

Verlängerter Liner

Schlauchlining – bewährt, aber nicht trivial!

VOGEL Ingenieure, Kappelrodeck

In den letzten Jahren haben sich Schlauchliner im Bereich der Kanalrenovierung bewährt, bei zunehmend gesteigerter Anwendungsqualität. Dennoch geben spezifische Sachverhalte und neue Aufgabenstellungen Anlass, die Einsatzbereiche und Güte möglicher Ausführungsqualität zu diskutieren – etwa hinsichtlich möglicher Faltenbildung bzw. erhöhter Ringspaltbildung, des Dehnverhaltens oder auch der Nutzungsdauer unter Grundwasserdruck.

Ausgangspunkt für diese hiermit zur Diskussion gestellte Veröffentlichung ist die allgemeine Entwicklung des Marktes und der Beteiligten (Auftraggeber/Planer/Hersteller/Anwender) hinsichtlich der Nutzung von Schlauchlining-Verfahren [1] für erdverlegte Freispiegelkanäle. Die zurückliegenden Entwicklungen des einschlägigen Regelwerks und der Produkte sowie die mittlerweile erreichten Marktanteile des Schlauchlinings haben die Technologie als vermeintlich unkritisch und mit geringem Aufwand verbunden nutzbar gemacht. Die Technologie gilt zwischenzeitlich als Regelbauverfahren und hat über die DIN 18326 [2] Eingang in die VOB/C [3] gefunden.

Die einschlägigen Fachpublikationen zu den Qualitätsprüfungsergebnissen an Liner-Probestücken haben im vergangenen Jahrzehnt dazu beigetragen, dass die Produktqualität hinsichtlich der gestellten technischen Anforderungen immer zuverlässiger wurde. Allerdings: Hierbei werden nur die materialtechnischen Eigenschaften hinsichtlich Dichtheit und Materialkennwerten (im Wesentlichen an Probestücken) im Abgleich zu den Vertragsvereinbarungen geprüft.

Die Erfahrungen der letzten Jahre und eine Reihe spezifischer Wahrnehmungen bei differenzierter Betrachtung von Situationen und erzielten Projektergebnissen (unabhängig der meist positiven Materialprüfungsergebnisse betrachtet) lassen indes erkennen: Schlauchlining ist bewährt, aber nicht trivial!

Die Veröffentlichung möchte ein neues, verändertes Bewusstsein hinsichtlich der optimalen Nutzung dieser grundsätzlich

hervorragenden und wirtschaftlichen Lösung zur Kanalrenovierung schaffen. Sie möchte die Abhängigkeit von Ursache und Wirkung, die Verantwortung der einzelnen Beteiligten deutlich machen. Es gilt eine Reihe von Sachverhalten und neuen Aufgabenstellungen zu diskutieren und gegebenenfalls eine Fortentwicklung des Umgangs mit der Techniknutzung zu initiieren.

Betroffene dieses Prozesses sind zunächst die direkt Beteiligten: Auftraggeber und Planer, Liner-Systemhersteller und Technikanwender (Sanierungsunternehmen) sowie Messtechnikhersteller.

Die hierdurch initiierte Diskussion kann im Ergebnis zu Anpassungsbedarf in peripheren Bereichen führen:

- DWA-Regelwerk (fachspezifisch)
- Detaillierungsgrad der in Kanaldatenbanken zu verwaltende Bestandsinformationen, Schnittstellen-Definitionen zum Datenaustausch, Softwareprogrammierung Kanalinformationssysteme

Die in dieser Veröffentlichung in Bezug genommenen Schlauchliner-Systeme bzw. -Hersteller sind nach Wahrnehmung des Verfassers im Markt am weitesten verbreitet und dennoch beispielhaft. Es gibt weitere Systeme und Produkte am Markt, die grundsätzlich vergleichbaren Prinzipien unterliegen.

Der Diskussionsbeitrag hat nicht den Anspruch einer wissenschaftlichen Arbeit. Er basiert im Wesentlichen auf pragmatischen, realen Erfahrungswerten und Einschätzungen. Ein Dank

gilt den Fachkollegen Fred Hüpers (ILL GmbH, Testberechnungen Liner-Statik) und Andreas Haacker (Siebert + Knipschild GmbH, Beratung in den materialtechnologischen Fragen zu den Schlauchliner-Systemen), welche mit ihrer spezifischen Fachkompetenz einen wertvollen Beitrag zu dieser Veröffentlichung leisteten.

Thesen zur weiteren Diskussion

Folgende Thesen werden zur weiteren Diskussion gestellt:

- Das Risiko unzureichender Sanierungsergebnisse durch Faltenbildung/erhöhte Ringspaltbildung ist Bauherrenrisiko infolge unzulänglicher Informationen über die realen Bestandsdaten (Maßangaben), analog dem „Baugrundrisiko“.
- Neben den bekannten Materialkennwert- und Eignungsnachweisen für die Schlauchliner-Produkte ist der Nachweis des Dehnverhaltens als weiteres Eignungskriterium von Bedeutung. Es stellt sich zudem die Frage, ob es ausreicht, auf Eignungsprüfungen zu verzichten, welche nicht die Betriebsbedingungen im Kanal (Feuchtigkeit) berücksichtigen.
- Für die Nutzungsdauer von Schlauchlinern unter Grundwasserdruck ist das real entstehende Ringspaltmaß von entscheidender (statischer) Bedeutung. Der Liner muss auf das reale Profilmaß abgestimmt sein.
- Die verbreitete Erwartung auf Seiten der Auftraggeber/Planer von „optisch prospektmäßig ebenen Liner-Oberflächen“ ist falsch. Sie verkennt die signifikanten Risiken nicht anliegender Liner als Voraussetzung solcher Oberflächenergebnisse.
- Die verbreitete Wahrnehmung auf Seiten der Auftraggeber und Planer: „Je höher die Materialkenngruppe bzw. der E-Modul (als Synonym), umso besser ist der Liner an sich“, ist absurd und fachlich nicht zu rechtfertigen.

Technisches Regelwerk: Kanalmanagement und Sanierungsplanung

Das technische Regelwerk hat sich zunächst mit der DIN EN 752 [4] bis in die Tiefen der Sanierungsplanung hinein entwickelt.

Technisches Regelwerk: Renovierung und Schlauchlining

Ausgangsbasis des technischen Regelwerkes hinsichtlich der Sanierungstechniken, hier Schlauchlining, waren das RSV-Merkblatt 1 (2000) [8] und die VSB-Empfehlung Nr. 5, ZTV-Schlauchlining (2003) [9]. In der Folge entwickelte sich das Regelwerk sukzessive. Heute besteht, von der global geltenden DIN EN ISO 11296-4 [10] ausgehend, eine durchgängige Regelung der Verfahrens- und Anwendungstechnik und selbst der Materialprüfung für das Schlauchlining [11, 12]. Die statische Dimensionierung von Schlauchlinern ist im DWA-A 143-2 [13] konkret geregelt.

Die gängigen Schlauchlining-Systeme verfügen heute über eine DIBt-Zulassung (DIBt: Deutsches Institut für Bautechnik AöR). Eine solche kann erteilt werden, wenn die von Experten als Mindestanforderungen definierten Eignungsnachweise vorgelegt werden und diesen genügen. Die DIBt-Zulassungen sind grundsätzlich produktspezifisch und gewährleisten dem Markt eine hohe Produktverlässlichkeit, sofern die Produkte dem Eignungsnachweis entsprechend auch fehlerfrei hergestellt und installiert werden.

Liner-Systeme und Produktaufbau

Schlauchliner sind Produkte, die im Sinne der DIN EN ISO 11296-1 [14] im Verlauf des Entstehens des Endprodukts zwei grundlegende Zustandsstadien durchlaufen:

- „M“-Zustand: „Produkt wie hergestellt, ohne Behandlung mit der Renovierungstechnik (z. B. Schlauchliner: Härtung)
- „I“-Zustand: „Produkt wie eingebaut, im endgültigen Zustand als Folge der vor Ort eingesetzten Renovierungstechnik (ausgehärtet)

Die Produkte bestehen aus unterschiedlichen Materialzusammensetzungen mit unterschiedlichen Materialeigenschaften, insbesondere hinsichtlich der Trägermaterialien und der Harze. Die Produkteigenschaften sind neben der Materialzusammensetzung (Trägermaterial, Harze, Zuschlagstoffe) und den zur Härtung zu nutzenden Verfahren primär von der inneren Konstruktion

» Die weit verbreitete Erfahrung der Auftragnehmer ist, dass Bedenkenäußerungen nur die „Stimmung beim Auftraggeber/Planer trüben“ und unnötige Diskussionen oder gar offenen Ärger hervorrufen. «

Die DIN 14654-2 [5] in Verbindung mit dem DWA-A 143-1 [6] bilden als allgemein anerkannte Regeln der Technik die Anspruchsgrundlage an den Auftraggeber/Planer hinsichtlich des Bearbeitungsprozesses. Tiefe und Inhalte der fachgerechten Planung hinsichtlich der baulich bedingten Sanierung sind schon seit Mitte 2004, mit erstmaligem Erscheinen der VSB-Empfehlung Nr. 0.1 [7] (wird derzeit in ein künftiges DWA-A 144-1 überführt), bekannt.

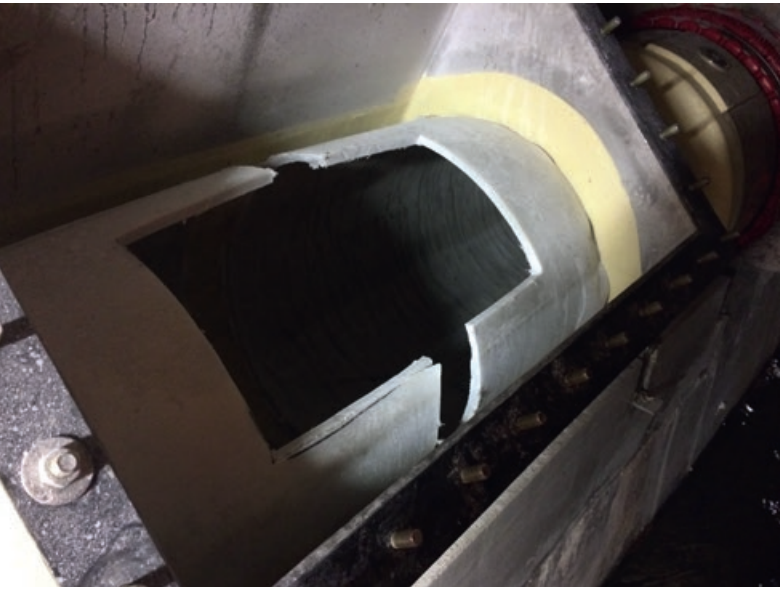
Konkret präzisiert wird die notwendige Planungsinformation, als Ergebnis der Ausführungsplanung, indirekt über Kap. 0 der einschlägigen ATV-Normen der VOB/C (z. B. DIN 18326 [2] „Kanalrenovierung“). Die hierin checklistenartig dokumentierten Informationen als Grundlage für die Kalkulationen der Unternehmen können als Anforderungsgrundlage an die Planungsergebnisse interpretiert werden. Ein Informationsbestandteil in den Leistungsbeschreibungen ist z. B. „Maße der Altrohre“ (Kap. 0.1.1 DIN 18326).

des Liners (Liner-Aufbau) beeinflusst. Liner-Trägermaterialien können beispielsweise vernäht (z. B. Aarlseff, Diringer & Scheidel, SAERTEX), gewickelt (z. B. Brandenburger, RELINEEUROPE) oder gelegt (z. B. BKB, IMPREG) hergestellt werden.

Dehnverhalten

Das Dehnverhalten der einzelnen Liner unterscheidet sich teils erheblich. Dieses ist material- und aufbautechnisch unterschiedlich und teilweise von der Art des Rohrprofils und der Abmessung/Größe abhängig.

Liner werden grundsätzlich mit einem gewissen Untermaß konfektioniert (M-Zustand), um im Zuge der Installation (Innendruckaufbau zum Aufstellen) eine hinreichende Laminatverdichtung (Streckung durch Zug im Liner-Umfang) zu erreichen. Hierdurch werden Restluftporen aus dem Laminat nach außen gepresst und Faltenbereiche (durch Lagerung und Transport in Kisten entstanden) hinreichend gestreckt.



VOCET Ingenieure, Kappelrodeck

Abb. 1 – Verkürzter Liner durch Reaktionsschrumpf

Das Dehnverhalten hängt, neben den materialtechnologischen Faktoren, wesentlich mit der korrekten Abfolge von Innendruckstufen und Verweilzeiten zum Aufstellen und Strecken in Umfangsrichtung während der Installation zusammen (Vorgaben in den Systemhandbüchern). Das von den Herstellern zugrunde gelegte Grunddehnverhalten und die Installationsvorgaben (Druckstufen/Verweilzeiten) orientieren sich z. B. an den in den Rohrnormen genannten zulässigen Durchmesserwerttoleranzwerten. Hierbei gilt zu berücksichtigen, dass – soweit zulässige Fertigungstoleranzen in der Frühzeit der Bauteilnormung bereits geregelt waren – die damals zulässigen Werte größer waren, als dies heute der Fall ist.

Schlauchliner können seitens der Hersteller grundsätzlich in allen (Zwischen-)Größen produziert werden. Herstellungstechnische Herausforderungen sind hier gegebenenfalls Sondermaßbestellungen (z. B. vernähtes Trägermaterial, temporäre Innenfolien) und die Umrüstzeiten der Produktionsanlagen bei vielen Einzelmaßen.

In Kenntnis der realen Umfangsmaße des Altkanals werden bei Sonderfällen seitens des Herstellers (bei Verwendung von mit Druckluft aufzustellenden Liner-Systemen) an den Anwender fallspezifische Einbaubedingungen vorgegeben (Aufstellzeiten und Druckstufen). Die Kenntnis der realen Profilmaßumfänge ist für die Grundauswahl und die Konfektionierung der Liner somit eine wesentliche Voraussetzung, um einen passenden, quasi „maßgeschneiderten“ Liner produzieren zu können.

Das technische Regelwerk sieht im DWA-M 144-3 (Kap. 6.2.8) [13] eine Kalibrierung des gesamten zu renovierenden Kanals („Besondere Leistung“) vor. Das bloße Messen an den Schächten („Nebenleistung“) hat sich indessen am Markt als Standard etabliert. Ohne besondere Vorgabe des Auftraggebers erfolgt regelmäßig nur eine örtliche Messung an den Rohrenden.

Können sich Liner bei der Installation – infolge real größerer Nennweiten als angenommen bzw. an den Rohrmündungen gemessen (vgl. hierzu Abschnitt „Ist drin, was draufsteht?“) und den gegebenen inneren Dehnmöglichkeiten – nicht umfänglich an die Rohrwand anlegen, entsteht ein größerer Ringspalt als in der statischen Berechnung standardmäßig angenommen. Hiermit einhergehend entsteht eine übermäßige Laminatverdichtung und daraus resultierend eine durch Harzauspressung

gebildete Reinharzschicht an der Liner-Außenseite (wiederkehrend zu beobachtende Situation an Materialprüfstücken). In diesen Fällen steigt der ermittelte E-Modul gegenüber den in der Eignungsprüfung nachgewiesenen Werten teils drastisch an, was geflissentlich als „besonders tolles Ergebnis“ fehlinterpretiert wird. Tatsächlich entsprechen solche Liner-Ergebnisse nicht mehr der DIBt-Zulassung. Die übermäßige Laminatverdichtung kann in Abhängigkeit von der realen Belastungssituation zur Überlastung des Liners im Verlauf der Nutzungsdauer führen.

Der Ringspalt kann nicht ohne größeren Aufwand und in der Regel nicht zerstörungsfrei gemessen werden. Hinzu kommt, dass ein Ringspalt optisch normalerweise nicht direkt wahrnehmbar ist. Insofern werden größere Ringspalte als statisch berücksichtigt regelmäßig nicht verifiziert.

Eine Abfrage des Dehnverhaltens für die gängigen Schlauchliner-Systeme bei den Herstellern erbrachte folgendes Ergebnis:

- DN 300: Standarddehnung: 2 bis 20 %,
Maximaldehnung: 4 bis 25 %
- DN 1200: Standarddehnung: 4 bis 15 %,
Maximaldehnung: 4 bis 20 %

Als Basis der Informationen wurden „Erfahrungswerte“ und vereinzelt „Messreihen“ angegeben. Die Eigenerklärungen zeigen, dass hinsichtlich der Dehnfähigkeit für Kreisprofile (Sonderprofile waren nicht abgefragt) enorme Unterschiede zwischen den verschiedenen Liner-Typen bestehen.

Das Dehnverhalten bei Sonderprofilen kann hiervon deutlich abweichen. Die gegebenenfalls ungünstigeren Profilproportionen (z. B. Eiprofil) können das Aufstellen (Aufweiten mit Druckluft) der Liner im Altkanal, durch z. B. erhöhte Reibungskräfte entlang der steilen Seitenflanken, behindern.

Das real mögliche Dehnverhalten der einzelnen Liner-Produkte ist (z. B. als Grenzwert) in der Eignungsprüfung und Produktzulassung (z. B. DIBt-Zulassung) bislang nicht definiert. Mit Blick auf die vorliegenden Eigenerklärungen der Hersteller variiert das Dehnverhalten in erheblichem Maß und steht u. a. in Abhängigkeit folgender Kriterien:

- Liner-Aufbau/Trägeraufbau: z. B. vernäht, gewickelt, gelegt
- Liner-Aufbau/Trägermaterial: z. B. Synthesefaser, Glasfaser
- Profilform
- Profilmaße (Umfang)
- Wanddickenbereiche
- Installationsvorgaben (Druck, Zeit)

Die Eigenerklärungen stellen für planerische Zwecke keine hinreichend belastbare Grundlage dar. Hier gilt es für die Zukunft, im Sinne einer Ergänzung der Eignungsnachweise, Messreihen zum Nachweis des realen Dehnverhaltens der Liner-Typen durchzuführen und in den Zulassungen zu verankern.

Materialeigenschaften

Materialschrumpf

Durch den Reaktions- und Temperaturschrumpf neigt jeder Liner dazu, sich nach dem Härtingsprozess zusammenzuziehen (Abb. 1). Dass sich Liner im Nachgang zur Installation längenmäßig verändern können, ist insbesondere bei Synthesefaserlinern mit thermischer Härtung ein bekanntes Phänomen. Aus diesem Grund werden bei diesen Systemen im Falle größerer Wanddicken und Installationslängen Entlastungsschnitte an den Zwischenschächten vorgesehen.

In Abhängigkeit der Beschaffenheit der Rohrwandoberflächen (vorhandene Versätze und Ausprägung von Unebenheiten) ent-

steht ein mehr oder weniger guter Formschluss zwischen Liner und Altrohr, trotz generell entstehenden Ringspalts. Im Falle eines guten Formschlusses (starke Oberflächenunebenheiten und Verkrallungsmöglichkeiten des Liners mit dem Altrohr) verteilen sich die möglichen und regelmäßig entstehenden Spannungen über die Liner-Länge, ohne die Ausprägung von kritischen Spannungsspitzen. Bei glatten Oberflächen (ohne nennenswerte Verkrallung des Liners mit dem Altrohr) konzentrieren sich mögliche Spannungen auf die Anbindungsbereiche (z. B. Schächte, Zuläufe). Oft wird in der Folge ein Abreißen und gegebenenfalls Verschieben der Anbindungsbereiche erkennbar.

Materialquellen

Dass Liner-Material quillt, ist ein bislang eher selten wahrnehmbares Phänomen. Im Falle zweier Gewährleistungsüberprüfungen in den Jahren 2016 und 2017 wurde indessen deutlich, dass sich Liner verlängern können, auch wenn dies kaum vorstellbar ist und sicherlich das Zusammentreffen verschiedener Sachverhalte erfordert (Abb. 2 & 3).

Im ersten Fall handelte es sich um zwei Haltungen kleiner Nennweiten DN 200 (Länge: 42 m) und DN 250 (Länge: 74 m). Im zweiten Fall handelte es sich um sechs Haltungen im Eiprofil 600/900 (Längen: 23 bis 69 m). In beiden Fällen erfolgte die Renovierung der Kanäle mit GFK-Linern (UV-Lichthärtung).

Im Fall des DN 250 erfolgte das „Liner-Wachstum“ einseitig: Die Anbindung am Anfangsschacht- und an den Zulaufanbindungen bis ca. 35 m ist unbeschädigt, das Liner-Ende ragt am Endschacht um ca. 4 cm in den Schacht hinein. In allen anderen Fällen zeigt sich das Liner-Wachstum beidseitig: Liner-Enden ragen jeweils 3 bis 5 cm in die Schächte hinein. Die zunächst mit Epoxidharz angebundenen Liner (Schächte und Zuläufe) sind vollständig abgerissen und verschoben.

Thermische Einflüsse aus dem Kanalbetrieb als Ursache für das Liner-Wachstum konnten grundsätzlich ausgeschlossen werden. Die Prüfergebnisse an neu entnommenen Probestücken dokumentierten, dass die standsicherheitsrelevanten Materialkennwerte gegenüber der Abnahmeprüfung keine vertragsrelevanten Auffälligkeiten zeigen. Aus planerischer Sicht stellt sich die Frage, was die Ursachen dafür sind, dass sich das Liner-Wachstum in dieser eklatanten Weise entwickeln konnte. Eine weitergehende Prüfung zeigte indessen, dass offensichtlich die Wasseraufnahme in die vollständig ausgehärtete Harzmatrix hinein eine Rolle spielt. Ein Vergleich der Wasseraufnahme an verfügbaren Probestücken anderer GFK-Liner-Systeme lässt

erkennen, dass sich alle beprobten GFK-Produkte (ohne dauerhafte PE-Kaschierung) grundsätzlich ähnlich verhalten. Insofern ist das Phänomen bei allen Systemen vergleichbarer Material- und Aufbauspezifikation praktisch gleichermaßen gegeben. Es stellt sich zudem die Frage, weshalb dieses Phänomen am Markt augenscheinlich nahezu unbekannt ist. Eine Erklärungsmöglichkeit liegt in der Vermutung, dass die betroffenen Liner keinen Formschluss zum Altkanal aufweisen (nennenswerter Ringspalt) und sich das Quellen in Längsrichtung (bis auf den Fall DN 250 einseitig) weitgehend ungehindert entwickeln konnte (vgl. hierzu Abschnitt „Ist drin, was draufsteht?“).

So wie der Materialschrumpf bei den thermisch gehärteten Synthesefaserlinern über die Rohrwandung mechanisch abge-

» Falten und Ringspalte sind als Baumängel vermeidbar. «

tragen und somit verhindert oder minimiert wird, dürfte im Regelfall das Längsquellen ebenfalls über die Rohrwandungen abgefangen werden. Hierzu mögen gegebenenfalls schon einzelne, über die Kanalstrecke verteilte Muffenversätze o. Ä. ausreichend sein.

Hydrolysebeständigkeit der Harze

Im Kontext des offenbar stattfindenden, aber selten wahrgenommenen Phänomens „Materialquellen“ gilt es die Grundeignung der verwendeten Harze zu beleuchten. In Deutschland wurden im Verlauf der Einführung und Etablierung der Schlauchlining-Technologie primär „hydrolysebeständige“ Harze (z. B. ungesättigtes Polyesterharz – UP-Harz – auf Basis von Isophthalsäure-Neopentylglykol – ISO-NPG – oder Orthophthalsäure-Neopentylglykol – ORTHO-NPG) verwendet. Diese Harze der Gruppe 4 (gemäß DIN EN 13121 [15]) bildeten auch die Grundlage der nachfolgenden Eignungsprüfungen und Produktzulassungen. Aus diesem Grund wurde entgegen den Regelungen der damaligen DIN EN 13566-4:2003 [16] in Deutschland darauf verzichtet, die Prüfung der Materialkennwerte und der Produkteignung unter „feuchten Bedingungen“ (Anhang D) durchzuführen.

Eine verlässliche Aussage im Sinne „Bestandteil der Eignungsprüfung: Angabe einer gegebenenfalls zu limitierenden zulässigen Wasseraufnahme“ ist somit für die heutigen Produkte nicht



Abb. 2 – Verlängerter Liner EI 600_900_1



Abb. 3 – Verlängerter Liner DN 250

gegeben. Materialtechnologisch ist dabei zu berücksichtigen, dass Liner, bei denen eine Vernetzung der Harzmatrix im unteren Bereich der Mindestanforderungen festgestellt wird, stärker zur Wasseraufnahme neigen. Dies lässt im Betrieb eine deutliche Abminderung der Eigenschaften nicht ausschließen. Es stellt sich somit die Frage, ob dauerhaft auf eine Eignungsprüfung der Produkte unter realen Betriebsbedingungen (feuchte Umgebung) tatsächlich verzichtet werden kann bzw. sollte.

Sanierungsergebnisse: Renovierung mit Schlauchlining Sichtbare Innenfalten

Wir kennen aus der (negativen) Erfahrung heraus den schon eher normal erscheinenden Fall der Faltenbildung/Oberflächenunebenheiten. Dies ist zwar nicht hübsch, aber selbst die DIN EN ISO 11296-4 (Kap. 8.2) und das DWA-Regelwerk berücksichtigt diesen „Fall“ im Sinne „zulässiger Toleranzen“ hinsichtlich der Faltenbildung (in eher geraden Kanalstrecken zu akzeptieren: 6 mm oder 2 % des Nenndurchmessers, der größere Wert gilt als „zulässige“ Faltenhöhe).

Hinsichtlich der hier zur Diskussion gestellten Frage der Auswirkungen von Maßabweichungen im Altbestand sind die Umfangmaße von entscheidender Bedeutung. Insofern sind in diesem Kontext primär in Längsrichtung orientierte Falten (Materialüberschuss Liner) von Bedeutung (Abb. 4 & 5). Hierzu im Folgenden ein vereinfachtes theoretisches Rechenbeispiel: Kanal DN 400

renoviert, entstandene Längsfaltenhöhe 8 mm (=2 %*DN), Annahme: Die zur Faltenhöhe beitragende Laminatelänge beträgt 20 mm (2*8 mm zzgl. 4 mm für Krümmungsbereiche). Eine solche Falte entsteht theoretisch schon im Fall eines DN 400-Rohres, welches einen realen Innendurchmesser von nur etwa 394 mm aufweist (Liner-Konfektion mit planmäßigem Untermaß bleibt an dieser Stelle unberücksichtigt). Dieses Innenmaß entspricht einer Nominalmaßabweichung von 1,5 % (vgl. Abschnitt „Maßhaltigkeit der Produktion“).

Es wird an diesem exemplarischen Rechenbeispiel deutlich: Die Ursache einer solchen Falte ist ein kleineres Innenmaß als in den Bestandsdaten des Netzbetreibers dokumentiert. Mit Blick auf die Feststellungen im später folgenden Abschnitt „Maßhaltigkeit der Produktion“ wird deutlich, dass eine solche Abweichung deutlich innerhalb zulässiger Toleranzwerte bei Neurohren liegt (ca. 4 % zulässige Abweichung vom Nominalmaß).

Sichtbar verkürzte/verschobene Liner

Des Kunden/Planers liebstes Ergebnis sind Schlauchliner, die so perfekt aussehen wie im Herstellerprospekt. Wenn wir bei der Abnahmeprüfung Ergebnisse wahrnehmen, die aussehen wie im Prospekt, sind diese fachlich indessen „suspekt“! Es müssen sich zwangsläufig Fragen auftun:

- Liegt dieser Liner tatsächlich an der Rohrwand voll umfänglich an (Abb. 6 & 7)?



Abb. 4 – Längsfalte im Scheitel



Abb. 5 – Längsfalte in der Sohle und am Umfang

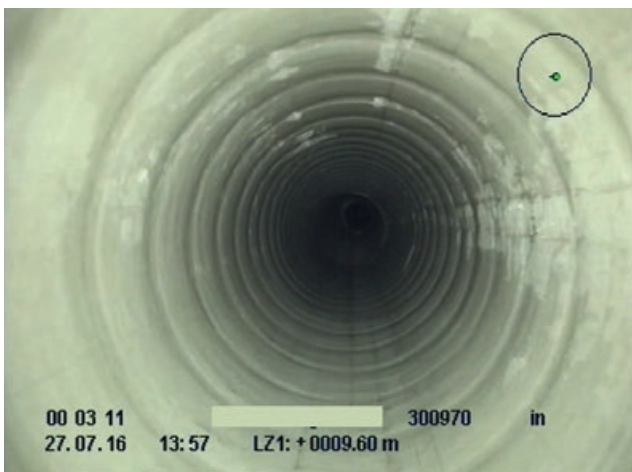


Abb. 6 & 7 – Vermutlich nicht anliegende Liner (links: gewickelt)



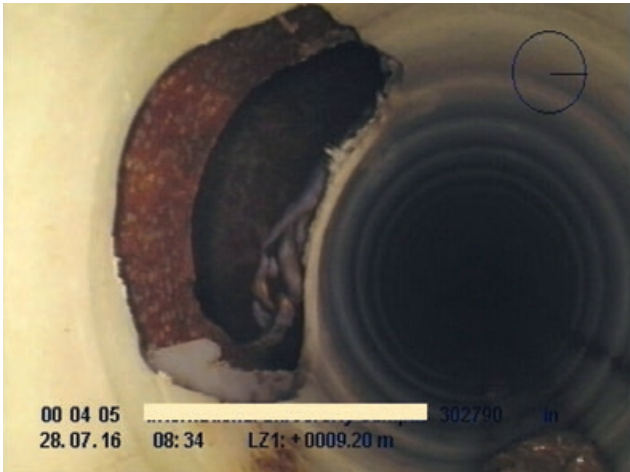


Abb. 8 – Verschobene Zulauföffnung

- War die zu sanierende Kanalwandung auch so hübsch glatt und ohne jegliche Versätze bzw. Auswinkelungen an Rohrverbindungen, Ausbrüche usw.?
- Ist der Liner im Altkanal durch umfängliches Anliegen hinreichend fixiert (Formschluss)?

Abgerissene Anbindungen

Mit zum Kleben vorgesehenen Materialien angebundene Schächte und/oder Seitenanschlüsse zeigen sich im Verlauf der Verjährungsfrist für Mängelansprüche und danach wiederkehrend als nicht dauerhaft (Abb. 8 & 9). Die Erfahrung zeigt, dass die Häufigkeit von Anbindungsdefekten in der Langzeitbetrachtung grundsätzlich unabhängig des Liner-Systems ist.

Es kann in Wahrnehmung der bisher beleuchteten Sachverhalte vermutet werden, dass die Abrisse im Wesentlichen durch Bewegungspotenziale des Liners (vorhandener Ringspalt, Liner nicht hinreichend im Altkanal fixiert, wiederkehrende Be-/Entlastungen durch wechselnde Grundwasserstände, temporäre thermische Belastungen) entstehen.

Ist drin, was draufsteht?

Herkunft der Maßangaben in der Bestandsdokumentation

Wir verlassen uns heute regelmäßig auf die Nominalangaben der Bestandsdokumentation (z. B. DN 400, Ei 600/900). In die Bestandsdokumentation bzw. die Kanaldatenbanken fanden die Maßangaben meist durch Übernahme der Informationen aus Bauplänen/-akten oder aus der Messung der Rohrenden an Schächten im Zuge der späteren optischen Inspektion Einzug. Eine Übernahme der gegebenenfalls korrekt gemessenen Rohrinne Maße (z. B. CUS-Technik, Bodemann GmbH) findet üblicherweise nicht statt. Es finden sich regelmäßig keine nichtgerundeten Maßangaben in den Bestandsdaten. Wird beim Messen vor Ort ein Maß von z. B. 395 mm oder 412 mm festgestellt, wurde und wird dieses als DN 400 dokumentiert. Möglicherweise korrekt gemessene Werte werden nachträglich durch Rundung verfälscht.

Maßhaltigkeit der Produktion

Zulässige Grenzabmaße der Innendurchmesser sind grundsätzlich in DIN EN 476 [17] festgelegt. In der dortigen Tabelle (Tab. 1) wird deutlich, dass auch heute nennenswerte Maßabweichungen zulässig sind. Bei Betrachtung der „Grenzabmaße von einzelnen Innendurchmessern“ in dieser Tabelle sind extreme zulässige Toleranzen festzustellen.



Abb. 9 – Abgerissene EP-Harzanbindung

Somit wird deutlich: Es ist nicht immer „drin“, was „drauf“ steht. Die zulässigen Grenzabmaße kleiner als Nominalmaß können bereits zu Falten führen, die über die dortigen Regelfestsetzungen zulässiger Toleranzen hinausgehen (vgl. Abschnitt „Sichtbare Innenfalten“).

Die Erfahrung zeigt, dass gerade die Kanalrohre/-strecken älterer Baujahre fertigungsspezifisch mehr oder weniger große Maßtoleranzen aufweisen. Augenscheinlich spielt das verwendete Rohrmaterial (Beton, Steinzeug, Mauerwerk) hierbei keine entscheidende Rolle. Zuletzt konnte der Autor bei einer Profilmäßbestimmung in einem Mischwassersammler DN 500 STZ, Bauzeit frühe 1970er-Jahre, reale Innenmaße zwischen 512 und 548 mm im rund 360 m langen Kanalstrang feststellen. Der daran anschließende Kanal DN 400 STZ mit einer Länge von etwa 30 m wies Innenmaße von 424 bis 443 mm auf.

Die Maßtoleranzen bei älteren Betonrohren sind ebenfalls signifikant. Gerade bei den im Schleuderbetonverfahren hergestellten Rohren spielte die Menge des von Rohr zu Rohr in die rotierende Schalung eingegebene Betonmenge eine innenmaßbestimmende Rolle. Dass bei gemauerten Kanalprofilen Maßtoleranzen entstehen können, erschließt sich gegebenenfalls noch am ehesten. Fakt ist, dass von Rohr zu Rohr, von Bauabschnitt zu Bauabschnitt, unterschiedlich stark variierende Innenmaße vorliegen können und auch real vorliegen.

Maßhaltigkeit bei Teilauswechslung

Auf die Maßbesonderheit bei der heute verbreiteten Verwendung von Kunststoffrohren wird an dieser Stelle nur grundsätz-

Tabelle 1 – Maximale Grenzabmaße für Innendurchmesser

Nennweite	Schwerkraftsysteme sowie hydraulisch und pneumatisch betriebliche Drucksysteme	
	Grenzabmaße von mittleren Innendurchmessern [mm]	Grenzabmaße von einzelnen Innendurchmessern [mm]
DN ≤ 100	± 0,05 x DN	± 0,1 x DN
100 < DN ≤ 250	± 5	± 10
250 < DN ≤ 600	± 0,02 x DN	± 0,04 x DN
DN > 600	± 15	± 30

Anmerkung: DN kann entweder für DN/ID oder für DN/OD angewendet werden.

VOGEL Ingenieure, Kappelrodeck

Tabelle 3 aus DIN EN 476:2011 [17]

lich verwiesen. Im Kunststoffbereich wird primär am Außendurchmesser orientiert (DA) produziert. In Abhängigkeit der SN-Klassen und der hiermit in Verbindung stehenden Wanddicken ergibt sich der reale Innendurchmesser regelmäßig kleiner als nominal interpretiert (z. B. PVC-U, SN 16-Rohre: DN/OD 250 → DI = 231 mm, DN/OD 400 DI = 370 mm). In den Beispielen entsteht in etwa ein „Untermaß“ zum Nominalwert von 7,5 %.

Dieser Sachverhalt hat auch und gerade bei punktuellm Rohraustausch im Altbestand eine besondere Bedeutung. Wird in eine Bestandskanalstrecke DN 400 STZ nun in einer Teilstrecke von z. B. 3 m unbedachterweise ein Standard-Kunststoffrohr als Ersatzmaterial eingebaut, können signifikante Innenmaßdifferenzen entstehen. Im fiktiven Fall der genannten Beispiele (gemessen 512 bis 548): z. B. 430 mm – 370 mm = 60 mm. Eine solche „Engstelle“ bleibt bei einer Renovierung mit Schlauchlining Jahre später nicht ohne Faltenbildung mit allen negativen Konsequenzen (sofern nicht eine Sonderkonfektionierung vorgesehen wird, welche die Kenntnis der konkreten Situation voraussetzt), Close-Fit-Liner scheiden in solchen Fällen grundsätzlich aus bzw. werden nicht zu einer erfolgreichen Abnahme führen können.

Folgen größerer Ringspalte als statisch angenommen

Neben den im früheren Abschnitt „Sichtbare Innenfalten“ beschriebenen potenziellen Folgen während des Kanalbetriebs/ der Nutzungsdauer des Liners ist insbesondere die statische Betrachtung – gerade bei einer Lage der zu sanierenden Kanälen im Grundwasser (temporär oder dauerhaft) – ein hervorgehobener Betrachtungsaspekt.

Durch den chemischen Reaktionsschrumpf bei der Härtung (vgl. Abschnitt „Materialschrumpf“) und die Tatsache, dass die Schlauchliner mit Preliner/Außenschutzfolie (ohne Klebeverbindung zum Altrrohr) installiert werden, entsteht generell ein Ringspalt. Als Grundwert für den Ringspalt wird im Rechenmodell DWA-A 143-2 [13] eine Rechengröße von ≤ 0,5 % des Liner-Radius grundsätzlich verwendet. Müsste dieser im konkreten Installationsfall größer erwartet und in der Berechnung angenommen werden, wäre er in der statischen Berechnung der erforderlichen Liner-Wanddicke entsprechend zu berücksichtigen. In einem solchen Fall könnten z. B. die in DWA-M 144-3 [12] enthaltenen Regelstatiken nicht mehr verwendet werden.

Größere Ringspalte können, wie bereits beschrieben, entstehen, wenn die realen Rohrrinnenmaße stärker vom Nominalmaß abweichen, als der einzubauende Liner unter den gegebenen

Tabelle 2 – Musterberechnung DN 600, mit 3 % Ovalisierung

DN 600				Abweichungen		Abweichungen	
Imperfektionen				erhöhter Ringspalt		erhöhter Ringspalt	
örtl. Vorverformung	%		2,0				
Ovalisierung	%		3,0				
Ringspalt bezogen auf Linerradius	%		0,5				
<i>Ringspalt bezogen auf Linerradius</i>	<i>mm</i>		1,50				
Materialkenngruppe 3							
Wasseraußendruck	mWs		1,5	1,10	0,74	73,3%	49,3%
erf. Verbundwanddicke	mm		7,3	8,00	9,30	109,6%	127,4%
Wasseraußendruck	mWs		3,0	2,47	1,75	82,3%	58,3%
erf. Verbundwanddicke	mm		9,8	10,70	11,90	109,2%	121,4%
Wasseraußendruck	mWs		5,0	4,37	3,45	87,4%	69,0%
erf. Verbundwanddicke	mm		12,6	13,50	14,60	107,1%	115,9%
Materialkenngruppe 19							
Wasseraußendruck	mWs		1,5	0,71	0,46	47,3%	30,7%
erf. Verbundwanddicke	mm		3,7	4,70	5,20	127,0%	140,5%
Wasseraußendruck	mWs		3,0	1,47	0,97	49,0%	32,3%
erf. Verbundwanddicke	mm		4,6	5,70	6,40	123,9%	139,1%
Wasseraußendruck	mWs		5,0	2,54	1,75	50,8%	35,0%
erf. Verbundwanddicke	mm		5,4	6,70	7,60	124,1%	140,7%
Materialkenngruppe 23							
Wasseraußendruck	mWs		1,5	0,74	0,50	49,3%	33,3%
erf. Verbundwanddicke	mm		3,2	4,10	4,60	128,1%	143,8%
Wasseraußendruck	mWs		3,0	1,35	0,88	45,0%	29,3%
erf. Verbundwanddicke	mm		3,9	5,00	5,50	128,2%	141,0%
Wasseraußendruck	mWs		5,0	2,35	1,57	47,0%	31,4%
erf. Verbundwanddicke	mm		4,6	5,80	6,50	126,1%	141,3%

Einbaubedingungen sich zu dehnen in der Lage ist. Im Zuge einer von Fred Hüpers durchgeführten Reihe von Modellrechnungen für verschiedene Nennweiten und Ausgangsannahmen konnten auf den ersten Blick überraschende Ergebnisse festgestellt werden (Tab. 2 & 3). Die Berechnungen erfolgten mit der als allgemein anerkannte Regel der Technik geltenden und eingeführten Methodik des DWA-A 143-2 [13]. Die Quintessenz aus den Musterberechnungen lässt folgende Schlüsse zu:

- Falsche Ringspaltannahmen lassen sich bei kleinen Rohrprofilen bis zu einem gewissen Grad über die geforderte Mindestwanddicke von 3,0 mm ausgleichen (insbesondere bei Verwendung von GFK-Linern). Bei größeren Rohrprofilen bestehen indessen insgesamt erhebliche Standsicherheitsrisiken (Vergleichsrechnung wurden auch für andere Nennweiten durchgeführt).
- Bei zunehmenden Ringspaltgrößen erfordern GFK-Liner im Vergleich zu Synthefaserlinern prozentual größere Wandmehrdicken. Grund hierfür ist das typische, unausgewogene Verhältnis von E-Modul und Biegefestigkeit bei GFK-Linern.
- Im Falle größerer Ovalisierungen und/oder größerer Grundwasseraußendrucke wirkt sich ein größerer Ringspalt nicht zusätzlich verstärkend aus.

- Die Ringspaltgröße dominiert das Ergebnis der Berechnungen im Vergleich mit den weiteren Berechnungsgrößen Ovalisierung bzw. Wasseraußendruck.
- In Eiprofilen konnten mit dem für die Berechnungen verwendeten Stabwerksprogramm bei Ringspalten > 1 % nicht in jedem Fall verwertbare, plausible Ergebnisse erzielt werden.

Risiken fehlender Profilmäßbestimmung

In Kenntnis der real vorliegenden Profilmäße im Sanierungsabschnitt ist es grundsätzlich möglich, eine darauf abgestimmte Liner-Konfektionierung vorzunehmen. In Unkenntnis der realen Profilmäße ist diese Möglichkeit verwirkt (bei Schlauchlinern ist insbesondere die Varianz der im Streckenverlauf vorliegenden Umfangsmaße entscheidend). Es entstehen unterschiedliche Risikoszenarien:

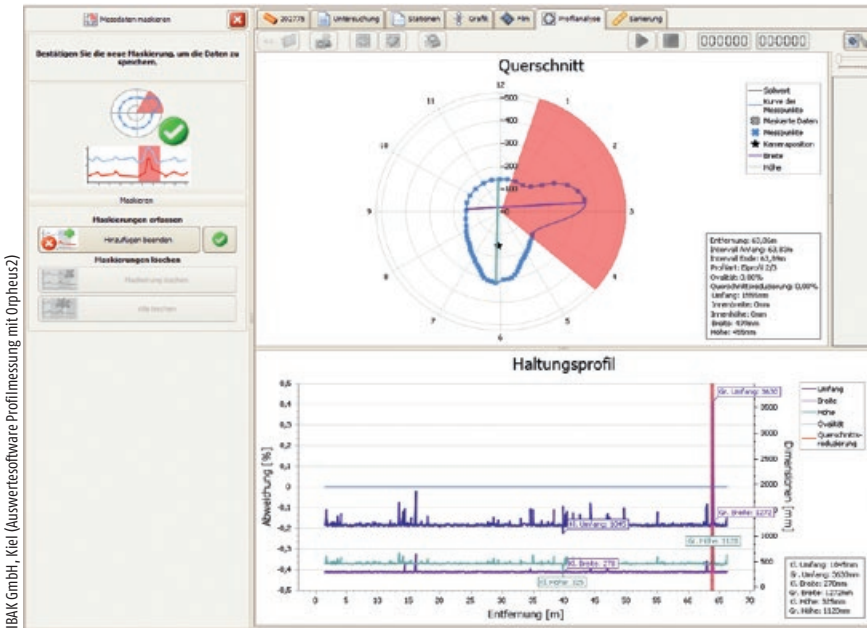
Fall 1: Kanalprofil hat geringeren Umfang als angenommen

- Faltenbildung (längs, quer, komplex)
- Unvollständige Härtung des Laminats im Faltenbereich (insbesondere bei UV-Lichthärtung) [18]
- Lokale Undichtigkeiten im Faltenbereich durch fehlende Laminatstreckung

Tabelle 3 – Musterberechnung DN 600, mit 5 % Ovalisierung

DN 600				Abweichungen		Abweichungen	
Imperfektionen				erhöhter Ringspalt		erhöhter Ringspalt	
örtl. Vorverformung	%		2,0				
Ovalisierung	%		5,0				
Ringspalt bezogen auf Linerradius	%		0,5				
Ringspalt bezogen auf Linerradius	mm		0,74				
Materialkenngruppe 3				nominal		relativ	
Wasseraußendruck	mWs		1,5	1,0	2,0	1,0	2,0
erf. Verbundwanddicke	mm		7,8	1,50	3,00	3,00	6,00
Wasseraußendruck	mWs		3,0	1,18	0,75	78,7%	50,0%
erf. Verbundwanddicke	mm		10,5	8,4	9,9	107,7%	126,9%
Wasseraußendruck	mWs		5,0	2,47	1,79	82,3%	59,7%
erf. Verbundwanddicke	mm		13,4	11,4	12,6	108,6%	120,0%
Wasseraußendruck	mWs		1,5	4,34	3,53	86,8%	70,6%
erf. Verbundwanddicke	mm		3,9	14,4	15,4	107,5%	114,9%
Materialkenngruppe 19							
Wasseraußendruck	mWs		1,5	0,65	0,42	43,3%	28,0%
erf. Verbundwanddicke	mm		3,9	5,0	5,5	128,2%	141,0%
Wasseraußendruck	mWs		3,0	1,40	0,97	46,7%	32,3%
erf. Verbundwanddicke	mm		4,9	6,1	6,8	124,5%	138,8%
Wasseraußendruck	mWs		5,0	2,46	1,72	49,2%	34,4%
erf. Verbundwanddicke	mm		5,7	7,1	8,2	124,6%	143,9%
Materialkenngruppe 23							
Wasseraußendruck	mWs		1,5	0,63	0,42	42,0%	28,0%
erf. Verbundwanddicke	mm		3,3	4,4	4,9	133,3%	148,5%
Wasseraußendruck	mWs		3,0	1,35	0,89	45,0%	29,7%
erf. Verbundwanddicke	mm		4,2	5,3	5,9	126,2%	140,5%
Wasseraußendruck	mWs		5,0	2,33	1,58	46,6%	31,6%
erf. Verbundwanddicke	mm		4,9	6,1	6,7	124,5%	136,7%

Fred Hüpers



IBAK GmbH, Kiel (Auswertesoftware Profilmessung mit Orpheus2)

Abb. 10 – Korrekturforderungen: Irrelevante Messdaten/Profilmessung im Zulaufbereich

- Betriebsbeeinträchtigungen in Abhängigkeit der Profilgröße und der Faltenlage und -ausprägung (z. B. Passierbarkeit von Faltenbereichen mit Arbeitsgeräten in kleinen Nennweiten)
- Vorzeitiger, verstärkter punktueller Verschleiß des Liners in Abhängigkeit von Faltenlage im Umfang und deren Ausprägung

Fall 2: Kanalprofil hat größeren Umfang als angenommen

- Liner erhält eine optisch ideale Oberflächenbeschaffenheit durch Nichtanliegen im Rohrwandumfang (Ringspalt)
- Liner kann sich infolge begrenzten Dehnvermögens in Abhängigkeit des eingesetzten Produkts gegebenenfalls nicht vollständig an die Rohrwand anlegen (Ringspalt)
- Liner kann sich mangels ausreichender Aufstellzeiten und -drücken nicht vollständig anlegen (im produktspezifischen Fall eines an sich hinreichend dehnfähigen Produkts, durch nicht auf den Sonderanwendungsfall abgestimmten Installationsprozess)
- Harzauspressungen an der Liner-Außenseite während der Installation führen zu einer Veränderung der Liner-Konstruktion (erhöhter Glasanteil bei gleichzeitig fehlendem Harz) mit unklaren Auswirkungen auf die Liner-Standsicherheit und -nutzungsdauer. Hierdurch entstehen gegenüber den Eignungsnachweisen und der DIBt-Zulassung deutlich erhöhte Materialkennwerte mit potenziell negativen Auswirkungen.
- Womöglich nicht unmittelbar feststellbare Folienrisse bei Liner-Überdehnung können zu mangelhaftem Sanierungsergebnis führen (nach Härtung, bei der Abnahme gegebenenfalls feststellbar)
- Gegebenenfalls reduzierte Liner-Wanddicken
- Auswirkungen auf die Liner-Langzeitstandsicherheit (verändertes Beul-/Verformungsverhalten) unter anstehendem Grundwasser durch eine unzureichende statische Dimensionierung infolge falsch angesetztem Ringspalt
- Liner können sich verkürzen, verschieben (wandern) oder verlängern; in diesen Fällen können Schacht- und Anschlussverbindungen (mit zur Klebung vorgesehenen Materialien hergestellt) im Verlauf der Nutzungsdauer des Liners wiederkehrend abreißen und Folgekosten verursachen

Fall 3: Kanalprofil hat stark unterschiedliche Umfangsmaße im Streckenverlauf

Sowohl Falten als auch überhöhte Ringspalte können je nach Wahl des Liner-Produkts (real gegebenes, nicht näher bestimmtes Dehnverhalten) im Streckenverlauf eine Kombination aus beiden vorgenannten Fällen erzielen.

Durch den Verzicht auf eine Profilmäßbestimmung können erhebliche Risiken für die Sanierungslösung hinsichtlich der technischen Nutzungsdauer entstehen. Die Folgekosten dürften die Kosten einer sachgerechten Sanierungsvorbereitung bei Weitem übersteigen.

Profilmäßbestimmung, verfügbare Messverfahren, Datenverwaltung

In Kenntnis der real vorliegenden Profilmäße im Sanierungsabschnitt und der dargestellten Auswirkungen fehl-

konfektionierter Schlauchliner ist es grundsätzlich möglich und geboten, eine darauf abgestimmte Umfangsbestimmung als Basis der Liner-Konfektionierung vorzunehmen.

Der Profilmäßbestimmung muss künftig ein genereller Stellenwert beigemessen werden. Idealerweise sollten objektweise (z. B. je Haltung) folgende Informationen in der Kanaldatenbank verfügbar gemacht werden:

- Profilmäße nominal (z. B. DN 400)
- reale Mindest-Profilmäße (in mm, nicht weiter gerundet)
- reale Maximal-Profilmäße (in mm, nicht weiter gerundet)
- reale mittlere Profilmäße (in mm, nicht weiter gerundet)

Sachbezogen ist zu empfehlen, bestehende Ovalitäten – welche durch die Sanierung nicht beseitigt werden – ebenfalls zu dokumentieren. Die Kennmaße sollten nach der Renovierung (= Bestandsinformation für die Zukunft) erneut erfasst und dokumentiert werden.

Zur Profilmäßbestimmung werden bislang unterschiedliche Verfahren verschiedener Hersteller genutzt bzw. am Markt angeboten. Es bestehen hierbei erhebliche Unterschiede in der Einsatzmöglichkeit, der Aussagekraft, der Inhaltsdichte und der verwendeten Berechnungsalgorithmen, beispielsweise zur Bestimmung der Werte (Ovalität/Ovalisierung), welche Relevanz für die statische Dimensionierung nach DWA-A 143-2 [13] haben. Für nicht kreisrunde Kanäle im nichtbegehbaren Nennweitenbereich stehen – nach eigener Wahrnehmung – aktuell nur Sonderlösungen (z. B. BKS-PSCAN V2, Bodemann) oder in der Einführung befindliche Neuentwicklungen (z. B. Orpheus2, IBAK GmbH) zur Verfügung (Abb. 10).

Bei den bislang in kreisrunden Kanälen, im nichtbegehbaren Bereich einsetzbaren Technologien sieht sich aktuell nicht jeder am Markt agierende Hersteller in der Pflicht oder dazu bereit, die verwendete Mess- und Dokumentations-/Berechnungsmethodik zur Prüfung der Ergebnisseignung offenzulegen. Interessanterweise gelingt gerade in diesen „Black-Box-Fällen“ eine Verifizierung der Messergebnisse (z. B. Ovalisierungswerte) mit dem optischen Eindruck der Messstelle nicht oder nur bedingt. Insofern besteht hier die Vermutung, dass Ergebnisse eher „suggeriert“ denn „real geschaffen“ werden.

Im Falle begehrter Profile ist eine sachgerechte Profilmaßbestimmung mittels 3D-Laserscans möglich und der Standard. Solche Laserscans werden bislang vorzugsweise bei z. B. Einzelrohr-Lining-Maßnahmen vorgesehen und zum Einsatz gebracht.

Bei der Weiterentwicklung der Messgeräte und der gekoppelten Mess- und Dokumentationssoftware zur Profilmaßbestimmung in nicht begehrten Kanälen sind folgende (softwareseitig) zu generierende Sachverhalte als Leistungsanforderung an die Dienstleistung sowie für die spätere Planung von elementarer Bedeutung:

- Bei der Profilmaßbestimmung (vorzugsweise in unverformten Rohren) müssen irrelevante Messbereiche aus den Messdaten eliminiert werden, um keine verfälschten Ergebnisse zu erhalten (z. B. Restwasser in der Rohrsohle, verfestigte Ablagerungen, fehlende Wandungsteile, Anschlussöffnungen, einragende Hindernisse).
- Die zur Liner-Konfektionierung relevanten Kenndaten müssen erfasst und ausgegeben werden (z. B. Innen-Umfangsmaße, minimale, maximale, mittlere und gegebenenfalls zugehörige Streckenanteile nach quotalen Kriterien).
- Die Messungen sollten sowohl punktuell und stationsbezogen (im Zuge der optischen Inspektion zur Quantifizierung) als auch auf die Gesamtstreckenlänge, z. B. beim Zurückziehen der Kamera/Messgerät, gesamthaft erfolgen können.
- Dokumentierte Messergebnisse in Schadensbereichen müssen die Ermittlungsrichtlinien des relevanten Regelwerks (DWA-A 143-2 [13], Ovalisierungsbestimmung gemäß Kap. 7.3.1, z. B. Methode A oder B – Formel 51) erfüllen.
- Die Messergebnisse müssen anhand der Videoaufzeichnungen durch den Auswertenden unmittelbar plausibilisiert werden können.
- Die Nachbereitung der Messergebnisse muss vom Dienstleister sachgerecht erbracht und vom Auftraggeber nachvollzogen werden können.

mens fällt. Im Falle unprofessionellen Vorgehens bei der Installation können selbstverständlich Faltenbildungen die Folge sein, welche zweifelsfrei dem Auftragnehmer zuzuordnen sein werden. Es stellt sich indessen grundsätzlich nicht die Frage, wer fehlende Informationen in Vertragsunterlagen rechtlich zu vertreten hat. Im öffentlichen Bereich ist die DIN 18326 (VOB/C, Kanalrenovierung [2]) automatisch Bestandteil. In dieser wird der ausschreibenden Stelle in den „Hinweisen für das Aufstellen der Leistungsbeschreibung“ auferlegt, eine Fülle relevanter Informationen – als Ergebnis der Ausführungsplanung – an die Bieter zu übermitteln. Hierzu zählen u. a. die Angaben gemäß „Kap. 0.1 Angaben zur Baustelle“, welche regelmäßig gerade nicht hinreichend konkret benannt werden und somit ursächlich für einen großen Teil der zuvor beschriebenen Situationen sind.

Im Falle fehlerhafter Bestandsdaten (z. B. Profilmaße) liegt die Verantwortung insofern nur dann beim Auftragnehmer, wenn dieser eine beispielsweise im Vertrag nicht vorgesehene gesamthafte Kalibrierung der Sanierungsobjekte hinnimmt und eine solche nicht einfordert (Bedenkenanmeldung im Zuge der Arbeitsvorbereitung).

Die weit verbreitete Erfahrung der Auftragnehmer ist, dass Bedenkenanmeldungen nur die „Stimmung beim Auftraggeber/Planer trüben“ und unnötige Diskussionen oder gar offenen Ärger mit dem Planer oder dem Auftraggeber direkt hervorrufen. Gleichzeitig ist eine weitere verbreitete Erfahrung der Auftragnehmer, dass eine ordnungsgemäße Bauüberwachung und Leistungskontrolle regelmäßig nicht stattfinden. Das Risiko des Auftragnehmers erscheint hierdurch tendenziell kleiner. Das Risiko, über sichtbare Falten diskutieren zu müssen, bleibt für die Auftragnehmer latent. Wenn sonst bei der Ausführung und Abnahme auch nur wenige Sachverhalte Bedeutung zu haben scheinen, die Lebenserfahrung bezeugt: „Das Ergebnis muss am Ende hübsch aussehen.“ Zu welcher fataler Entwicklung diese durch die Auftraggeberseite gerade in der Kanalsanierung maßgeb-



Wenn Schlauchliner die mittlere technische Nutzungsdauer von 50 Jahren erreichen und im besten Fall überdauern sollen, braucht es einen „Maßanzug“ für den konkreten Kanalabschnitt.



Die so erzeugten Bestandsinformationen müssen durch Anpassung der Datenschnittstellen und Schaffung entsprechender Datenbankfelder in die Kanaldatenbanken übernommen und im Sinne einer Bau-/Instandhaltungshistorie verwendet werden können.

Verantwortlichkeiten

Werden bei der Abnahme von Bauleistungen unerwünschte oder unerwartete Ergebnisse wahrgenommen, stellt sich grundsätzlich die Frage nach der Verantwortlichkeit. Diese scheint generell beim Auftragnehmer zu liegen, zumindest wird in der Praxis genau dies zunächst vermutet.

Die Auftragnehmer haften bekanntermaßen selbst für z. B. Planungsfehler, sofern sie solche hätten erkennen können oder müssen und sie gegen die vorgesehene Art der Ausführung nicht Bedenken angemeldet haben (§ 4 Abs. 3 VOB/C bzw. § 13 Abs. 3 VOB/B).

Es stellt sich die Frage, ob Faltenbildung in Schlauchlinern zwangsläufig in die Verantwortung des ausführenden Unterneh-

lich zu verantwortende Entwicklung führt, machen folgende Beispiele deutlich.

- Originalton des Geschäftsführers eines versierten und anerkannten Sanierungsunternehmens in 2017: „Die unnötigen Diskussionen über entstandene Faltenbildungen mit den Auftraggebern haben wir längst abgestellt. Wir bestellen die Liner regelmäßig mit so viel Untermaß, dass es am Ende immer zu glatten Oberflächen kommt!“
- Antwort des erfahrenen Anlagenführers eines Sanierungsunternehmens im Februar 2018 auf den Hinweis unseres Bauüberwachers vor Ort: „Super, der Liner liegt perfekt an, die Muffenversätze und Unebenheiten des Altkanals sind deutlich sichtbar.“, „Das verstehe ich nicht, ich dachte gerade, jetzt kommen gleich die üblichen Einwände, dass der Liner nicht so glatt wurde wie gewünscht.“

In Kenntnis der dargestellten Ringspaltproblematik kann dies wohl nicht der richtige Weg sein. Der Kanalbestand und später das Sanierungsergebnis sind Eigentum des Netzbetreibers. Die-

ser hat im eigenen Interesse dafür Sorge zu tragen, dass spätestens vor der Bestellung der Schlauchliner durch den Auftragnehmer beim Hersteller eine ordentliche Profilmaßbestimmung ermöglicht wird.

Falten und Ringspalte sind als Baumängel vermeidbar (Abb. 11–13). So wie das Risiko der Baugrundgegebenheiten mittlerweile unstrittig in der Risikosphäre des Bauherrn/Grundstücks-

eigentümers liegt, liegt auch die Verantwortung für die Bestandsmaße und die Dokumentation oder Ersterfassung beim Auftraggeber.

Mit Blick auf das neue BGB 2018 müssen die Planer (auch kommunale) Auftraggeber verstärkt beraten, um Schaden von diesen abzuwenden. Zum Eigenschutz (Haftungsabwehr) sind auch die Planer in der Pflicht, gegen Anordnungen des Auftraggebers, welche den vertraglich vereinbarten Werkerfolg in Frage stellen können (hier: Verweigerung einer Profilmaßbestimmung; beim Bau eines Kanals: Verweigerung eines Baugrundgutachtens), Bedenken anzumelden [19].

Fazit

Wenn Schlauchliner die mittlere technische Nutzungsdauer von 50 Jahren erreichen und im besten Fall überdauern sollen, braucht es einen „Maßanzug“ für den konkreten Kanalabschnitt, insbesondere unter Grundwasserbelastung. Es braucht zunächst auf der Auftraggeberseite und bei den Planern eine Neubesinnung auf Qualität und Verantwortungsbewusstsein, gerade im Bereich der nicht direkt einsehbaren, teuren Infrastrukturanlagen wie der Abwasserkanalnetze.

Maßgebend sind die Auftraggeber. Sie entscheiden grundlegend und potenziell über Erfolg oder Misserfolg. Zunächst entscheidend sind die Eignung des Fachplaners und der eigenen qualitativen und organisatorischen Anforderungen im Rahmen der anerkannten technischen Regeln und Gesetze. Hierzu gehört auch die Bereitstellung der notwendigen Grundlagen und Informationen als Basis der Planung.

Trotz aller (und auch) berechtigten Kritik am immer theoretischer und faktisch qualitätsbehindernd wirkenden Wettbewerbs- und Vergaberecht: Klare Qualitäts- und Eigenschafts- bzw. Eignungsanforderungen hinsichtlich Material, Technik und Ausführung sind erste Voraussetzung für jahrzehntelange Nutzbarkeit und den effektiven Einsatz von Abwassergebühren. Diese müssen im Vergabeverfahren durchgesetzt werden.

In der Folge gilt es, durch eine konsequente und intensive Bauüberwachung gegenüber den ausführenden Unternehmen dafür Sorge zu tragen, dass die werkvertraglichen Pflichten erfüllt werden. Es gleicht einem Selbstbetrug zu glauben, dass Bauüberwachung teuer ist. Keine oder eine nachlässige, weil nicht im erforderlichen Umfang vergütete und somit faktisch nicht stattfindende Bauüberwachung, wird teuer. In dieser heute verbreiteten Situation werden schlicht und ergreifend minderwertige Leistungen zugelassen, bezahlt und abgenommen, die das Geld nicht wert sind und welche als solche – gerade in der Kanalsanierung – erst viele Jahre später wahrnehmbar werden. Der kausale Rückschluss auf Ursache und Wirkung ist zu diesem Zeitpunkt dann aber oft nicht mehr möglich (oder unerwünscht).

Schlecht leistende Unternehmen werden somit nicht „geboren“ oder „gegründet“, sie werden durch das Desinteresse der Auftraggeber und/oder der faktisch nicht stattfindenden Überwachung zu solchen erzogen. Die Erfahrung lehrt die im täglichen Preiskampf stehenden Unternehmen, dass eine Durchsetzung der auftraggeberseitig fixierten vertraglichen Ansprüche regelmäßig nicht erfolgt und somit Leistungen abgekürzt werden können.

Die Sanierungsunternehmen sind grundsätzlich und verbreitet in der Lage, hervorragende Leistungsergebnisse herzustellen. Die Technologien und Materialien stehen jedenfalls zur Verfügung, auch wenn aus heutiger Sicht zusätzliche Nachweise zu führen sein dürften. Lediglich das notwendige kompetente Fachpersonal wird immer rarer und zum noch wertvolleren „Gut“ für alle Beteiligten.



Abb. 11 – An verschlossenem Zulauf eng anliegender Liner

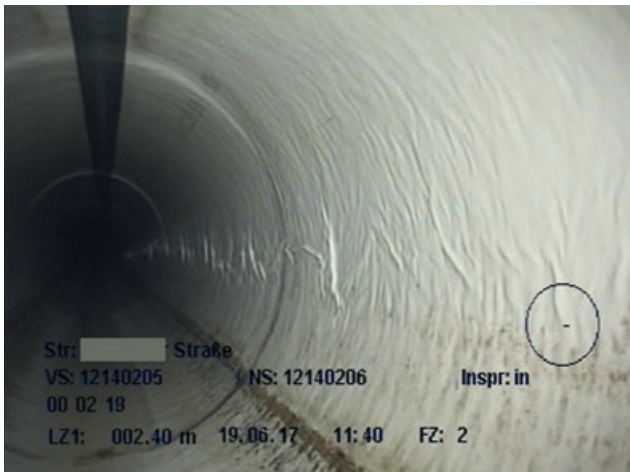


Abb. 12 – Optimal anliegender Liner mit minimalen Falten



Abb. 13 – Eng anliegender Liner

VOGEL Ingenieure, Kappelrodeck

VOGEL Ingenieure, Kappelrodeck

VOGEL Ingenieure, Kappelrodeck

Literatur

- [1] DIN EN ISO 11296-4:2011: „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen (Freispiegelleitungen) – Teil 4: Vor Ort härtendes Schlauch-Lining“, Beuth Verlag Berlin.
- [2] DIN 18326:2016: „Renovierungsverfahren an Entwässerungskanälen“, Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) VOB/C, Beuth Verlag Berlin.
- [3] VOB/C – Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV), Beuth Verlag Berlin.
- [4] DIN EN 752:2017: „Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden – Kanalmanagement“, Beuth Verlag Berlin.
- [5] DIN EN 14654-2:2013: „Management und Überwachung von betrieblichen Maßnahmen in Abwasserleitungen und -kanälen – Teil 2: Sanierung“, Beuth Verlag Berlin.
- [6] DWA-A 143-1:2015 „Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 1: Planung und Überwachung von Sanierungsmaßnahmen“, DWA e. V. Hennef.
- [7] VSB-Empfehlung Nr. 0.1:2009: „Ingenieurleistungen bei der Kanalsanierungsplanung“, VSB e. V. Hannover.
- [8] RSV-Merkblatt 1 (2000): „Renovierung von Entwässerungskanälen und -leitungen mit vor Ort härtendem Schlauchlining“, RSV Rohrleitungssanierungsverband e.V. Nackenheim.
- [9] VSB-Empfehlung Nr. 5 (2003): „Schlauchliningtechnik in Haltungen (drucklos), ZTV-Schlauchlining“, VSB – Verband zertifizierter Sanierungs-Berater für Entwässerungssysteme e. V. Hannover.
- [10] DIN EN ISO 11296-4:2017: „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen (Freispiegelleitungen) – Teil 4: Vor Ort härtendes Schlauch-Lining“, Beuth Verlag Berlin.
- [11] DWA-A 143-3:2014: „Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 3: Vor Ort härtende Schlauchliner“, DWA e. V. Hennef.
- [12] DWA-M 144-3:2016: „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen (ZTV) für die Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 3: Renovierung mit Schlauchliningverfahren (vor Ort härtendes Schlauchlining) für Abwasserkanäle“, DWA e. V. Hennef.

- [13] DWA-A 143-2: „Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden – Teil 2: Statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserleitungen und -kanälen mit Lining- und Montageverfahren“, DWA e. V. Hennef.
- [14] DIN EN ISO 11296-1:2011: „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen (Freispiegelleitungen) – Teil 1: Allgemeines“, Beuth Verlag Berlin.
- [15] DIN EN 13121-1:2003: „Oberirdische GFK-Tanks und -Behälter – Teil 1: Ausgangsmaterialien; Spezifikations- und Annahmebedingungen“, Beuth Verlag Berlin.
- [16] DIN EN 13566-4:2003: „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen (Freispiegelleitungen) – Teil 4: Vor Ort härtendes Schlauchlining; Vorgängernorm zur DIN EN ISO 11296-4“, Beuth Verlag Berlin.
- [17] DIN EN 476:2011: „Allgemeine Anforderungen an Bauteile für Abwasserleitungen und -kanäle“, Beuth Verlag Berlin.
- [18] Andreas Haacker, Siebert + Knipschild GmbH, Vortrag: „Umgang mit Faltenbildung und weiteren Qualitätsproblemen bei der Kanalsanierung/Schlauchlining“, 15. VSB-Beratertag 2014, Kassel.
- [19] BGB 2018 „Bürgerliches Gesetzbuch“, § 650b „Änderung des Vertrags; Anordnungsrecht des Bestellers“ (siehe Begründung zu Absatz 1, Nummer 2, Bundestags-Drucksache 18/8486, Seite 53).

Autor

Markus Vogel
VOGEL Ingenieure
Eisenbahnstr. 6
77876 Kappelrodeck
Tel.: 07842 99449-44
m.vogel@vogel-ingenieure.de
www.vogel-ingenieure.de



Kompakte Informationen:
www.bbr-online.de
www.facebook.de/bbrfachmagazin



- Horizontalbohrungen in allen Bodenklassen, einschließlich Felsbohrungen
- Verlegung von Schutzrohren und Rohrleitungen aller Art
- Onshore-/Offshore-Verbindungen im Küstenbereich
- Dükerungen
- Arbeiten im Grundwasserbereich, Drainagen, Bewässerungen
- Versorgung unterirdischer Bauwerke
- Bodeninjektionen zur Stabilisierung von Hohlräumen im Erdreich

Heinrich-Niemeyer-Straße 50 - 48477 Hörstel-Riesenbeck
Tel.: (0 54 54) 93 05 - 0 - www.beermann.de