im IKT auch drei „neue“ Schlauchliner in eigens dafür aufgebaute Rohrleitungsstrecken unter praxisnahen Verfahrensabläufen eingebaut.



Bild 2: Entnahme von Probekörpern aus in Betrieb befindlichen Haltungen, Beispiel

Eine Übersicht über das Versuchsprogramm gibt Tabelle 2.

Tabelle 2: Versuchsprogramm, Übersicht

Versuchsprogramm/Ablauf	Prüfgrundlage	Ermittelter Kennwert	Probenanzahl	Probenform
Geometrische Kennwerte				
Wandaufbau Dicke	DIN EN 13566, Teil 4	Beschreibung des Wandaufbaus s_{ges} [mm]	60	
Werkstoffkennwerte				
3-Punkt-Biegeversuche	DIN EN ISO 178	Biege-E-Modul E_b [N/mm ²]	65	
Kurzzeit-Scheiteldruckversuch	DIN EN 1228	Anfangs-Ringsteifigkeit S_o [N/mm ²]	8	
Langzeit-Scheiteldruckversuch	DIN 53769, Teil 3	E-Modul [N/mm ²] Ringsteifigkeit S_R [N/mm ²]	4	
Dichte	DIN 53479	ρ [g/cm ³]	s_{ges} [mm]	
Betriebliche Kennwerte				
Darmstädter Kipprinne	DIN 19565, Teil 1	Abrieb in [mm]	4	
Chemische Beständigkeit	DIN EN ISO 175	Veränderungen des Linermaterials	52	
Hamburger Spülversuch		Beschädigungen des Linermaterials	2	
Spülversuch im Pipe-Tester		Beschädigungen des Linermaterials	3	
Dichtheit				
Haltungsweise bzw. abschnittsweise Dichtheitsprüfung	DIN EN 1610	Dichtheitskriterium erfüllt / nicht erfüllt	6	
Prüfung der Wasserundurchlässigkeit	In Anlehnung an DIN EN 1610	Dichtheitskriterium erfüllt / nicht erfüllt	14	
Chemische Untersuchung der Harze				
Weitergehende chemische Analysen	DSC, DMA, TGR, IR	Alterungsphänomene	60	

3.2 Geometrische Kennwerte

Wanddicke

Als Eingangswert für die statische Berechnung muss für das gewählte Linersystem eine Sollwanddicke festgelegt werden, die von den Materialeigenschaften und der zu erwartenden Beanspruchung abhängig ist. Für die untersuchten Sanierungsmaßnahmen lagen jedoch keine Angaben zu Sollwanddicken vor, so dass ein Vergleich der gemessenen Wanddicke mit einem Sollwert nicht möglich war. Die Messung der Wanddicke erfolgte je Rohrabschnitt an 16 Messpunkten (vgl. Bild 3). Die Lage der Messpunkte befindet sich in den Achtelpunkten an beiden Enden des Probestückes über den Umfang verteilt angeordnet.

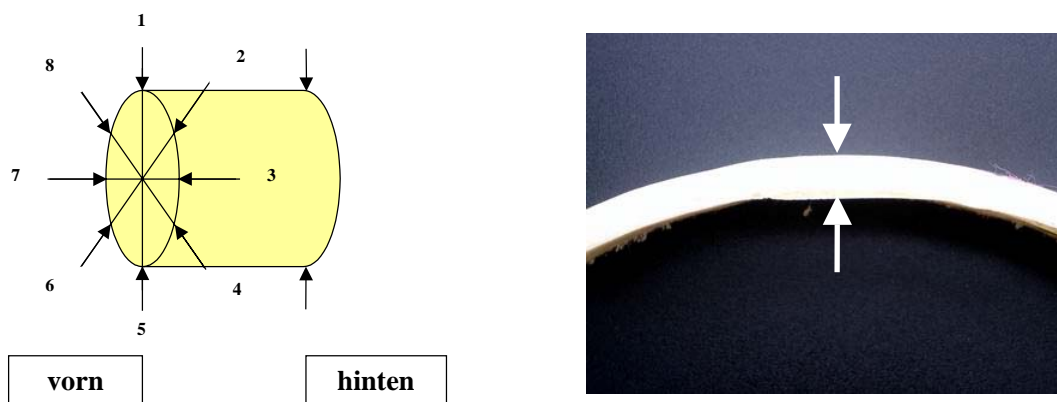


Bild 3: Wanddickenverteilung über den Umfang, 16 Messpunkte

Bei der Messung der Wanddicke zeigte sich eine nennenswerte Streuung über den Umfang des Liners. Auf die Standsicherheit hat diese nur dann einen geringen Einfluss, wenn der in der statischen Berechnung verwendete Mindestwert nicht unterschritten wird.

Ringspalt

Im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes konnte eine Spaltweitenvermessung an fünf ausgebauten Altrohr-Linerproben aus drei in Betrieb stehenden Haltungen durchgeführt werden. Darüber hinaus wurde eine Linerprobe aus einem „simulierten Einbau“ (Begriff aus der DIN EN 13566 Teil 4 [3]) vermessen (Bild 4). Die gemessenen Ringspalte der mit dem Altrohr ausgebauten Proben lagen bei zwei von drei ausgebauten Altrohr-Liner-Proben über 0,5% des Linerradius, also über dem nach ATV-DVWK-M 127-2 [4] angesetzten Standardwert. Vergleichsrechnungen mit variablen Ringspalten bestätigen den erheblichen Einfluss auf die Tragsicherheit von Linern unter Grundwassereinfluss.



Bild 4: Vermessung der Ringspaltweiten in den Achtelspunkten

Vorverformung, Längsfalte

Unter statischen Gesichtspunkten werden Vorverformungen, aber auch die o.a. Schwankungen der Wanddicke und die Ausbildung des Ringspaltes, als geometrische Imperfektionen bezeichnet. Sie vermindern den Beulwiderstand und erhöhen die Spannungen und Verformungen des Liners [5]. Daher werden in statischen Berechnungen zur Bemessung von Schlauchlinern Vorverformungen berücksichtigt. Diese wurden auch an den ausgebauten Proben aus dem Kanalnetz vorgefunden. Längsfalten, die durch unzureichende Kalibrierung der Linerschläuche auftreten können, reduzieren die Tragsicherheit unter Grundwassereinfluss beachtlich.

örtlich begrenzte Vorverformung $w_v = 23 \% (> 2,0 \%)$; $w_s = 2,2 \% (> 0,5 \%)$	Gelenkringvorverformung (Ovalisierung) $w_{GR,v} = 12 \% (\text{von } r_L)$

Bild 5: links: örtliche Vorverformung; rechts: Ovalisierung
Verformungsdefinition nach ATV-DVWK-M 127-2

3.3 Werkstoffkennwerte

Kurzzeit-Elastizitätsmodul

Zur baustellenbegleitenden Erfolgskontrolle der Aushärtungsvorgänge und Bewertung der Tragfähigkeit eines Schlauchliners werden die Kurzzeitwerte der Biegezugfestigkeit σ_{bz} und des Biege-Elastizitätsmodul E_b bestimmt. Diese statischen Materialkennwerte wurden im Rahmen des Forschungsprojektes mit zwei verschiedenen Prüfverfahren ermittelt (vgl. Bild 6 a und b).



a) 3-Punkt-Biegeversuch nach DIN EN ISO 178



b) Kurzzeit-Scheiteldruckversuch nach DIN EN 1228

Bild 6: Prüfungen zur Bestimmung von Biegefestigkeit und E-Modul

Die grundsätzliche Aussagekraft von baubegleitend ermittelten mechanischen Kennwerten – insbesondere der Biegezugfestigkeit – mit Hilfe des vereinfachten 3-Punkt-Biegeversuches konnte bestätigt werden, z.B. durch Korrelation der Ergebnisse aus den Dreipunkt-Biegeversuchen an Probestücken mit Ergebnissen aus Scheiteldruckversuchen am Rohrabschnitt. Für die Praxis kann damit eine fachgerechte Probenahme aus dem Linerscheitel bzw. einem Stützrohr im Schachtbereich als zuverlässige Qualitätssicherungsmaßnahme angesehen werden.

Ein Vergleich der ermittelten Biegefestigkeiten und Elastizitätsmoduln mit Sollwerten aus statischen Berechnungen vor Einbau konnte nicht durchgeführt werden, da zum Zeitpunkt der Sanierung auf diese statischen Nachweise verzichtet wurde. Daher wurden die Prüfergebnisse mit aktuellen Herstellerangaben zu den statischen Kennwerten verglichen. Es zeigte sich, dass auf Grundlage des 3-Punkt-Biegeversuchs und des Kurzzeit-Scheiteldruckversuchs zahlreiche Ergebnisse unterhalb des erwarteten Wertebereichs nach Literatur- bzw. auch Herstellerangaben lagen. Bei Berücksichtigung des Einflusses der Probenkrümmung auf die Stützweite wies nur noch ein Prüfergebnis einen niedrigeren Wert auf.

Langzeit-Elastizitätsmodul

Das Langzeitverhalten der Schlauchliner wurde im Langzeit-Scheiteldruckversuch unter Belastung von Probestücken untersucht. Der Abminderungsfaktor wird nach DIN 53769-3 durch Scheiteldruckversuche über 10.000 h ermittelt. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden allerdings zunächst qualitative 4.000 h-Vorversuche¹ an insgesamt vier Rohrabchnitten durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der Langfassung [6] dieses Endberichts dargestellt.

3.4 Chemische Analysen

Im Fokus der chemischen Analysen stand die Frage, inwieweit bei Linern, die längere Zeit der Kanalatmosphäre ausgesetzt waren, Alterungseffekte nachgewiesen werden können. Hierzu wurden Liner aus zwei in Betrieb befindlichen Kanälen mit Hilfe von chemischen Untersuchungsmethoden näher analysiert. Sämtliche Untersuchungen zur Materialalterung wurden in Kooperation mit Prof. Dr. Klaus-Uwe Koch von der Fachhochschule Gelsenkirchen, Fachbereich für angewandte Naturwissenschaften (LG Organische Chemie und Polymere), durchgeführt (vgl. [7]).

Im Rahmen der chemischen Untersuchungen wurden u.a. die **Glasübergangstemperaturen (DMA, DSC)** von gealterten Proben aus in Betrieb befindlichen Kanälen mit neu hergestellten Proben gleicher Harztype verglichen (Bild 7).

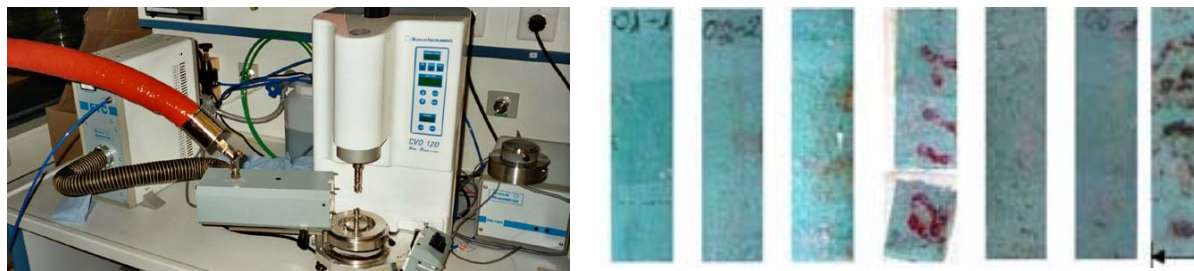


Bild 7: Beispiel DMA Messungen, links Rheometer, rechts präparierte Schichtproben

Die Betrachtungen von evtl. zu vermutenden Materialalterungseffekten über den Rohrquerschnitt (Sohle: ständig Abwasser, Kämpfer: Wechselbedingungen, Scheitel: Gasraum) ergaben keine Anhaltspunkte für systematische Verteilungen; ebenso wie die Untersuchungen der Linerwandung in Schichten von Innen nach Außen. Die Ergebnisse der **IR-Spektroskopie** zeigten, dass diese Prüfmethode sich zur Identitätsprüfung der Harze eignen kann. Bei einer umfassenden Spektrenbibliothek, in der die Eigenschaften der vom Auftraggeber zur Anwendung freigegebenen Harz-Typen, Verstärkungsmaterialien und zusätzlichen Verarbeitungshilfsstoffe hinterlegt sind, wäre eine relativ sichere und schnelle Zuordnung eines unbekanntes Linermaterials zur eingesetzten Harztype möglich.

¹ Die Langzeitversuche unter Normbedingungen waren zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch nicht abgeschlossen.

3.5 Betriebliche Kennwerte

Neben der Tragfähigkeit und Dichtheit zeichnet eine möglichst lange Haltbarkeit und Funktionsfähigkeit den Erfolg einer Schlauchlinersanierung aus. Die Beanspruchung des Schlauchliners durch die betriebliche Nutzung und Wartung kann allerdings Einfluss auf die Lebensdauer haben. Vor diesem Hintergrund wurden betriebliche Kennwerte an ausgewählten Linerproben bestimmt.

Abrieb

Um die Verschleißfestigkeit von Linern gegenüber Abrieb infolge Sedimenttransport zu untersuchen, wurden an vier Linerproben Prüfungen mit der Darmstädter Kipprinne nach DIN 19565, Teil 1 [8] durchgeführt (Bild 8).



Bild 8: a) Linerprobe in der „Darmstädter Kipprinne“; b) Zuschlagstoff

Alle untersuchten Linerproben wiesen in Laborprüfungen eine hohe Abriebfestigkeit auf. Der Abrieb unter den Bedingungen des Darmstädter Versuchs in der Kipprinne lag in den meisten Fällen unter 0,5 mm und beschränkt sich damit auf die Dicke der Innenfolie des Liners. Bei einer Praxisbeobachtung zeigte sich allerdings auch ein Ablösen der Innenfolie. Da die Innenfolie wegen des geringeren Elastizitätsmoduls in der statischen Berechnung nicht enthalten sein darf, ist ein Wanddickenzuschlag für Abrieb nicht erforderlich.

Chemische Beständigkeit gegenüber Schwefelsäure

Für ein Schlauchlinersystem sollte auch bei Verwendung einer inneren Beschichtung oder einer innen verbleibenden Folie ein Beständigkeitsnachweis nach DIN EN ISO 175 im Rahmen einer Eignungsprüfung vorliegen. Dabei wird i.d.R. eine Beständigkeit gegen kommunales Abwasser im pH-Wert Bereich 1 – 10 (beständig insbesondere gegen biogene Schwefelsäure) und eine Temperaturbeständigkeit bis 55 °C gefordert (vgl. [9]). Die chemische Beständigkeit gegenüber Schwefelsäure war unter den Prüfbedingungen grundsätzlich gegeben. Nach Einlagerungsversuchen in Schwefelsäure wurde lediglich in einem Einzelfall eine geringe Veränderung der Linerfarbe festgestellt.

Hochdruck-Spülfestigkeit

Zur Prüfung der Hochdruckspülfestigkeit von zwei Schlauchlinern (Länge ca. 1 m) aus in Betrieb befindlichen Haltungen wurde eine speziell angefertigte Versuchseinrichtung, der sogenannte „Pipe-Tester“ (vgl. [10]), eingesetzt. Der „Pipe-Tester“ besitzt eine horizontal fahrbare Arbeitsfläche zur Auflagerung der Prüfkörper, die mit Hilfe eines Elektromotors in eine Rechts-/Links-Bewegung versetzt werden kann. An einer durch das prüfende Rohr geführten Stange wird eine zehnstrahlige, in der Praxis häufig verwendete Rundstrahl-Düse befestigt. Das Linerrohr wird während des Spülvorgangs durch eine Vor- und Rückwärtsbewegung des Auflagetisches an der wasserstrahlenden Prüfdüse entlang geführt (Bild 9). Um die Kanalreinigung über die gesamte Lebensdauer zu simulieren, wurde der Spülvorgang 50 mal wiederholt.



a) Prüfdüse wird in das Rohr geführt



b) Schwenktisch mit Liner wird 50 x entlang der Düse bewegt

Bild 9: „Pipe-Tester“ (vgl. [10]) zur Prüfung der Hochdruckspülfestigkeit von Rohrwerkstoffen; Prüfparameter: Durchfluss 320 l/min, Düsendruck 120 bar, 50 Spülungen

Darüber hinaus wurden drei jeweils 20 m lange Rohrstränge neuer Schlauchliner einer realitätsnahen Systemprüfung unterzogen, dem sogenannten Hamburger Spülversuch (Bild 10 und 12, vgl. [11]).



Bild 10: Prüfgeschiebe, Splitt (1-5 mm)



Bild 11: stationäre Belastung über 3 min

In den Spülversuchen konnten keine nennenswerten Beschädigungen an der inneren Linerwandung festgestellt werden. Allerdings zeigen Praxisbeispiele, dass mangelhafte Einbindungen im Hausanschluss- und Schachtbereich als Schwachstelle für die Belastung durch Hochdruckwasserstrahlen angesehen werden müssen.

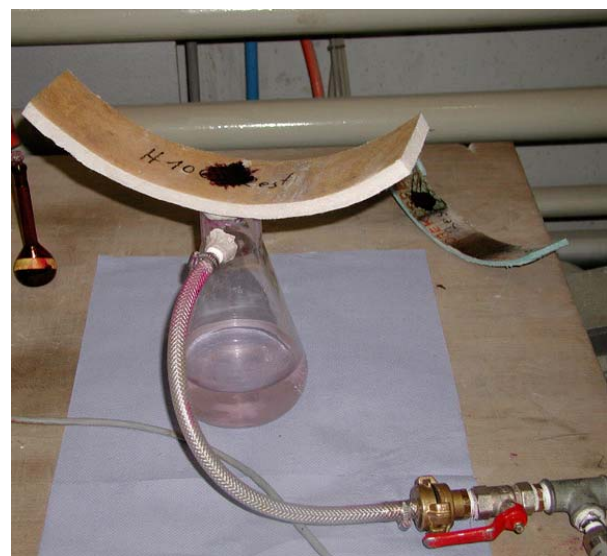
Die Prüfergebnisse lassen vermuten, dass die betrieblichen Einflüsse die Linerqualität wenig beeinträchtigen. Dies kann ein Hinweis dafür sein, dass die Werkstoffeigenschaften der geprüften Liner als ausreichend anzusehen sind und die Belastung durch Betriebseinflüsse nur in Sonderfällen (z.B. Wurzelfräsen, intensive und häufige Hochdruckreinigung, aggressives Abwasser) zu bedeutsamen Materialveränderungen führt.

3.6 Dichtheitsprüfungen

Es wurden Dichtheitsprüfungen mit Luftüberdruck an ausgewählten Kanalhaltungen im Kanalnetz durchgeführt. Diese wurden abschnittsweise zwischen den zahlreichen Hausanschlüssen durchgeführt. In drei Fällen wurden die Dichtheitskriterien nicht erfüllt. In einem Fall wurde daraufhin eine Probenentnahme in offener Bauweise durchgeführt. So konnte an einer ca. 1 m langen Probe erneut die abschnittsweise Dichtheitsprüfung mit Dichtblasen durchgeführt werden. Im Prüfraum der Dichtblase kam diesmal jedoch Wasser als Prüfmedium zum Einsatz (Bild 12 a).



a)



b)

Bild 12: a) Prüfung mit Dichtblase, b) Prüfung der Wasserdurchlässigkeit Linerprobe

Bereits nach kurzer Zeit, bevor der vorgesehene Prüfdruck von 0,5 bar aufgebracht werden konnte, trat Wasser deutlich sichtbar an mehreren Stellen der Außenoberfläche des Linerrohrabschnittes aus. Es zeigte sich, dass das Schlauchsystem in diesem Bereich grundlegend undicht war. So wurde das Ergebnis der abschnittweisen Prüfungen im Kanalnetz, bei denen die Prüfkriterien der Dichtheit ebenfalls nicht erfüllt wurden, eindeutig bestätigt.

Im Rahmen von baubegleitenden Qualitätsprüfungen wird ergänzend zu der haltungsweisen Dichtheitsprüfung häufig auch die Wasserundurchlässigkeit der Laminatstruktur durch eine Prüfung mit Luftunterdruck von 0,5 bar an Linerausschnitten durchgeführt (Bild 12 b). Diese Prüfung mit Luftunterdruck wurde an insgesamt fünf Linerproben durchgeführt. Dabei erfüllten zwei der fünf Proben die Prüfkriterien nicht. Die Linerwand war wasserdurchlässig. Drei Prüflinge erfüllten jedoch die Prüfkriterien. Vor diesem Hintergrund ist eine Bewertung der Wasserundurchlässigkeit für eine gesamte Haltung äußerst unsicher, insbesondere da in der Praxis i. d. R. nur eine Prüfung an einer Linerprobe durchgeführt wird. Die Dichtheit einer sanierten Haltung kann mit Hilfe dieser Prüfmethode nicht nachgewiesen werden. Sie dient ausschließlich als Materialprüfung um die Wasserundurchlässigkeit des Laminats nachzuweisen.

4 Qualitätsanforderungen und -einflüsse

Auf der Grundlage der zur Verfügung stehenden Normen haben Netzbetreiber ihre Anforderungen an Schlauchliner in den letzten Jahren sehr umfassend definiert. Der Stadtentwässerungsbetrieb Nürnberg hat bspw. seinem öffentlichen Teilnahmewettbewerb „Schlauchlining“ [12] eindeutige Qualitätsanforderungen vorangestellt (Tabelle 3).

Tabelle 3: Qualitätsanforderungen an Schlauchliner in Anlehnung an [12]

Tragfähigkeit	Dichtheit	Hydraulik	Dauerhaftigkeit
Wiederherstellung der statischen Tragfähigkeit des Altkanals, wobei der Sicherheitsfaktor gegen Bauteilversagen nach 50 Jahren > 2 sein muss	Wiederherstellung der Dichtheit einschl. der Einbindungen und Anschlüsse gegen In- und Exfiltration mit einem Innen- oder Außendruck von 0,5 bar über 50 Jahre	maximal zulässige Querschnittsreduzierung des Altkanals um 6%, Faltenfreiheit und Anpassungsfähigkeit an die bestehende Altrohrgeometrie	Nutzungszeit mind. 50 Jahre, beständig gegen kommunales Abwasser, HD-Spülfestigkeit (1/a), Abriebfestigkeit, Reparaturfähigkeit (nachträglicher Hausanschluss muss möglich sein)

Die Untersuchungen im Rahmen des Forschungsprojektes bestätigen, dass die Qualität von Schlauchlinern wesentlich beeinflusst werden kann durch die Auswahl und Verarbeitung der verwendeten **Werkstoffe**, durch die bei dem Einbau und dem Aushärten entstehende **Geometrie** der Auskleidung und durch die äußeren und inneren **Belastungen** während der Betriebszeit (vgl. Bild 13).

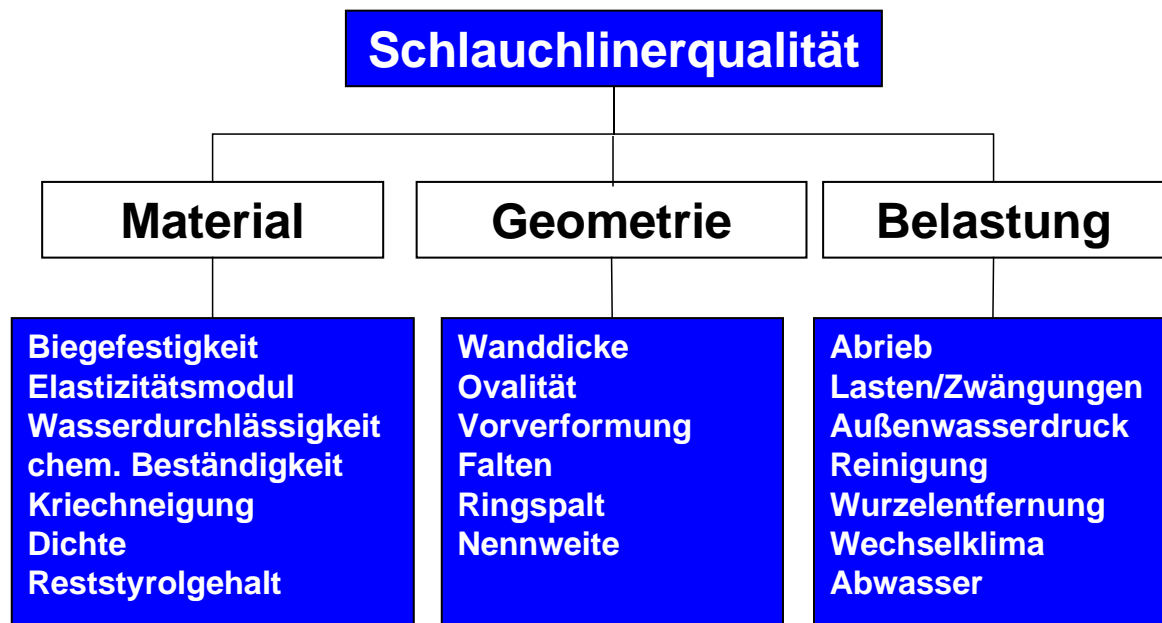


Bild 13: Einflussgrößen auf die Tragsicherheit von Schlauchlinern

In den dargestellten Untersuchungen wurden an den Schlauchlinern z.T. Geometrie- und Materialkennwerte bestimmt, die erheblich von den Soll- bzw. Mindestwerten der technischen Normen abwichen. So wurden deutliche Überschreitungen bei Ringspaltweiten, Vorverformungen und Falten sowie Unterschreitungen bei den Materialkennwerten (Biegefestigkeit, E-Modul etc.) gegenüber den Grenzwerten statischer Berechnungen festgestellt. Hier stellt sich die Frage, welchen Einfluss dies im Einzelfall auf die technische Qualität und damit die Lebensdauer haben kann und wie letztere für einen Liner abgeschätzt werden kann.

Da für die beprobten Haltungen nur in wenigen Fällen statische Berechnungen vorlagen, wurden von der Fachhochschule Münster, Fachbereich Bauingenieurwesen, Prof. Dr.-Ing. B. Falter ergänzende statische Berechnungen[5] durchgeführt. Dabei wurden die an den realen Proben aus dem Kanalnetz ermittelten statischen Kennwerte auch für Parameterstudien (Sensitivitätsanalysen) genutzt. So konnten die Einflüsse aus verschiedenen Einbaufehlern und Betriebsbeanspruchungen hinsichtlich ihrer Folgen für die statische Sicherheit realitätsnah gewichtet werden.

Die vergleichende Betrachtung verdeutlicht, dass die geometrischen Kennwerte einen erheblichen Einfluss auf die Tragsicherheit haben können. Zum Zeitpunkt der Bauabnahme kann ein Schlauchliner intakt und funktionsfähig aussehen. Ist jedoch bspw. ein ausgeprägter **Ringspalt** entstanden, so ist bei entsprechendem Außenwasserdruck die „statische“ Nutzung u.U. schon kurzfristig gefährdet (Beulversagen). Dies sei anhand von Beispielrechnungen verdeutlicht.

In Tabelle 4 sind Beispiele von Geometrieabweichungen und Materialfehlern, die für einen ausgewählten Anwendungsfall mit Grundwassereinfluss jeweils die Tragsicherheit um 50 % reduzieren, anschaulich dargestellt. So ist in dem Rechenbeispiel

eine Falte mit einem Stichmaß von nur 1 cm von gleicher Bedeutung wie der Kriechfaktor 5 anstelle des üblichen Wertes 2 (zur Ermittlung des Langzeit-E-Moduls aus dem Kurzzeit-E-Modul). Desgleichen reduziert ein Ringspalt von 3 Millimetern oder eine Unterschreitung der Wanddicke von 1,2 mm die Tragfähigkeit ebenfalls um 50 %. Damit ein Materialfehler sich vergleichbar gravierend auf die Tragsicherheit auswirkt, müßten nur noch 40 % des eigentlich erwarteten E-Moduls vorhanden sein (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: Verlust an Tragsicherheit um 50 % durch Geometrieabweichungen und Materialfehler, Beispiel: Schlauchliner DN 300, Altrohrzustand I, Grundwasser 3 m über Sohle, Wanddicke = 6 mm

Langzeit-E-Modul	Kurzzeit-E-Modul	Rechenbeispiel
		<p>50 % weniger Tragsicherheit</p>
<p>bei einem Abminderungsfaktor $A_n = 5$ anstatt $A_n = 2$</p>	<p>bei 1.160 N/mm^2 anstatt 2.800 N/mm^2</p>	
<p>Falte</p>	<p>Ringspalt</p>	<p>Wanddicke</p>
		
<p>bei einer Falte mit Stichmaß $w_v = 1 \text{ cm}$</p>	<p>bei einem Ringspalt $w_s = 3 \text{ mm}$</p>	<p>bei einer Unterschreitung der Wanddicke um $1,2 \text{ mm}$</p>

Dieses Beispiel unterstreicht den potenziellen Einfluss der geometrischen Kennwerte auf die Tragsicherheit des Liners unter Grundwassereinfluss. Vor diesem Hintergrund ist eine geeignete Konfektionierung des Trägermaterials auf der Grundlage einer Vermessung des Altrohres von besonderer Bedeutung. Darüber hinaus bedeutet dies insbesondere bei hohen Grundwasserständen, dass zur Qualitätsbewertung des eingebauten Liners auch die Überprüfung der geometrischen Kennwerte notwendig ist. Bisher stehen dafür jedoch kaum Messmethoden zur Verfügung.

Bewertung der Dichtheit

Der Einfluss von „normalen“ Betriebsbelastungen auf die Dichtheit von Schlauchlinern ist auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse als gering einzuschätzen. Demgegenüber übt der Einfluss von Störungen bzw. Fehlern während der Herstellung und des Einbaus von Linern auf der Baustelle einen hohen Einfluss auf die Qualität aus. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass die Laminatstruktur von ungleichmäßig getränkten und unvollständig ausgehärteten Schlauchlinern undicht sein kann. Inzwischen wurden Verfahrensoptimierungen durchgeführt, die eine vollständige und vor dem Einbau überprüfbare Tränkung des Liners zum Ziel hatten. Die Dichtheit eines Schlauchliners ist jedoch auch von der vollständigen und störungsfreien Aushärtung der Harzmatrix während des Einbaus abhängig. Daher ist zur Bauabnahme eine Überprüfung der Dichtheit der Sanierung empfehlenswert, selbst wenn der Schlauch fachgerecht getränkt wurde.

5 Lebensdauer von Schlauchlinern

5.1 Qualitätsverlauf und Gesetzmäßigkeiten

Während Neurohre i.d.R. im Werk gefertigt werden, entsteht bei Schlauchlinern das ausgehärtete Rohr erst auf der Baustelle. Damit unterliegt der Qualitätsverlauf besonderen Gesetzmäßigkeiten und charakteristischen Einflussfaktoren. Im Bild 14 wird dieser beispielhaft, von der Herstellung im Werk bis zur Entsorgung am Ende der Nutzungsdauer, skizziert.

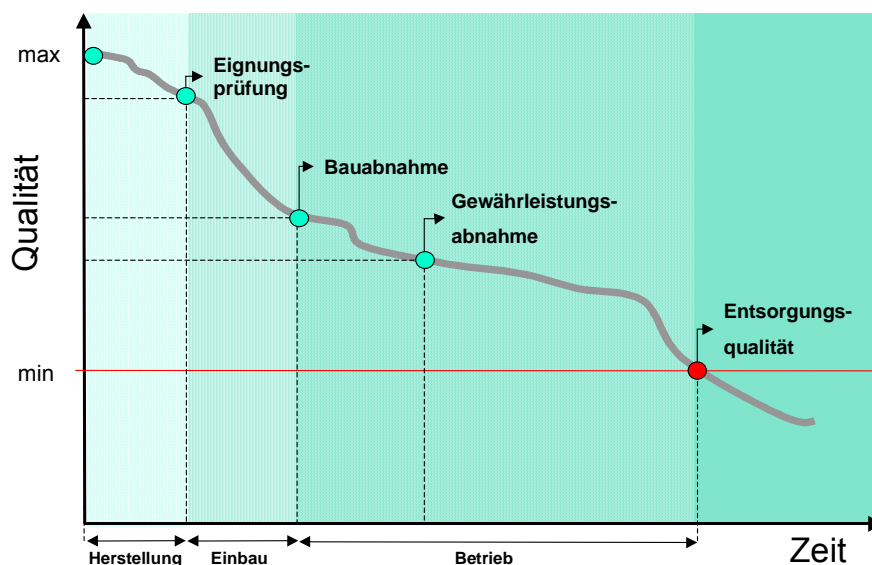


Bild 14: Schematischer Qualitätsverlauf über die technische Nutzungsdauer

Die maximale Qualität entspricht dabei einem idealen Linner der unter denkbar optimalen Bedingungen in einem Herstellerwerk gefertigt wurde. Die **Werksbedingungen** sind meist *günstiger* als die auf der Baustelle. Beeinträchtigungen bzw. erschwerte Bedingungen auf der Baustelle können zu Fehlern beim Einbau führen. Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zeigen, dass das Risiko von Qualitätseinbußen während des Einbaus auf der Baustelle i.d.R. sehr groß ist. So wurden beachtli-

che Vorverformungen, Faltenbildungen oder auch Aushärtungsmängel festgestellt. Die Ergebnisse von **Eignungsprüfungen** sind vor diesem Hintergrund allein nicht geeignet, um die Verfahrensqualität und -sicherheit von verschiedenen Schlauchlinersystemen unter Praxisbedingungen, bspw. im Rahmen der Vergabeentscheidung, bewerten zu können. Sie sind überwiegend nur für die qualitative Bewertung der verwendeten Ausgangsmaterialien verwertbar.

Mit dem **Einbau** entscheidet sich, welche Werkstoff- und Geometrieigenschaften der Schlauchliner tatsächlich erhält. Inwieweit Umwelt- und Betriebseinflüsse, wie z.B. Kanalreinigung oder Sedimenttransport den Schlauchliner abnutzen, kann für den jeweiligen Einzelfall erst nach einigen Betriebsjahren eingeschätzt werden. Fehler bei der Herstellung und dem Einbau des Schlauchliners können zu Qualitätsminderungen führen, die evtl. auch die Beständigkeit im **Betrieb** verringern. Damit sinkt möglicherweise die Wahrscheinlichkeit bzw. das Vermögen des Schlauchliners, die durchschnittliche Lebenszeit zu erreichen. Ein günstiger Zeitpunkt, um die Schlauchlinerqualität daraufhin zu überprüfen, ist kurz vor Ablauf der Gewährleistungsfrist gegeben (vgl. Bild 14). Denn der Vorteil einer Gewährleistungsabnahme ist nicht nur die letztmögliche Prüfung der Vertragserfüllung vor der Freigabe der Gewährleistungsbürgschaft, darüber hinaus können wertvolle Betriebserfahrungen zur Haltbarkeit von Schlauchlinern unter den örtlichen Betriebsbedingungen gewonnen werden. Dieses „Betriebswissen“ über bereits ausgeführte Schlauchlinersanierungen kann zukünftige Vergabeentscheidungen absichern.

Reicht die Qualität des Schlauchliners zu einem späteren Zeitpunkt nicht mehr aus, um die wesentlichen Funktionen wie Dichtheit, Tragfähigkeit und Funktionsfähigkeit betriebssicher zu garantieren, muss die Sanierung saniert oder auch erneuert werden. Sollte der Liner ausgebaut werden müssen, ist die sogenannte Entsorgungsqualität des Schlauchliners erreicht (vgl. Bild 14). Dabei stehen die Entsorgungskosten, die u.a. von der Umweltverträglichkeit des zu entsorgenden Linermaterials abhängen, im Mittelpunkt dieser letzten Qualitätsbetrachtung (die möglichst erst *nach* Überschreiten der Abschreibungsfristen notwendig sein sollte).

5.2 Lebensdauereinflüsse und Maßnahmen

Die Untersuchungsergebnisse unterstreichen, dass zur Qualitätsbewertung des eingebauten Liners auch die Überprüfung der geometrischen Kennwerte notwendig sein kann. Die derzeitige Praxis der Qualitätssicherung ist bei Schlauchlinern – mit Ausnahme der Wanddickenmessung - jedoch stark auf die Überprüfung der Materialqualität ausgerichtet. Die Untersuchungsergebnisse legen nahe, zukünftig praktikable Messmethoden zu entwickeln, um ggf. den bedeutsamen Einfluss der geometrischen Kennwerte entsprechend berücksichtigen zu können. Während die relativ häufig auftretende Faltenbildung durch die Kamerabefahrung im Rahmen der Abnahme der Sanierung zu erkennen ist, ist eine Überschreitung des im Standsicherheitsnachweis

anzusetzenden Mindest-Ringspaltes bei kleineren Nennweiten mit den derzeitigen Messmethoden nicht erkennbar.

Eine Schlussfolgerung könnte auch die Forderung nach stärkerer Überwachung und Kontrolle der Baustellenabläufe sein. So trägt eine geeignete Konfektionierung des Trägermaterials, auf der Grundlage einer Vermessung des Altrohres, sicherlich dazu bei, unerwünschte Faltenbildung zu vermeiden. Verglichen mit der Rohrverlegung im Kanalneubau gibt es jedoch bei Schlauchlinersanierungen kaum qualitätssichernde Maßnahmen, die noch während des Einbaus die Einbauqualität bedeutsam beeinflussen können. Korrigierend eingreifen kann die Bauüberwachung nur bei den vorbereitenden Arbeiten wie bspw. Vorreinigung und –inspektion. Die letzte Möglichkeit Mängel zu vermeiden, bietet sich bei der Kontrolle des getränkten Schlauches vor dem Einbau. Die Bauüberwachung beschränkt sich während des Einbaus im wesentlichen auf die Dokumentation von Prozessparametern (Temperatur, Druck, Ziehkraft etc.). So können bei der späteren Bauabnahme (Bild 14) Ursachen für evtl. festgestellte Qualitätsabweichungen ermittelt werden. Nur bei länger dauernden Maßnahmen mit mehreren Arbeitsabschnitten ist es möglich, die Ergebnisse der ersten Qualitätsprüfungen für korrigierende Maßnahmen bei den nachfolgenden Arbeitsabschnitten zu nutzen. Auch sogenannte „baubegleitende“ Qualitätsprüfungen finden erst statt, wenn der Liner bereits im Altrohr eingebaut und ausgehärtet ist.

Die Qualitätssicherung muss daher sehr viel früher Einfluss nehmen. Die Untersuchungsergebnisse lassen vermuten, dass eine hohe Qualifikation der ausführenden Unternehmen notwendig ist, um mängelfreie Sanierungen zu erzielen. Die Qualitätssicherung von Schlauchlinern ist daher wesentlich von der Auswahl qualifizierter Dienstleistungsunternehmen abhängig. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage:

Welche Maßnahmen können einen Vergleich der Qualifikation von ausführenden Unternehmen ermöglichen, um auch die langfristige Wirtschaftlichkeit der Vergabeentscheidung abzusichern?

Die systematische Auswertung von Planungs-, Bau- und Betriebserfahrungen kann die Bewertung der Materialien, Verfahren, Hersteller und Ausführungsunternehmen entscheidend unterstützen. Auf das **Tagesgeschäft** übertragen kann dies auch bedeuten: Materialien, Verfahren, Hersteller und Ausführungsunternehmen werden aufgrund von Baustellen- und Betriebserfahrungen systematisch bewertet, z.B. nach besonderen Kriterien, wie Sorgfalt bei der Arbeitsvorbereitung, Termineinhaltung, Ablauforganisation, Dokumentation der Prozessparameter, Umgang mit Reklamationen, Nachweis über Mängel, Schäden und Auffälligkeiten.

Darüber hinaus liegt es nahe, Betriebserfahrungen, wie bspw. Beobachtungen beim Inspizieren und Reinigen, baustellenbezogen zu dokumentieren. Bestehen Zweifel an der Dauerhaftigkeit der Sanierung, können auch Belastungsprüfungen im Kanalnetz ergänzende Aussagen bieten, so z.B. HD-Reinigungsversuche an Strecken mit ausgeprägter Querfaltenbildung oder Dichtheitsprüfungen bei durchtrennter Innenfolie.

Diese bieten sich insbesondere im Rahmen der Bau- bzw. Gewährleistungsabnahme an. Denkbar ist auch die Entwicklung und Umsetzung eines speziell auf den Zeitpunkt der Gewährleistungsabnahme abgestimmten Prüfprogramms. Vor diesem Hintergrund sind in Tabelle 5 ergänzende Maßnahmen zur lebensdauerbegleitenden Qualitätssicherung von Schlauchlinern dargestellt.

Tabelle 5: Ergänzende Maßnahmen bei der Ausschreibung und Bauüberwachung

Referenzen des AN offenlegen lassen
<ul style="list-style-type: none"> • Benennung der letzten Sanierungen des AN. Bewertungen von anderen Betreibern einholen. • Ergebnisse der letzten Baustellenbeprobungen vom AN vorlegen lassen. • Verfahren zur Einbindung der Anschlüsse und Anbindung an den Schacht angeben lassen.
Eignungsprüfungen vom AN einfordern
<ul style="list-style-type: none"> • Offenlegung der Lieferbedingungen des Schlauchsystems und der charakteristischen Eigenschaften, z.B.: Langzeit-E-Modul, Ringsteifigkeit, Hochdruckspülbeständigkeit, chem. Beständigkeit, Abriebfestigkeit, Wasserdurchlässigkeit nach Durchtrennen der Innenfolie. • Verfahrenshandbuch/Baustellendokumentation einfordern mit Sollwerten nach Angabe des Linerherstellers, z.B. Soll-Heizkurve, max. zulässigen Inversionsgeschwindigkeit und max. Zugkraft. • Dies gilt auch für Nachunternehmer (z.B. zur Einbindung von Anschlüssen).
Einforderung von Identifikationsnachweismöglichkeiten
<ul style="list-style-type: none"> • Übergabe von Zertifikaten und Proben des verwendeten Harzsystems, des Trägermaterials und der Füllstoffe vor der Sanierungsmaßnahme (Vergleichsprobe). • Identifikationsprüfung im Bedarfsfall wenn Abweichungen vermutet werden (Übereinstimmungsnachweis mit Vergleichsprobe). Reinharzprobe auf der Baustelle von dem eingebautem Linermaterial entnehmen.
Vergleichende Produktprüfungen
<ul style="list-style-type: none"> • Erfahrungsaustausch mit anderen Netzbetreibern über die Qualifikation der AN. • Praxisnahe Bewertung der verschiedenen Systeme im IKT-Warentest (vgl. Langfassung [6] Abschnitt 4.4).
Öffentlicher Teilnahmewettbewerb/ beschränkte Ausschreibung
<ul style="list-style-type: none"> • Zusammenfassung der Anforderungen an die Qualität von Material und Verfahren sowie der Leistungsfähigkeit, Zuverlässigkeit und Kompetenz des Bieters bereits in der Ausschreibung, um die Vergabeentscheidung auf der Basis eines Leistungswettbewerbs (und nicht allein Preiswettbewerbs) zu fällen. • Neben der Vorgabe von Grenzwerten für das Material (z.B. Ringsteifigkeit, E-Modul, Abrieb etc.) auch Grenzwerte für die Geometrie des Liners (z.B. Wanddicke, Ringspalt, Vorverformung etc.) vorgeben und soweit möglich auf der Baustelle und bei der Zustandserfassung überprüfen.
Dokumentation der Bauausführung
<ul style="list-style-type: none"> • Arbeitssicherheits- und Bauzeitenplan einfordern, Verantwortlichkeit (Bauleiter/Polier) namentlich festlegen, Prüfplan zur Kontrolle der Prozessparameter vorlegen lassen und Einhaltung überprüfen (Temperatur, Druck, Lichtstärke, Ziehkraft und –geschwindigkeit etc.). • Kontrolle der Arbeitsvorbereitung (z.B. Vorreinigung, Vorinspektion, Kalibrierung des Altrohres, Linertransport zur Baustelle, Reaktionszeit (Topfzeit) Harz), visuelle Kontrolle des Liners vor dem Einbau (evtl. sind grobe Mängel feststellbar), Sorgfalt beim Einführen des Liners in die Haltung (Preliner nicht schädigen).
Identifikationsnachweis
<ul style="list-style-type: none"> • Kontrolle Lieferscheine, so dass nur zugelassene Produkte eingebaut werden, Visuelle Prüfung des gelieferten Materials (Feststellung grober Abweichungen). • Bestehen Unsicherheiten bei der Feststellung der Harzidentität, ist eine IR-Spektroskopische Analyse der Harzprobe von der Baustelle im Vergleich zu einer Referenzprobe empfehlenswert.
Belastungsprüfungen in-situ an bestehenden Sanierungen (im Bedarfsfall)
<ul style="list-style-type: none"> • Dichtheitsprüfungen nach Durchtrennen der Innenfolie in-situ. • Wiederholende Hochdruckspültests (50 Reinigungsdurchgänge) z.B. bei Falten und an Anschlüssen durchführen. • Betriebserfahrungen systematisch sammeln und nutzen (z.B. Sanierungsdatenbank bzw. auch eine einfache Tabelle zu den ausgeführten Sanierungen pflegen).
Baubegleitende Prüfungen
<ul style="list-style-type: none"> • Baubegleitende Materialprüfungen durch unabhängiges Prüfinstitut • Bestimmung geometrischer Kennwerte soweit möglich (z.B. Messung Ringspalt am Schachtanschluss mit Fühler-Schieblehre).
Zustandserfassung/Inspektion/Dichtheitsprüfung
<ul style="list-style-type: none"> • Sichtung und Bewertung von Auffälligkeiten und Materialveränderungen, insbesondere der geometrischen Kennwerte (z.B. Falten, Beulen, Ringspalt). • Abschnittsweise Dichtheitsprüfung bei der Bau- und Gewährleistungsabnahme durchführen (bei der Bewertung prüfen, inwieweit sich das Ergebnis ausschließlich auf die Dichtheit der Innenfolie bezieht).

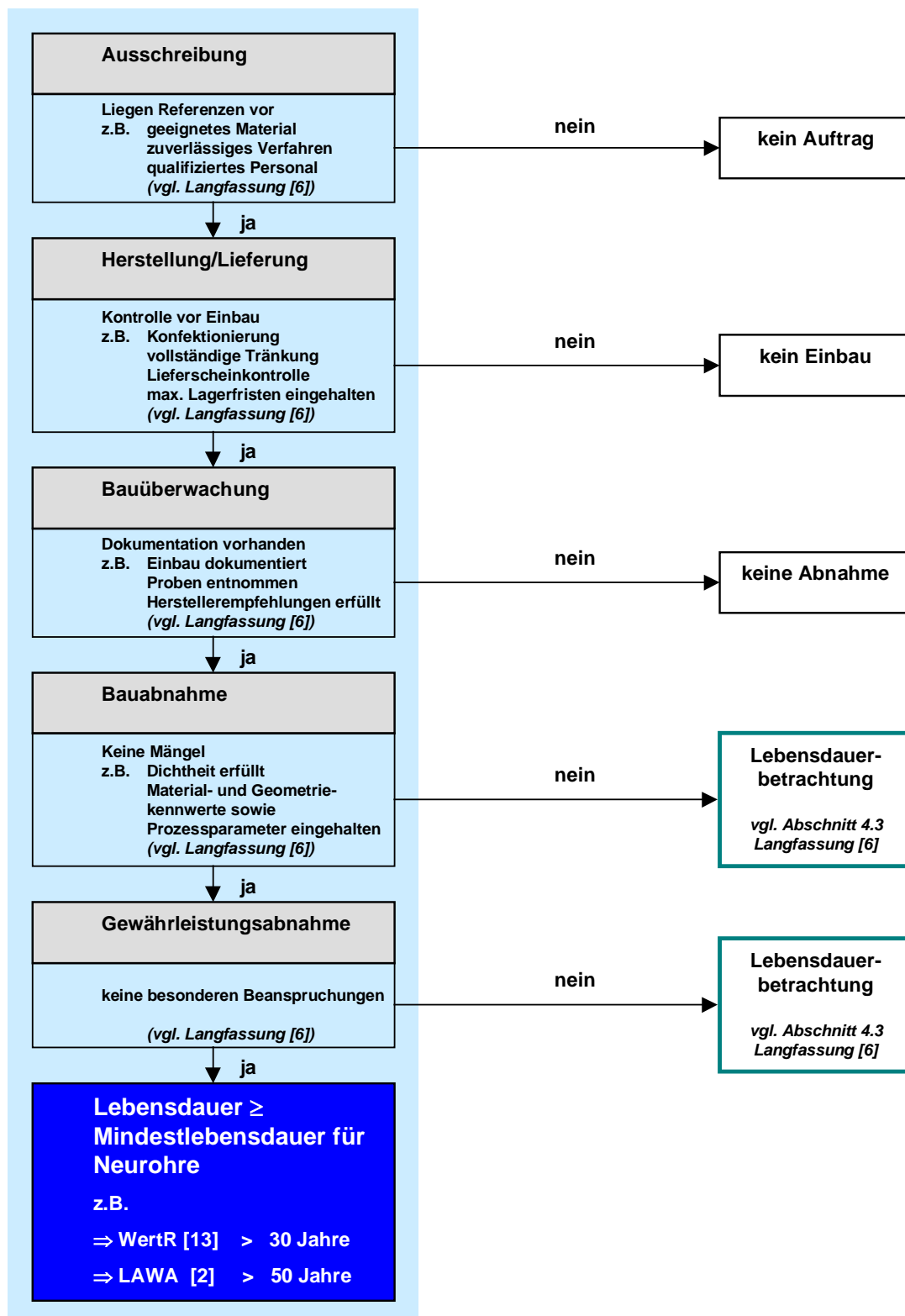
5.3 Lebensdauerabschätzung

Netzbetreiber können die Frage nach der Lebensdauer von Schlauchlinersanierungen bisher noch nicht aufgrund von Erfahrungswerten beantworten. Zu dem frühen Zeitpunkt der Bauabnahme ist die Lebensdauerabschätzung besonders unsicher. Gleiches gilt aber auch für alle anderen Rohrsysteme der Abwasserkanalisation. Denn selbst für im Werk produzierte Rohre (im folgenden *Neurohre* genannt) wurde die Lebensdauerfrage kaum beantwortet. Anschauliche Gründe dafür sind die langen Zeiträume (u.U. über zwei bis drei Generationen hinweg) und die vielfältigen Einflussfaktoren, die bei einer Abschätzung der Lebensdauer zu berücksichtigen sind. Um dennoch Abschreibungen und Kostenvergleichsrechnungen durchführen zu können, wurden für neue Rohre pauschale Annahmen getroffen. So werden bspw. Nutzungsdauern von 30 Jahren (nach [13]) bzw. 50 Jahren (nach [2]) angenommen, ohne den Einfluss des Rohrwerkstoffes oder der Bettungs- und Belastungsbedingungen im Einzelfall zu berücksichtigen.

In Analogie zu dem Vorgehen bei Neurohren orientieren sich sehr viele Netzbetreiber bei der Festlegung der Abschreibungsdauer von Schlauchlinersanierungen an den gewohnten Ansätzen für neu verlegte Rohre. Dieses Vorgehen entspricht auch den Anforderungen der DIN EN 752 [14]. Danach muß der Sollzustand eines Bauteils, eines Kanalisationsabschnittes, einer Haltung, eines Netzbereiches oder Entwässerungssystems nach erfolgter Sanierung mindestens den gleichen Anforderungen genügen, die für eine neu herzustellende Kanalisation gelten. So entspricht die Vorgehensweise, die Lebensdauer von Schlauchlinern analog zu Neurohren abzuschätzen, offensichtlich den technischen Normungsgrundsätzen. Voraussetzung dafür ist aber, dass die jeweilige Schlauchlinersanierung die technischen Anforderungen an die Ausführungs- und Betriebsqualität erfüllen. Falls die Anforderungen unterschritten werden, ist eine Risikoabschätzung empfehlenswert. Dabei kann es in bedeutsamen Fällen auch für Schlauchliner notwendig sein, die Lebensdauer gegenüber dem allgemeinen Ansatz abzumindern. Mit der Folge, dass sich der Vertragswert der Bauleistung entsprechend reduziert. Eine Voraussetzung ist jedoch, dass im Einzelfall geeignete Qualitätsanforderungen an Herstellung, Einbau und Betrieb gestellt und deren Erfüllung überprüft werden.

Tabelle 6 zeigt das grundsätzliche Vorgehen zur Abschätzung der Lebensdauer von Schlauchlinern.

Tabelle 6: Abschätzung der Lebensdauer von Schlauchlinern



Sind die maßgebenden Qualitätsnachweise bis zur Gewährleistungsabnahme erfüllt, kann die Lebensdauer entsprechend gängiger Ansätze für Neurohre abgeschätzt werden. Werden im Rahmen einer Überprüfung signifikante Abweichungen von der geforderten Qualität festgestellt, ist eine Einzelfallbetrachtung notwendig.

6 Fazit

Bislang fehlt es an gesicherten Erkenntnissen über die langfristige Eignung von Sanierungsverfahren unter mehrjährigen Betriebsbedingungen. Als Ursache sind im wesentlichen mangelnde bzw. nicht dokumentierte Erfahrungen aus der praktischen Anwendung zu nennen. Doch auch bei einer nach dem derzeitigen technischen Kenntnisstand intensiv betriebenen Qualitätssicherung stellt sich die Frage, inwieweit die ausgeschriebene und vertraglich vereinbarte Schlauchlinerqualität unter Baustellenbedingungen erreicht wird und wie Abweichungen zu bewerten sind. Vor diesem Hintergrund wurde in einem durch das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen geförderten Forschungsprojekt die Qualität von Schlauchlinern nach mehreren Betriebsjahren in der Kanalisation bewertet. Dazu wurden Materialproben in offener Bauweise aus sanierten, in Betrieb befindlichen Abwasserkanälen genommen und zahlreichen Prüfungen unterzogen.

Im Vordergrund der Untersuchungen stand die Ermittlung von Einflussfaktoren hinsichtlich der Lebensdauer des Linerbauteils, um z.B. eine auf den Einzelfall bezogene Abschätzung von betriebswirtschaftlichen Abschreibungsdauern zu unterstützen. Die beobachteten Einbaufehler und Betriebseinflüsse wurden durch die visuelle Prüfung und Vermessung von ausgebauten Altrohr/Liner-Proben sowie durch weitergehende Prüfungen zur Beständigkeit gegenüber Betriebseinflüssen näher untersucht. Ergänzend zu den heute üblichen Langzeitbetrachtungen an eigens für die Werkstoffprüfung hergestellten Schlauchlinerproben wurden damit auch Auswirkungen des Kanalbetriebes berücksichtigt.

Die Untersuchungsergebnisse unterstreichen, dass zur Qualitätsbewertung des eingebauten Liners auch die Überprüfung der geometrischen Kennwerte notwendig sein kann. Die derzeitige Praxis der Qualitätssicherung ist bei Schlauchlinern – mit Ausnahme der Wanddickenmessung - jedoch stark auf die Überprüfung der Materialqualität ausgerichtet.

Eine weitere Schlussfolgerung könnte die Forderung nach stärkerer Überwachung und Kontrolle der Baustellenabläufe sein. Verglichen mit der Rohrverlegung im Kanalneubau gibt es bei Schlauchlinersanierungen kaum qualitätssichernde Maßnahmen, die noch während des Einbaus die Einbauqualität bedeutsam beeinflussen können. Korrigierend eingreifen kann die Bauüberwachung nur bei den vorbereitenden Arbeiten, wie bspw. Vorreinigung und –inspektion. Die letzte Möglichkeit Mängel zu vermeiden, bietet sich bei der Kontrolle des getränkten Schlauches vor dem Einbau. Denn sobald mit dem Einbau des getränkten Schlauchliners in das Altrohr begonnen wurde, ist das Sanierungsergebnis durch die Bauüberwachung kaum noch zu beeinflussen. Die Qualitätssicherung muss daher sehr viel früher Einfluss nehmen.

Die Untersuchungsergebnisse lassen vermuten, dass eine hohe Qualifikation der ausführenden Unternehmen notwendig ist, um mängelfreie Sanierungen zu erzielen. Die Qualitätssicherung von Schlauchlinern ist daher wesentlich von der Auswahl qualifizierter Dienstleistungsunternehmen abhängig. Die systematische Auswertung von Planungs-, Bau- und Betriebserfahrungen kann die Bewertung der Materialien, Verfahren, Hersteller und Ausführungsunternehmen entscheidend unterstützen. Hierzu können auch Erfahrungen aus Referenzbaustellen firmenbezogen ausgewertet werden, z.B. hinsichtlich der Termintreue, Reklamationsbearbeitung und Ergebnisse der Abnahmeuntersuchungen.

Darüber hinaus bieten sich praxisnahe Belastungsprüfungen – wie z.B. Hochdruckspülungen - an eingebauten Schlauchlinern an. Im Rahmen der Bau- bzw. Gewährleistungsabnahme lassen sich so Ausführungsmängel, wie z.B. Querfalten, hinsichtlich ihrer tatsächlichen Auswirkungen auf die Linnerqualität bzw. die Betriebsbedingungen bewerten. Denkbar ist auch die Entwicklung und Umsetzung eines auf den Zeitpunkt der Gewährleistungsabnahme abgestimmten Prüfprogramms. Darüber hinaus ließen sich so auch wertvolle Betriebserfahrungen zur Beständigkeit von Schlauchlinern unter örtlichen Betriebsbedingungen gewinnen.

Ein weiterer Baustein können vergleichende Produktprüfungen sein, die unter praxisnahen und reproduzierbaren Randbedingungen durchgeführt werden. Den Schwerpunkt bilden auch hierbei die im Betrieb auftretenden Beanspruchungen wie z.B. Grundwasser- und Verkehrslasten sowie Kanalreinigung (vgl. [15], [16]).

7 Literaturverzeichnis

- [1] Wagner, V.: Nutzungsdauer und Dauerhaftigkeit von Schlauchlinern. *bi UmweltBau*, 04/2002.
- [2] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien), 1998.
- [3] DIN EN 13566-4 (2003-04): Kunststoffrohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen. Teil 4: Vor Ort härtendes Schlauch-Lining.
- [4] ATV-DVWK-M 127-2 (2000-08): Statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserkanälen und -leitungen mit Lining- und Montageverfahren : Ergänzung zum Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127.

- [5] Falter, B.; Strotmann, A.: Gutachten, Standsicherheit von Schlauchlinern anhand von Praxisbeispielen, Auftraggeber IKT, Gelsenkirchen, unveröffentlicht, 08/2003.
- [6] Bosseler, B.; Schlüter, M.: Qualitätseinflüsse Schlauchliner, Stichproben-Untersuchung an sanierten Abwasserkanälen, IKT-Forschungsbericht 12/2003, gefördert durch das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW, IKT-Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen.
- [7] Koch, K.-U.: Gutachten „Chemische Untersuchungen zur Materialalterung“, Fachhochschule Gelsenkirchen, Fachbereich für angewandte Naturwissenschaften, LG Organische Chemie und Polymere, im Auftrag des IKT-Institut für Unterirdische Infrastruktur, unveröffentlicht, 2003.
- [8] DIN 19565-1, (1989-03): Rohre und Formstücke aus glasfaserverstärktem Polyesterharz (UP-GF) für erdverlegte Abwasserkanäle und -leitungen; geschleudert, gefüllt; Maße, Technische Lieferbedingungen.
- [9] DIN EN ISO 175 (2000-10): Kunststoffe - Prüfverfahren zur Bestimmung des Verhaltens gegen flüssige Chemikalien (ISO 175:1999); Deutsche Fassung EN ISO 175:1999.
- [10] Zimmermann, F.: Vergleichende Prüfungen zur Hochdruckspülfestigkeit verschiedener genormter Werkstoffe für Abwasserleitungen und -kanäle (Prüfbericht). Institut für Bauplanung und Baubetrieb ETH Zürich, Dezember, 2000.
- [11] Merkblatt RSV 1 (2000-02): Renovierung von drucklosen Abwasserkanälen und Rohrleitungen mit vor Ort härtendem Schlauchlining – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung. RSV Rohrleitungssanierungsverband e.V..
- [12] Stadtentwässerung Nürnberg: Teilnahmewettbewerb Schlauchlining, 07/2002.
- [13] Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (Hrsg.): Richtlinie für die Ermittlung der Verkehrswerte von Grundstücken (Wertermittlungs-Richtlinien 1991 – Wert R 91), 4. Auflage.
- [14] DIN EN 752-Teil 2 (1996-09): Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden - Teil 2: Anforderungen; Deutsche Fassung EN 752-2:1996.
- [15] Bosseler, B.; Kaltenhäuser, G.; Puhl, R.: Endbericht zum IKT-Warentest Hausanschlußstutzen 2002, www.ikt.de.
- [16] Bosseler, B.; Kaltenhäuser, G.: Zwischenbericht zum IKT-Warentest Sanierung von Hausanschlußstutzen, unveröffentlicht, Projektabschluß 2004.