

Strukturiertes Vorgehen bei der Kanalsanierungsplanung

- Detaillierte Planung spart Kosten

Dipl.-Ing. Roland Wacker

von der IHK Region Stuttgart ö.b.u.v. Sachverständiger für
„Instandhaltung und Sanierung von Entwässerungsnetzen“

Zertifizierter Kanalsanierungs-Berater
Sachkundiger für Dichtheitsprüfung gem. § 61a LWG NRW

Ingenieurbüro Wacker

Im Höfle 8 - 71549 Auenwald
Tel. 07191/367723-0 - Fax 07191/367723-4
e-mail: info@wacker-ib.de

Einleitung

Die Kanalisation in Deutschland ist schadhaft und es besteht teils erheblicher Sanierungsbedarf. Die finanziellen Mittel sind begrenzt, so dass diese möglichst effektiv eingesetzt werden müssen.

Um eine sach- und fachgerechte Kanalsanierungsplanung durchführen zu können, bedarf es eines umfangreichen Fachwissens, das im Rahmen der üblichen Ausbildungen nicht oder nur am Rande vermittelt wird. Der verantwortliche Fachplaner für eine Kanalsanierungsmaßnahme sollte deshalb eine Zusatzausbildung als zertifizierter Kanalsanierungs-Berater absolviert haben und über eine mehrjährige Erfahrung auf diesem Gebiet verfügen. Der Verband zertifizierter Sanierungs-Berater für Entwässerungs-Systeme e.V. als Kompetenzzentrum für Kanalstandhaltung und –sanierung bietet hierzu in Kooperation mit der Technischen Akademie Hannover e.V. und weiteren Kooperationspartnern entsprechende Lehr- und Studiengänge mit unterschiedlichen Abschlüssen an. Ein guter Planer für Kanalneubau ist nicht zwangsläufig auch ein guter Sanierungsplaner. Niemand würde auf die Idee kommen, sich vom Hausarzt den Blinddarm entfernen zu lassen. Hier wendet man sich auch an einen Spezialisten.

Damit das Ergebnis von Kanalsanierungen nicht so aussieht, wie in Bild 1 dargestellt, sind drei äußerst wichtige Voraussetzungen unabdingbar, wobei die zweite und dritte Voraussetzung ohne die erste Voraussetzung nicht erfüllt werden können:

- fachgerechten Sanierungsplanung durch speziell dafür ausgebildete Fachleute
- rechtskonforme und qualifizierte Ausschreibung auf Basis von VOB-konformen Vertragsbedingungen und Anforderungen

- konsequente Bauüberwachung



Bild 1: Nicht fachgerecht eingebauter Kurzliner

In den nachfolgenden Ausführungen werden schwerpunktmäßig die Vorgehensweise und die Überlegungen beschrieben, um von einem Schadensbild zu einem geeigneten Sanierungsverfahren zu kommen.

Grundlagen:

Es ist Aufgabe des Sanierungsplaners, dem jeweiligen Schadenszustand bzw. Entwässerungsobjekt die geeignete Sanierungstechnik zuzuweisen. Hierbei sind zunächst die Leistungsanforderungen der DIN EN 752 [1] (Anforderungen an ein saniertes System sind prinzipiell identisch mit den Anforderungen an ein neues System) zu beachten:

- die hydraulische Leistungsfähigkeit darf durch die Sanierung nicht unverträglich reduziert werden
- der Betrieb und die Unterhaltung dürfen nach der Sanierung nicht eingeschränkt sein
- die Werkstoffauswahl (Sanierungsmaterialien) muss den chemischen Anforderungen genügen
- die Standsicherheit muss gewährleistet werden
- die Werterhaltung der baulichen Anlage muss berücksichtigt werden

- Auswirkungen auf die Umwelt dürfen in negativer Hinsicht nicht entstehen

Zur Sanierung von Schäden gibt es meistens mehrere Möglichkeiten, die sich in die Hauptgruppen Reparatur, Renovierung und Erneuerung einteilen lassen. In DIN EN 15885 [2] ist die Zuordnung und Einteilung der Sanierungstechniken der Reparatur- und Renovierungsverfahren geregelt.

Das ideale, universell einsetzbare Sanierungsverfahren gibt es nicht. Jedes Sanierungsverfahren hat Einsatzgrenzen, welche durch das Schadensbild, die speziellen Gegebenheiten der Kanalhaltung selber und die Umgebungssituation vorgegeben sind und über die Eignung oder Einsetzbarkeit eines Verfahrens im jeweiligen Fall entscheiden.

Die Qualitätssicherung für eine erfolgreiche Kanalsanierungsmaßnahme fängt bereits bei der Auswahl eines geeigneten Planers an, geht über eine fach- und sachgerechte Planung und Ausschreibung sowie die Auswahl einer geeigneten Fachfirma bis hin zur qualifizierten Bauüberwachung.

Fehler, die im frühen Stadium (z.B. durch die Auswahl eines ungeeigneten Planers) gemacht werden, können später nicht mehr ausgeglichen werden.

Vorgehensweise bei der Sanierungsplanung

Unter Sanierungsplanung ist nicht nur die bloße Zuweisung eines Sanierungsverfahrens zu einem Schaden zu verstehen, wie das im Zuge der Bedarfsermittlung zur groben Abschätzung und Bereitstellung der finanziellen Mittel gemacht werden kann.

Die Sanierungsplanung ist die Grundlage für die Ausschreibung und Ausführung und muss alle relevanten Randbedingungen berücksichtigen und muss so detailliert sein, dass ein Bieter auf dieser Basis VOB-konform ein Angebot erarbeiten kann.

Um zum Beispiel einen nicht fachgerecht angeschlossenen Stutzen sanieren zu können, gibt es mehrere Möglichkeiten, die sich in den verwendeten Materialien, der eingesetzten Technik, den Anforderungen an die Altsubstanz, den erforderlichen Vorarbeiten, den Zugänglichkeitsanforderungen und der Einsetzbarkeit bei Grundwasser usw. unterscheiden. Die Bilder 2 und 3 zeigen zwei Beispiele, bei denen im einen Fall der Grundwasserzutritt und im andern Fall das Rohrmaterial und der große Ausbruch um den Zulauf ein Ausschlusskriterium für einzelne Techniken oder Materialien ist. Es ist für die Eignung eines Verfahrens zur Sanierung des jeweiligen Zulaufs auch von entscheidender Bedeutung, ob dieser einragend oder zurückliegend ist, ob er radial oder tangential und unter welchen Winkeln (Schnitt und Draufsicht) er eingebunden ist.

Zur Sanierungsplanung ist eine gute, aktuelle und verlässliche Datengrundlage erforderlich. Die vorhandenen oder zur Verfügung gestellten Unterlagen müssen auf Richtigkeit und Plausibilität überprüft werden. Manche Auftraggeber meinen, auf eine entsprechende aktuelle Datengrundlage verzichten zu können und das dadurch gesparte Geld gleich in die Sanierung investieren zu können.

Eine gute Sanierungsplanung auf einer unzureichenden Datenbasis ist schlichtweg nicht möglich. Sicher muss das ausführende Unternehmen vor Ausführung der Sanierung einen Abgleich der Planung mit den tatsächlichen Gegebenheiten durchführen und muss gegebenenfalls Bedenken anmelden. Die Sanierungsplanung ist zu diesem Zeitpunkt aber bereits abgeschlossen. Umplanungen während der Sanierungsphase kosten immer unnötig Zeit und Geld, meist mehr als durch den oben beschriebenen Verzicht eingespart wurde.

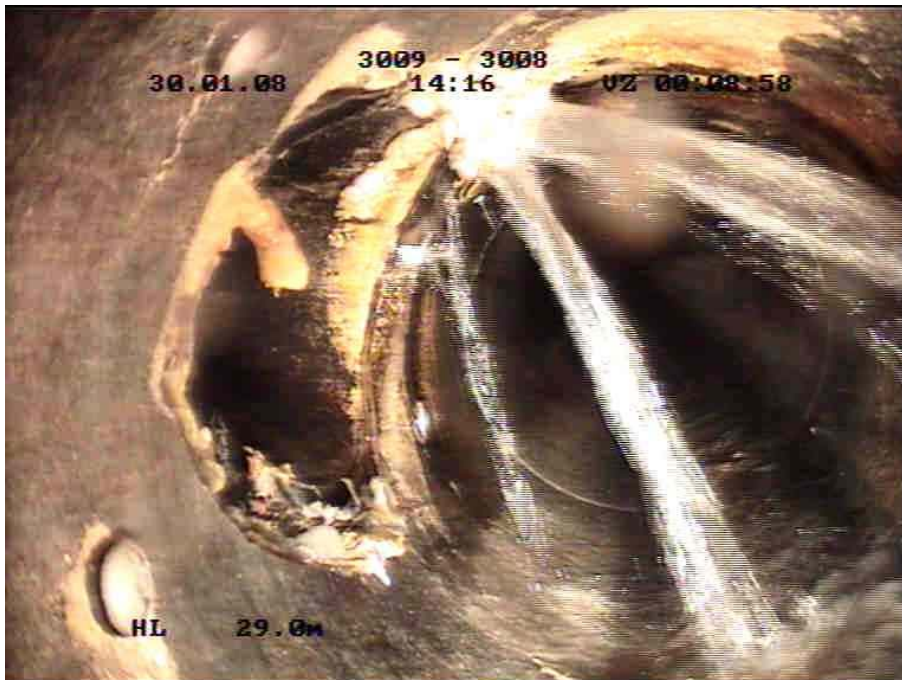


Bild 2: Nicht fachgerecht angeschlossener Stützen

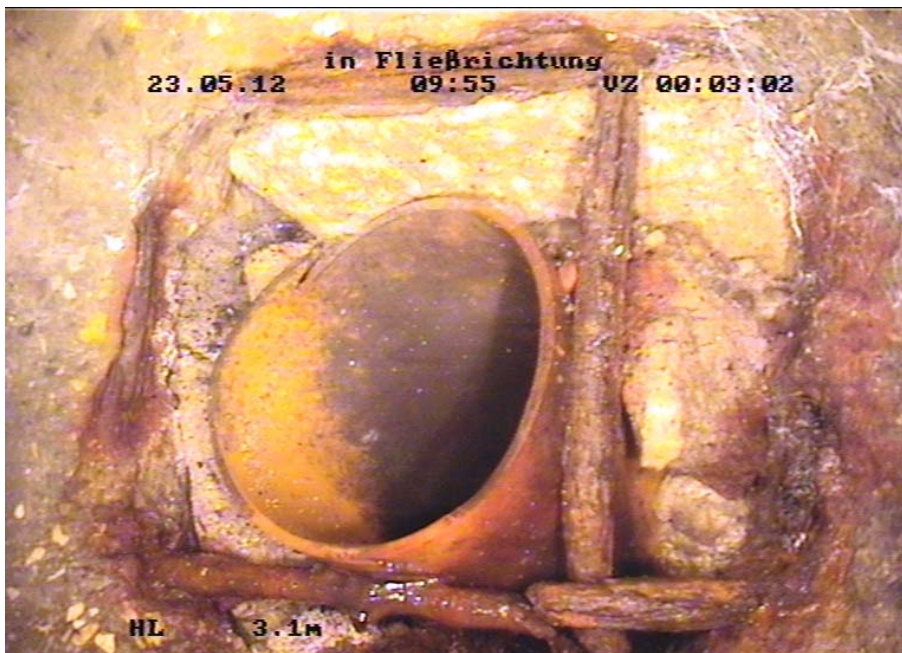


Bild 3: Nicht fachgerecht angeschlossener Stützen

Erforderliche Technikenkenntnisse

Um beurteilen zu können, ob ein bestimmtes Schadensbild mit einem Sanierungsverfahren saniert werden kann, ist die Kenntnis der folgenden Verfahrensinformationen erforderlich:

- Systemfunktionsweise: wie läuft die Sanierung ab, wird innen oder außen oder in der Rohrwandung abgedichtet, erfolgt ein Kraftschluss oder ein Formschluss, usw.
- Einsatzbereiche: bei welchen Querschnittsformen, Nennweitenbereichen, Rohrmaterialien kann das Verfahren eingesetzt werden, ist bei Grundwasserzufluss der Einsatz möglich, welche max. Schachtabstände sind möglich, werden beide Schächte benötigt, usw.
- welche Materialien werden eingesetzt und wie wirken sie, erfolgt z.B. eine Polyaddition oder Polymerisation, ist Wärmezufuhr erforderlich, wie lange dauert die Härtung usw.
- erforderliche Substanzvoraussetzungen (Altrohrsituation, Schadensumfang)
- erforderliche Vorarbeiten: können diese Vorarbeiten, z.B. Vorfräsarbeiten überhaupt ausgeführt werden, ohne dass die Standsicherheit gefährdet wird (das in Bild 4 sichtbare Schadensbild lässt z.B. Vorfräsarbeiten nicht mehr zu).

- Grenzen der sicheren Anwendung: innerhalb welcher Grenzen kann das Verfahren sicher angewendet werden. Maßgebend hierfür sind nicht Anwenderangaben, sondern die im Verfahrenshandbuch beschriebenen Herstellerangaben.
- Risiken falscher Anwendung/Ausführung: Was kann passieren bei Anwendung außerhalb der Grenzen der sicheren Anwendung. Die Gefahren können zum Beispiel Festsitzen der Sanierungseinheit, Füllen eines Kanalabschnitts mit Harzen oder Zementmörtel oder Einsturz des Kanals sein.
- Arbeitsablauf
- Qualitätssicherungsmaßnahmen (Verfahrenshandbuch)
- vom Anwender vorzulegende Qualitätsnachweise



Bild 4: Einsturzgefahr bei Vorfräsarbeiten

Planungsrelevante Randbedingungen

Zu einer Kanalsanierungsplanung sind Kenntnisse über Alter, Lage, Abmessungen, Form und Werkstoff sowie Tiefenlage der zu sanierenden Kanäle, sowie Kenntnisse zu Form, Abmessungen und Platzverhältnissen innerhalb der Schächte und Bauwerke einschließlich Einstieg, Steighilfen, Auftritt und Gerinne unerlässlich, um die Einsetzbarkeit einzelner Sanierungsverfahren beurteilen zu können. Die beste Sanierungstechnik ist wertlos, wenn damit die zu sanierende Schadstelle nicht erreicht werden kann.

Die Kanalsanierungsplanung kann ohne Kenntnis der hydraulischen Situation nur unzureichende Ergebnisse liefern, da diese Situation durch eine Reparatur oder Renovierung im allerbesten Falle gleichbleibt. Sich hier auf einen mehrere Jahrzehnte alten Generalentwässerungsplan zu verlassen darf als fahrlässig eingestuft werden.

Die Kenntnis über die Lage von Haltungen und Leitungen zu Trinkwasserschutzgebieten, Grundwasserabständen und -schwankungsbereichen, Bodenverhältnissen bzw. Altlasten ist unabdingbar. Insbesondere die Grundwassersituation ist von entscheidender Bedeutung, auch hinsichtlich der einzusetzenden Verfahrenstechnik.

Weiterhin sind Informationen zur Lage der übrigen Infrastruktureinrichtungen zur baulichen Realisierung wie zur ggf. möglichen Nutzung von Synergieeffekten von Wichtigkeit: weitere Abwassersysteme, Anschlussleitungen, Wasser, Gas, Fernwärme, Energie, Telekommunikation, sonstige Medienleitungen im Umfeld der Entwässerungskanäle.

Die Überbauungssituation von Entwässerungsanlagen (z.B. Gebäude, Verkehrsanlagen, Grünflächen), die Art der Nutzung (z.B. Hauptverkehrsstraßen, Wohnstraßen, schienengebundene Verkehrswege, ÖPNV-Strecken, Parkplätze, Wiesen usw.) und vorhandene Verkehrsströme sind insbesondere von Wichtigkeit hinsichtlich der Einschätzung von Anfahrbarkeit und Zugänglichkeit der Entwässerungsanlagen und möglicher Verkehrslenkungserfordernisse während der Sanierung.

Auch die Vorflutsituation hat einen Einfluss auf die Sanierungsplanung. Neben den Trockenwetter- und Regenwettermengen ist auch die Sanierungsdauer von Wichtigkeit. Wird z.B. ein warmwasserhärtender Schlauchliner über eine sehr große Länge am Stück eingebaut und ausgehärtet, muss der Abwasserabfluss oft über mehrere Tage umgeleitet werden. Das Wetter kann über einen so langen Zeitraum nicht sicher vorhergesagt werden. Demzufolge muss die Vorflutsicherung für größere Wassermengen ausgelegt werden. Baut man den Liner haltungsweise ein, kann die Vorflutsicherung

kleiner ausgelegt werden, da die Vorflut schneller wieder freigegeben werden kann und das Wetter über einen kürzeren Zeitraum besser vorhergesagt werden kann.

Am Beispiel des Schlauchliningverfahrens sollen auszugsweise Überlegungen beschrieben werden, welche äußeren Randbedingungen die Auswahl einschränken können.

Die VOB lässt aus Gründen der Wettbewerbsverzerrung nicht zu, dass z.B. in einer Ausschreibung nur ein bestimmtes Material oder eine bestimmte Härtingsart zugelassen wird, es sei denn, es gibt Gründe hierfür. Unkenntnis des Sanierungsplaners ist kein allgemein anerkannter Grund.

Eine zu große Höhendifferenz zwischen Anfangs- und Endschacht (Bild 5) schließt zum Beispiel eine Härtingung mittels Warmwasser aus. Für Unterbögen ist Dampfhärtung nur bedingt geeignet, da der Liner infolge von Kondenzwasseransammlungen dort möglicherweise nicht vollständig aushärtet. Bögen oder Knicke in der Kanaltrasse können eine UV-Härtung unmöglich machen. Bei Schlauchlinern, die eingezogen werden, besteht auch die Gefahr, dass bei Unterbögen das dort gesammelte Wasser nicht verdrängt wird und als Wasserlinse unter dem Liner verbleibt. Neben einer Querschnittsreduzierung führt das zu einer unvollständigen Aushärtung in diesem Bereich.

Diese kleine Auswahl an Einschränkungen macht deutlich, welche wichtige Bedeutung der Sanierungsplanung zukommt, da hier entschieden wird, wie und womit saniert wird, bzw. welche Verfahren oder Materialien nicht zugelassen werden können. Diese Entscheidungen dürfen auch nicht dem Bieter oder dem ausführenden Unternehmen überlassen werden.



Bild 5: große Höhendifferenz schließt Warmwasserhärtung aus

Im günstigen Fall kommt es zu einem berechtigten Nachtrag, wenn das ausführende Unternehmen vor der Ausführung feststellt, dass das angebotene Verfahren ungeeignet ist. Im ungünstigen Fall wird ein Verfahren eingesetzt, welches die gestellten Anforderungen nicht erfüllt und frühzeitig versagt.

Durchführung der Sanierungsplanung

Nachfolgend werden stichpunktartig die einzelnen erforderlichen Schritte bei der Sanierungsplanung beschrieben:

- Sichtung und Auswertung der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Unterlagen (Kanalbestandsdaten, Kanalbestandspläne, Ergebnisse der Zustandserfassung, Ergebnisse der Zustandsklassifizierung und –bewertung, Ergebnisse der hydraulischen Netzüberrechnung)
- Einbeziehung bekannter Randbedingungen (Untergrundverhältnisse, Grundwassersituation, Altlastensituation, Abwasserart, betriebliche Vorkommnisse, Lage der Kanäle im Verkehrsraum, Verkehrsflächenzustand, vorhandene Randinfrastruktur)
- Ermittlung des Umfanges ggf. notwendiger weiterer Vorleistungen (z.B. Anschlussuntersuchungen, Dichtheitsprüfungen, Deformationsmessungen, Baugrunduntersuchungen, Neuerhebung überholter Teilinformationen, Bestimmung der industriellen Abwasserparameter)
- Analyse der erhobenen Randbedingungen und deren Auswirkungen auf die Sanierungsplanung
- Auswertung der Videoaufzeichnungen zur Festlegung der technisch möglichen Sanierungsverfahren
- Festlegung der technisch möglichen Sanierungsverfahren je Einzelhaltung
- Wirtschaftlichkeitsvergleich der möglichen Sanierungsvarianten je Haltung auf Basis der KVR-Leitlinien auf Basis haltungs- und variantenbezogener Kostenberechnungen
- Kostenzusammenstellung der wirtschaftlich optimierten Sanierungsplanung
- Erläuterungsbericht und Zusammenfassung aller Unterlagen und Ergebnisse der Sanierungsplanung einschl. Visualisierung der Planungsergebnisse
- Mitwirkung bei der Entscheidungsfindung hinsichtlich der zur Ausführung kommenden Planungsvariante

- Detailplanung der jeweiligen Sanierungsmaßnahme (u.a. zeitliche Koordination der einzelnen Schritte in Abhängigkeit von einzusetzender Technik und örtlichen Gegebenheiten, Vorflutkonzept und Verkehrslenkungskonzept)
- Abschließende Abstimmung mit den fachlich Beteiligten
- Kostenfortschreibung
- Erarbeitung eines auf die Situation abgestimmten Qualitätssicherungsplanes

Überlegungen zur Sanierungsplanung am Beispiel von Reparaturverfahren

Die nachfolgende Beschreibung stellt keine Wertung der Sanierungsverfahren dar und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern soll vielmehr aufzeigen, welche Aspekte bei der Auswahl eines geeigneten Verfahrens ebenfalls eine Rolle spielen.

In DIN EN 15885 sind die Reparaturverfahren entsprechend Bild 6 eingeteilt.



Bild 6: Einteilung der Reparaturverfahren nach DIN EN 15885

Injektion

Bei einer Injektion erfolgt die Abdichtung auf der Außenseite des Kanalrohres, d.h. es erfolgt eine Verfüllung der Hohlräume im Bereich der Bettung. Durch die kontinuierliche Materialzufuhr kann ohne Unterbrechung so viel Material injiziert werden, wie erforderlich. Da die Abdichtung auf der Außenseite des Rohres erfolgt, gibt es keine Querschnittsreduzierung innerhalb des Rohres (Bild 7) und somit auch keine Verstopfungsgefahr.

Es besteht ein Kostenrisiko für den Auftraggeber, da die erforderliche Materialmenge nicht bekannt ist. Ein weiteres Risiko ist das Verfüllen von „ungeplanten“ Hohlräumen, wie z.B. andere Kanälen. Bild 8 zeigt, dass sich das Injektionsharz einen Weg gesucht hat und in einer Entfernung von über 5 m von der Sanierungsstelle aus einer Stützmauer ausgetreten ist.



Bild 7: Scherbenbildung nach Sanierung mittels Injektion



Bild 8: ausgetretenes Injektionsharz

Reparatur mit vor Ort härtenden Materialien (Kurzliner)

Da Kurzliner mit dem Altrrohr verklebt werden, ist eine sehr gute Untergrundvorbereitung erforderlich (Fräsen, Anschleifen), um einen haftfähigen Untergrund herzustellen. Die Abdichtung erfolgt auf der Innenseite des Kanalrohres, d.h. Hohlräume im Bereich der Bettung bleiben bestehen und es erfolgt innen eine leichte Querschnittsreduzierung. Diese ist zwar hydraulisch nicht relevant, bei nicht fachgerechtem Einbau kann es aber zu einer Beeinträchtigung des Betriebs beim Lösen des Kurzliners bis hin zu einer Verstopfung kommen (Bild 9).



Bild 9: Abflusshindernis durch nicht fachgerecht eingebauten Kurzliner

Es besteht kein Kostenrisiko für den Auftragnehmer, da die Materialmengen nicht schwanken. Unbeabsichtigtes Verfüllen von anderen Kanälen ist ausgeschlossen. Bei Beaufschlagung mit Innendruck während der Sanierung kann eine Schadensvergrößerung nicht ausgeschlossen werden.

Spachtel- und Verpressverfahren

Der Einsatzbereich bei Spachtel- und Verpressverfahren ist sehr flexibel.

Da die Abdichtung vorwiegend in der Rohrwandung stattfindet, ist eine sehr gute Untergrundvorbereitung (Fräsen) erforderlich (Bild 10). Hohlräume im Bereich der Bettung bleiben zumindest teilweise erhalten.

Die Materialmenge ist bei den meisten Verfahren durch die Größe der Kartusche begrenzt, weshalb bei größeren Ausbrüchen mehrere Arbeitsgänge erforderlich werden (Bild 11). Damit ist auch ein gewisses Kostenrisiko für den Auftraggeber verbunden und die Gefahr, dass bei Verpressverfahren versehentlich unbeabsichtigt andere Kanäle verfüllt werden, kann nicht ausgeschlossen werden.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass es zwischen Injektions- und Verpressverfahren keine klare, eindeutige Abgrenzung gibt. Bei Injektionsverfahren erfolgt zwar die Abdichtung vorwiegend auf der Außenseite des Rohres, sicher aber teilweise auch in der Rohrwand. Bei einem Verpressverfahren wird die Abdichtung vorwiegend in der Rohrwandung stattfinden (hierzu ist z.B. ein Riss aufzufräsen, um zu gewährleisten, dass eine Haftung erfolgen kann), es wird aber auch ein Teil des

Materials Hohlräume auf der Außenseite verfüllen. Bei einer Ausschreibung sollte der Text sehr genau gewählt werden, um nicht einzelne Verfahren nur aufgrund ihrer Zuordnung nach DIN EN 15885 von vornherein auszuschließen, obwohl sie technisch geeignet wären. Wird z.B. ein Verpressverfahren ausgeschrieben, so darf bei einer VOB-konformen Angebotsprüfung ein angebotenes Injektionsverfahren nicht gewertet werden. Umgekehrt gilt dasselbe.



Bild 10: verspalteter Riss



Bild 11: zwei Arbeitsgänge bei Zulaufanbindung mittels Verpressverfahren

Innenmanschetten

Innenmanschetten sind bei Muffenversätzen oder Knicken nur begrenzt einsetzbar. Innenmanschetten können verklebt oder verspannt sein.

Die Abdichtung erfolgt auf der Innenseite des Kanalrohres, d.h. Hohlräume im Bereich der Bettung bleiben bestehen und es erfolgt innen eine leichte Querschnittsreduzierung. Diese ist zwar hydraulisch nicht relevant, beim Lösen der Innenmanschette kann es zu einer Beeinträchtigung des Betriebs bis hin zu einer Verstopfung kommen. Für den Auftraggeber besteht kein Kostenrisiko, da die Kosten von vornherein bekannt sind. Das versehentliche Verfüllen anderer Kanäle ist ausgeschlossen. Bei Beaufschlagung mit Innendruck während der Sanierung kann eine Schadensvergrößerung nicht ausgeschlossen werden.

Nicht vollständig verklebte Innenmanschetten stellen ein Abflusshindernis dar, wenn sich Blechteile nach innen biegen, z.B. wenn die Reinigungsdüse daran hängengeblieben ist (Bild 12), was sich im Lauf der Zeit verstärken und zu einem Problem führen kann. Verspannte Manschetten benötigen ein festes Wiederlager, da sie sich lösen könnten, wenn das Altrohr infolge von Hohlräumen auf der Außenseite nachgeben sollte.



Bild 12: Edelmanschette (verklebt) mit beginnender Aufkantung in der Sohle

Zusammenfassung

Ein Kanalnetzbetreiber ist gut beraten, eine Sanierungsplanung nur von extra dafür ausgebildeten Fachleuten durchführen zu lassen.

Das ideale Sanierungsverfahren, das bei allen Schäden und allen Randbedingungen eingesetzt werden kann gibt es nicht.

Es reicht nicht aus, einem bestimmten Schaden, dem bei der TV-Inspektion ein Schadenskürzel zugewiesen wird, über dieses Kürzel automatisch ein Sanierungsverfahren zuzuweisen.

Jedes Verfahren hat gewisse Vorteile gegenüber anderen Verfahren, aber auch Nachteile oder Risiken in Bezug auf Ausführung, Kosten und Betrieb, die es im Einzelfall gegeneinander abzuwägen gilt.

Die vorhergehenden Ausführungen konnten das Fachgebiet nur beispielhaft anreisen, um aufzuzeigen, welche einzelnen Schritte, Überlegungen und Abwägungen bei der Sanierungsplanung erforderlich sind und dass zur Durchführung einer Kanalsanierungsplanung ein umfangreiches Fachwissen und Technikenkenntnisse der am Markt verfügbaren Sanierungsverfahren unabdingbar ist, um dem jeweiligen Schaden das geeignetste Sanierungsverfahren unter Berücksichtigung sämtlicher relevanter Randbedingungen und der Wirtschaftlichkeit zuweisen zu können.

Literatur:

- [1]: Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB), Teile A, B, C, Ausgabe 2012, Deutscher Vergabe- und Vertragsausschuss für Bauleistungen herausgegeben vom DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Vertrieb Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [2]: DIN EN 15885: Klassifizierung und Eigenschaften von Techniken für die Renovierung und Reparatur von Abwasserkanälen und -leitungen; DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Vertrieb Beuth Verlag GmbH, Berlin, März 2011