



Information

Nr. 1

**Grabenlose Verfahren der Schadensbehebung
in nicht begehbaren Abwasserleitungen**

2. Auflage
November 2008

Arbeitskreis Nr. 3
Grabenloses Bauen
Leitungsinstandhaltung

Arbeitsgruppe Nr. 1
Technische Anwendungen und Verfahrenstechnik

NO DIG – warum Gräben aufreißen, wenn es bessere Lösungen gibt!

Grabenlose Verfahren der Schadensbehebung in nicht begehbaren Abwasserleitungen

November 2008

Die Schadensbehebung in Abwasserkanälen findet nach wie vor überwiegend durch Erneuerung im Wege des offenen Leitungsgrabenbaus statt. Die offene Bauweise ist jedoch mit einer Vielzahl problematischer Begleiterscheinungen verbunden: gravierende Folgekosten sowie baubetriebliche und ökologische Probleme offener Baumaßnahmen werden in der Öffentlichkeit vermehrt kritisch wahrgenommen. Vor diesem Hintergrund sind die bewährten grabenlosen Verfahren die bessere Lösung. Grabenlose Verfahren sind in einschlägigen Regelwerken erfasst und erfüllen die Anforderungen an eine qualitativ hochwertige und nachhaltige Sanierung der unterirdischen Infrastruktur.

I N H A L T

1	Zielsetzung	3
2	Terminologie	3
3.	Ganzheitliche Betrachtung von Kosten, Aufwand und Umweltauswirkungen	4
	Tabelle 1 Ganzheitliche Betrachtung von Erneuerungs-, Renovierungs- und Reparaturverfahren – Vergleich zu offener Bauweise	5
	Beurteilungsgrundlagen zu Tabelle „Ganzheitliche Betrachtung“	7
	Tabellarische Übersichten	10
	Tabelle 2 Reparaturverfahren	11
	Tabelle 3 Renovierung mit Schlauchlinern	12
	Tabelle 4 Renovierung mit Wickelrohr – und Formed in Place Pipe	13
	Tabelle 5 Renovierung mit Rohren	14
	Tabelle 6 Erneuerungsverfahren	15
	Literaturhinweise	16
	Auszug aus mitgeltenden Normen und Regelwerken	17
	Mitglieder der AG 1 „Technische Anwendungen und Verfahrenstechnik“	20

1 Zielsetzung

Die GSTT - Deutsche Gesellschaft für grabenloses Bauen und Instandhalten von Leitungen e.V. - hat sich das Ziel gesetzt eine ganzheitliche Betrachtung von Kosten, Aufwand und Umweltauswirkungen zu erarbeiten. Weiterhin wird ein aktueller, umfassender Überblick über die technischen Möglichkeiten und Grenzen grabenloser Sanierungsverfahren (Reparatur, Renovierung, Erneuerung) gegeben. Dieses Ziel wird mit der vorliegenden GSTT- Information Nr. 1 verwirklicht.

Die Information berücksichtigt Systeme, die hauptsächlich im nichtbegehbarer Bereich von Hauptkanälen eingesetzt werden. Soweit Systeme im begehbarer Bereich eingesetzt werden können, ist dies in den jeweiligen Tabellen vermerkt. Für die Sanierung von Anschlussleitungen wird auf die GSTT Information Nr. 19 verwiesen. Die Erneuerung von Abwasserleitungen und -kanälen in einer anderen Liniendefinition ist nicht Gegenstand dieser Information.

2. Terminologie

Bei der Begriffsverwendung sind die Definitionen der DIN EN 752 berücksichtigt:

- **Sanierung**
Maßnahmen zur Wiederherstellung oder Verbesserung von vorhandenen Entwässerungssystemen
- **Renovierung**
Maßnahmen zur Verbesserung der aktuellen Funktionsfähigkeit von Abwasserleitungen und -kanälen unter vollständiger oder teilweiser Einbeziehung ihrer ursprünglichen Substanz
- **Reparatur**
Maßnahmen zur Behebung örtlich begrenzter Schäden
- **Erneuerung**
Herstellung neuer Abwasserleitungen und -kanäle in der bisherigen oder einer anderen Liniendefinition, wobei die neuen Anlagen die Funktion der ursprünglichen Abwasserleitungen und -kanäle einbeziehen

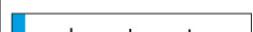
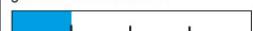
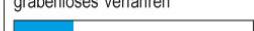
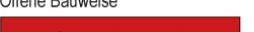
3. Ganzheitliche Betrachtung von Kosten, Aufwand und Umweltauswirkungen

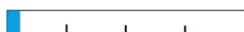
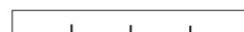
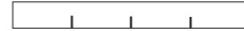
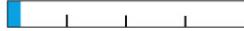
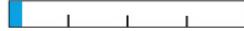
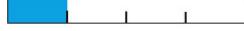
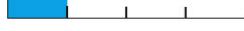
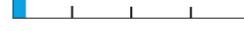
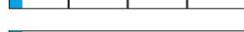
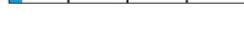
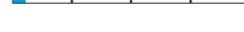
Die Beurteilung der Verfahren erfolgt in ganzheitlicher Betrachtung der maßgeblichen Einflussgrößen. Eine zunehmende Bedeutung erlangen hierbei die Inanspruchnahme der natürlichen Ressourcen, Vermeidung von Umweltbelastungen sowie indirekte Beeinträchtigungen als Folge der offenen Bauweise. Für den Vergleich offene / geschlossene Bauweise werden die gängigen Verfahren der Erneuerung, der Renovierung und Reparatur herangezogen. Es wird eine Einteilung in Haupt- und Unterpositionen vorgenommen. Die bewerteten Kosten bzw. Auswirkungen der geschlossenen Bauweise (blaue Balken) sind mit denjenigen der offenen Bauweise – jeweils mit 100 % angesetzt (rote Balken) – direkt vergleichbar. Die Balken der grabenlosen Verfahren (blau) sind jeweils einzeln bezogen auf die offene Bauweise (rot), zu betrachten und ins Verhältnis zu setzen. Die Angaben beruhen auf durchgeföhrten Untersuchungen, konkreten Baustellenwerten sowie praktischen Erfahrungswerten. Sie stellen eine realistische Größe und einen ersten Anhaltswert dar, der für ein gegebenes Projekt durch eine konkrete Betrachtung verifiziert werden muss. Durch die Zusammenfassung verschiedener Verfahren in übergeordnete Gruppen können bei der Detailbetrachtung der einzelnen Verfahren Abweichungen auftreten.

Tabelle 1 Ganzheitliche Betrachtung von Erneuerungs-, Renovierungs- und Reparaturverfahren – Vergleich zu offener Bauweise

Die Balken der grabenlosen Verfahren (blau/hell) sind jeweils einzeln bezogen auf die offene Bauweise (rot/dunkel), zu betrachten und ins Verhältnis zu setzen.

	Erneuerungsverfahren	Renovierungsverfahren	Reparaturverfahren
Verfahren	Berstverfahren, Kaliberbersten Pipe Eating	Rohrstrang bzw. Einzelrohrlining mit und ohne Ringraum, Schlauch-, Noppen-/Schlauch-, Wickelrohrlining	Roboter-, Packer-, Flutungsverfahren, Kurzliner, Stahlmanschetten
Baustelleneinrichtung			
Offene Bauweise			
grabenloses Verfahren			
An-/Abtransporte			
Vorhaltezeiten			
Maschineneinsatz			
Überpumpen			
Arbeits-/Lagerflächen			
Absperrungen			
Verkehrsführung			
Erdarbeiten¹			
Offene Bauweise			
grabenloses Verfahren			
Oberflächenaufbruch			
Grabenaushub			
Bodenentsorgung			
Grabenverbau			
Wasserhaltung (Grundwasser)			
Grabenverfüllung			
Oberflächeninstandsetzung			
Materialqualität			
Offene Bauweise			
grabenloses Verfahren			
Dichtheitsprüfungen			
Offene Bauweise			
grabenloses Verfahren			
Netzeinbindung Anchlussarbeiten			
Offene Bauweise			
grabenloses Verfahren			

	Erneuerungsverfahren	Renovierungsverfahren	Reparaturverfahren
Verfahren	Berstverfahren, Kaliberbersten Pipe Eating	Rohrstrang bzw. Einzelrohrlining mit und ohne Ringraum, Schlauch-, Nopponschlauch-, Wickelrohrlining	Roboter-, Packer-, Flutungsverfahren, Kurzliner, Stahlmanschetten
Ressourcenbeanspruchung	Offene Bauweise  grabenloses Verfahren 	Offene Bauweise  grabenloses Verfahren 	Offene Bauweise  grabenloses Verfahren 
Baustoffe			
Deponieraum			
Arbeitsflächen			
Transportfahrten	Offene Bauweise  grabenloses Verfahren 	Offene Bauweise  grabenloses Verfahren 	Offene Bauweise  grabenloses Verfahren 
Bauzeit	Offene Bauweise  grabenloses Verfahren 	Offene Bauweise  grabenloses Verfahren 	Offene Bauweise  grabenloses Verfahren 
Baustellenemissionen	Offene Bauweise  grabenloses Verfahren 	Offene Bauweise  grabenloses Verfahren 	Offene Bauweise  grabenloses Verfahren 
CO₂			
Lärm			
Feinstaub			

	Erneuerungsverfahren	Renovierungsverfahren	Reparaturverfahren
Verfahren	Berstverfahren, Kaliberbersten Pipe Eating	Rohrstrang bzw. Einzelrohrlining mit und ohne Ringraum, Schlauch-, Noppenschlauch-, Wickelrohrlining	Roboter-, Packer-, Flutungsverfahren, Kurzliner, Stahlmanschetten
Indirekte Auswirkungen	Offene Bauweise  grabenloses Verfahren	Offene Bauweise  grabenloses Verfahren	Offene Bauweise  grabenloses Verfahren
Oberflächenfolgekosten			
Gewerbebeeinträchtigung			
Schädigung Bewuchs			
Gesundheitbeeinträchtigung			
Kraftstoffverbrauch durch Verkehrsstau			
CO ₂ -Emissionen durch Verkehrsstau			
Feinstaub-Emissionen durch Verkehrsstau			
Verkehrsbeeinträchtigung			

- 1) In die Betrachtung fließen nur die Bereiche der Start-, Zwischen- und Zielgruben ein. Beim Erneuerungsverfahren wird von einem Einsatz von Grube zu Grube ausgegangen. Bei der Sanierung von Schacht zu Schacht entfallen Erdarbeiten. Bei der Verfahrensgruppe Schlauchliner fallen Erdarbeiten üblicherweise erst bei der Sanierung begehbarer Profile an. Bei den Renovierungsverfahren mit Rohren entfallen Erdarbeiten bei der Sanierung von Schacht zu Schacht.

BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN ZU TABELLE „GANZHEITLICHE BETRACHTUNG“

BERECHNUNGSANSÄTZE:

In der GSTT- Information Nr. 11 [3] werden ausführliche Berechnungsansätze zur Ermittlung von indirekten Kosten vorgestellt. Für einen ersten Überblick lassen sich die Kosten durch Mehrverbrauch an Kraftstoff und zusätzliche CO₂ - Emissionen durch baustellen-bedingte Umleitungen (Umwege) und tägliche Stauzeiten relativ einfach ermitteln [4]:

Der Kraftstoffverbrauch lässt sich im Mittel mit 10 Liter/100 km, der Stauverbrauch ebenfalls mit 10 Liter / Stunde annehmen. Ein weiterer Kostenansatz findet sich in [8]. Danach werden (Stand 2006) Staukosten im Bereich von € 27,0/h für LKW und € 8,0/h für PKW angesetzt.

Bei der vollständigen Verbrennung von Benzin bzw. Diesel entstehen laut UBA 2.330 (2.370) Gramm bzw. 2.640 (2.650) Gramm CO₂ pro Liter verbrannten Kraftstoffes; Zahlen des Kraftfahrtbundesamtes in Klammern.

ARBEITSSICHERHEIT:

Bei der geschlossenen Bauweise werden punktuelle Arbeitsorte angelegt, die in der Regel auch sicherheitstechnisch besser beherrschbar sind. Durch den weitgehenden Wegfall von offenen Gräben und mobilen Arbeitsgeräten werden damit verbundene Unfallgefahren für Arbeitskräfte und Dritte erheblich reduziert.

BAUSTELLENEINRICHTUNG:

Generell erfordert die offene Bauweise einen erheblichen Mehraufwand an Maschinen und Geräten, anfallenden Transporten sowie an Lager- und Arbeitsflächen. Insbesondere die Anzahl an Maschinen für Aushub-, Verfüllung und Transport werden bei der grabenlosen Bauweise erheblich reduziert.

BAUZEITEN:

Erd- und Oberflächenarbeiten beeinflussen vornehmlich die Bauzeiten bei der offenen Bauweise; die Bauzeiten der geschlossenen Bauweisen werden hauptsächlich durch Installations- und Vorhaltezeiten bei hohen Einbauleistungen geprägt.

CO₂:

Die mit CO₂-Belastungen einhergehenden Aushub-, Rohrbau- und Verfüllarbeiten sowie Transportfahrten sind verfahrensbedingt bei den grabenlosen Bauweisen deutlich geringer als bei der offenen Bauweise. Als Praxiswert sind Reduzierungen um 75 % bekannt [1].

DEPONIERAUM:

Zu entsorgende Aushubmaterialien, z.B. nicht einbaufähige Böden, abgebaute Oberflächenmaterialien, belasteter Aushub, Trümmerschutt, benötigen Deponieraum und verursachen zusätzliche Entsorgungskosten.

GESUNDHEITSBEEINTRÄCHTIGUNGEN:

Hohe Abgas-, Lärm- und Staubemissionen führen zu gesundheitlichen Folgekosten (z.B. Gehörschäden, Atemwegserkrankungen, Stressbelastungen), die von der Solidargemeinschaft der Krankenkassen und Patienten getragen werden müssen.

GEWERBEBEEINTRÄCHTIGUNG:

Durch die Umlenkung des Verkehrsflusses bei offenen Baumaßnahmen kommt es zu negativen Beeinflussungen des Einzelhandels, von Produktionsbetrieben und von Dienstleistungsunternehmen. Besonders Branchen wie z. B. der Einzelhandel, der keine festen Kundenbeziehungen hat, sind durch Einkommensausfälle durch die eingeschränkte Erreichbarkeit (Behinderungen im Gehwegbereich, Fußgängerzonen, aber auch im Zufahrtsbereich der Geschäfte, Einschränkungen für den öffentlichen Personennahverkehr, Einschränkungen im Bereich des Individualverkehrs, Zusatzkosten für aufwendige Anlieferungen und dadurch Zeitverzögerungen) besonders betroffen. In Straßen mit Einzelhandelsgeschäften können durch Einschränkungen der Erreichbarkeit Wertschöpfungsminderungen von 300,- bis 1.800,- € pro laufender Meter offener Bauweise errechnet werden (vgl. [3]).

INDIREKTE KOSTEN:

Nach GSTT Information Nr. 11 stellt jede Verlege- oder Sanierungsmaßnahme eine Beeinträchtigung der oberirdischen Verkehrssituation dar. Insbesondere in innerstädtischen Bereichen ergeben sich Behinderungen des Verkehrsflusses oder der Geschäftstätigkeit. Hinzu kommen Lärm- und Schadstoffemissionen. Diese Beeinträchtigungen werden zwar durch die jeweilige Baumaßnahme verursacht, sie werden jedoch dem jeweiligen Auftraggeber bzw. der Baumaßnahme nicht angelastet. Sie verursachen jedoch der Allgemeinheit Kosten oder führen zu besonderen individuellen Belastungen, die erhebliche Größenordnungen erreichen können.

Gemäß ISTT – Angaben [5] können diese „social and environment impact costs“ bis zum 2-fachen der Kosten der eigentlichen Leitungsbaumaßnahme betragen.

Zu den indirekten Kosten sind im Wesentlichen zu rechnen: Oberflächenfolgekosten, Kosten durch Verkehrsbeeinträchtigungen, Kosten durch Schädigungen des Bewuchses, Kosten durch Beeinflussung des Einzelhandels. Weitere Verursacher von indirekten Kosten können z. B. sein: Lärm-, Abgas- oder Staubemissionen, Produktivitätsverluste, Erschütterungen.

LÄRM:

Ein Maßstab für die auftretende Lärmbelastung, die über die gesamte Bauzeit gegeben ist, ist der Schalldruckpegel der lautesten Baumaschine. Die Bauzeit spielt für die Lärmbelastung eine erhebliche Rolle.

MATERIALQUALITÄT

Die Qualität der verwendeten Materialien bei den grabenlosen Verfahren entspricht in der Regel mindestens den Qualitäten der Materialien der offenen Bauweise oder übersteigt diese. Daher sind in der Tabelle 1 die Materialqualitäten der Erneuerung in geschlossener Bauweise höher angesetzt als in der offenen Bauweise.

OBERFLÄCHENFOLGEKOSTEN: Nachwirkungen zur offenen Bauweise sind Oberflächenfolgekosten im Straßenbelag, die durch Reparaturkosten in den nachfolgenden Jahren entstehen. Als realistischer Betrachtungszeitraum können zehn Jahre nach einer Verlegemaßnahme gelten. Bei der Verfüllung des Grabens kann es zu Flankensetzungen neben dem wieder aufgefüllten Graben, Kantenbrüchen und Ausbrüchen im Asphalt sowie zu unterschiedlichen Last- und Lastwechselverhältnissen über dem Rohr kommen. Die Kosten für diese Reparaturen trägt sehr oft die öffentliche Hand und nicht derjenige, der möglicherweise durch nicht sachgerecht ausgeführte Bauarbeiten dazu beigetragen hat.

Unberücksichtigt bleiben bislang auch Ausfall- und Reparaturkosten an privaten Kraftfahrzeugen, die durch schlechten Straßenzustand hervorgerufen werden. Untersuchungen der Stadt Atlanta, Alabama, USA gehen von 400 US \$ pro Fahrzeug und Jahr aus [7]

RESSOURCENBEANSPRUCHUNG:

Der Verbrauch an Baustoffen bedeutet die Inanspruchnahme natürlich vorkommender und nur begrenzt verfügbarer Ressourcen, für deren Abbau und Aufbereitung erhebliche Energiemengen einzusetzen sind.

Beispiele:

- Steinbruchmaterial, z. B . Kalk oder Dolomit, Sandstein oder Granit, müssen gewonnen werden, um den hohen Bedarf an Siebschutt zu erzeugen
- Verfüllmaterialien, wie z.B. Sand und Kies werden z.B. aus offenen Kies- bzw. Sandgruben und damit verbundenem Landschaftsverbrauch gewonnen. Solche Rohstoffe sind begrenzt, jeder Abbau bedeutet einen Eingriff in die Natur und Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes.

ROHRBAU, ROHRMATERIAL:

Bei der geschlossenen Bauweise bilden Rohr und Verlege- bzw. Einbautechnik verfahrenstechnisch eine enge Verbindung und erfordern bei Rohrmaterial und Rohrbau besondere qualitative Anforderungen, die zu Mehrkosten gegenüber den Rohrarbeiten in offener Verlegung führen.

SCHÄDIGUNG DES BEWUCHSES:

Offene Baumaßnahmen führen zu negativen Auswirkungen auf den Bewuchs. Schadensarten sind z. B. Wurzelschäden, Rindenschäden (Stammverletzungen), Astschäden durch Abriss, Bodenverdichtungen über dem Wurzelbereich, Grundwasserabsenkungen, wenn auch nur temporär, einhergehende Veränderungen der Bodenstruktur, z. B. Beeinträchtigung des Pflanzenwachstums. Die Schäden sind oft nach Jahren erst wahrnehmbar und führen zu Teilschädigungen oder manchmal zu kompletten Schädigungen von Bäumen oder Büschen (siehe auch GSTT Inforamtion Nr. 18). Der Ersatz eines Baumes, der älter als 50 Jahre ist, erreicht schnell einen Betrag im mittleren 5-stelligen Bereich [7].

STAUB:

Die mit Staubbelastrungen einhergehenden Aushub-, Rohrbau- und Verfüllarbeiten sowie Transportfahrten sind verfahrensbedingt bei den grabenlosen Bauweisen deutlich geringer als bei der offenen Bauweise. Als Hauptverursacher sind vor allem Trenn- und Schneidarbeiten sowie die Arbeiten für Aushub und Wiederverfüllung sowie die dafür anfallenden Transportfahrten – auch für die Ersatzmaterialien – zu betrachten. Als Erfahrungswert ist eine Reduktion um 90 % erreichbar. [6].

VERKEHRSBEEINTRÄCHTIGUNGEN:

Hierzu zählen die aufwändigen Verkehrslenkungsmaßnahmen (Ausschilderungen, Ampelsteuerungen, Umleitungen, z.T. Zusatzbefestigungen anderer Verkehrswege). Verkehrsumleitungen bedingen für die Autofahrer oft einen längeren Weg (erhöhter Kraftstoffverbrauch), mehr Bremsen, mehr Anfahren und mehr Fahrzeit. Selbst bei Benutzung öffentlicher Verkehrsmittel sind längere Fahrwege, mehr Fahrzeit und oft längere Fußwege zu den Haltestellen einzukalkulieren.

VERKEHRSFLÄCHEN:

Gängig ist die Inanspruchnahme des Straßenraumes als Installationsfläche, für die in Großbritannien eine Nutzungsgebühr erhoben wird. Ansatzweise finden wir dies auch in Deutschland. So können nach dem Berliner Straßengesetz, § 11, für jeden m² Fläche, der dem öffentlichen Verkehr entzogen ist, pro Tag 0,26 Euro im Bereich des Gehweges und 0,51 Euro im Bereich des übrigen Straßenraumes als Sondernutzungsentgelt berechnet werden[4].

Bei den grabenlosen Bauverfahren beschränkt sich die Inanspruchnahme des Straßenraumes durch Arbeitsflächen auf den Bereich der Arbeitsgruben bzw. auf die vorhandenen Schachtbauwerke. Größere Arbeitsflächen werden nur temporär für den Rohrbau (z.B. Rohrvorstreckung, Inversionsanlage bei Schlauch - Lining) in Anspruch genommen.

4 Tabellarische Übersichten

Die nachfolgenden Tabellen geben einen Überblick über die Einsatzmöglichkeiten der Verfahrensgruppen gegliedert nach Reparatur, Renovierung und Erneuerung. Die Auswahl des jeweils geeigneten Verfahrens sollte durch sachkundige Planer unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse erfolgen.

Tabelle 2 Reparaturverfahren

	Roboter-verfahren	Packer-verfahren	Kurzliner	Hutprofile	Manschetten auf Kompressionsbasis	Flutungsverfah-ren
Einsatzbereiche	Fräsen Spachteln Schleifen	Verpressen (auch im Anschlussbereich)	Partielle Auskleidung	Anschlussbereich	Partielle Auskleidung	Abdichtung ohne statische Wirkung
Einsatzbereiche DN [mm] von - bis	150 - 800	150 - 600	100 - 800	200 - 600 (Leitung DN 100 - 200)	150 - 800	100 - 500
Max. Einsatzdistanz [m]	bis 100	bis 100	bis 100	bis 100	bis 400	Situationsbedingt
Schadensarten						
Längsriss	X	0	0	0	0	0
Radialriss	X	X	X	X	X	X
Scherbenbildung	0	0	0	0	X	-
Löcher	X	X	X	X	X	0
Muffen versetzt	X	X	X	X	0	X
Muffen klaffend	X	X	X	0	X	X
Muffen ausgebrochen	X	X	X	X	X	X
Anschluss einrängend	X	X	X	X	-	X
Anschluss zurückliegend	X	X	X	X	-	0
Grundwasser Infiltration	0	X	0	0	X	-
Profile	Kreis/Ei	Kreis	Kreis/Ei	Kreis/ Ei	Kreis/Ei	Kreis/Ei
Vorbereitung	alle Abflusshindernisse sind vorab zu beseitigen					
Hochdruckkreinigung	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Vorfräsen	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Wasserhaltung	Situationsbedingt					Ja
Werkstoff Altrohr						
- Steinzeug	X	X	X	X	X	X
- Beton	X	X	X	0	X	X
- Faserzement	X	X	X	0	X	X
- Duromere (GFK)	X	X	X	X	X	X
- PVC, PP	0	0	0	0	X	X
- PE	-	-	-	0	X	X
- Liner	X	X	X	X	X	X
Statische Vor-aussetzung	Standsicherheit des Altrohres erforderlich					
Werkstoffe	Spezialmörtel Epoxydharz Silikatharz	Spezialmörtel Silikatharz	ECR – Glas / Nadelfilz Epoxydharz Silikatharz PUR- oder UP- Harz Methacrylat	V4A Edelstahl EPDM – Gummi Epoxydharz	Wasserglas, Silikatlösung (Zweikomponenten)	
Querschnittsredu-zierung (mm)	0 bis 6	3 bis 6	3 bis 5	3 bis 5	3 bis 4	0
Dichtheitsprü-fung	sofern technisch machbar					
Dokumentation	gemäß Vorgaben DWA, RSV bzw. Güteschutz Kanalbau oder DIBt Zulassung sofern vorhanden					
Umweltverträg-lich-keit	Nachzuweisen z. B. nach den Zulassungsgrundsätzen des DIBt					

X = anwendbar

O = bedingt anwendbar

- = nicht empfehlenswert

Tabelle 3 Renovierung mit Schlauchlinern

		Synthesefaser Liner [SF]	GFK Liner [GFK]	SF- Liner Vor Ort im- prägniert	Bogengängiger SF- Liner, Vor Ort imprägniert		
Einsatzbereiche DN (mm) von - bis	100 bis 2000		100 bis 1200	150 bis 600	100 bis 300		
max. Einbaulänge je Strecke [m]	bis 600		bis 300	bis 300	bis 60		
Schadensarten	Altrohrzustand I bis III gem. ATV- M 127 Teil 2 sowie Korrosion, Lageabweichungen, Abrieb, Abflusshindernisse						
Profile	Kreis, Ei- und Sonderprofile		Kreis, Ei- und Sonderprofile	Kreis, Ei- und Sonderprofile	Kreisprofile		
DN-Wechsel innerhalb Sanierungs- strecke	systembedingt möglich		systembe- dingt möglich	systembedingt möglich	systembedingt möglich		
Vorbereitung	Reinigung / TV-Untersuchung / Entfernung von Abflusshindernissen						
Vorabdichtung	nicht erforderlich (nur bei Einzug und wenn Aufstelldruck < GW-Stand)		nicht erfor- derlich (nur bei Ein- zug und wenn Auf- stelldruck < GW- Stand)	ohne Außenfolie erforderlich	nicht erforderlich (nur bei Einzug erforderlich)		
Einbauvariante	Inversion / Einzug oder Kombinationen daraus		Einzug / In- version	Inversion	Inversion / Ein- zug		
Bögen durchfahrbar	ja \geq 5 D		bedingt	ja \geq 5 D	ja \geq 45° bis 90° systembedingt		
Werk- stoff	Altrohr	alle					
Werk- stoff Liner	Träger- oder Verstärkungsmaterial	Synthesefaser (SF) (kann mit GF kombiniert werden)	GFK	SF	SF		
	Wanddicken von bis [mm]	3 bis 50	3 bis 20	3 bis 15	3 bis 6		
	Harze	UP / VE / EP	UP / VE	EP	UP / VE / EP		
	innere Folie oder Be- schichtung	PP / PE / PU	PE / PA	PP/PE/PU/PU/ PVC	PP/PE/PU/PVC		
	äußere Folie oder Be- schichtung	PP / PE / PA /PVC	PE / PA	i. d. R. keine	PE/ PP/PVC		
Imprägnierung	werkseitig		werkseitig	vor Ort	vor Ort		
Härtungsverfahren [W _W / W _D = Warm- Wasser/ -Dampf / UV = Lichthärteten]	W _D / W _W / UV		UV / W _D	W _D / W _W	Umgebungstemp. oder W _D / W _W		
Querschnittsreduzierung	nur um Wanddicke des Liners						
Anschlusseinbindung	Roboterverfahren (Spateln, Verpressen), Hutprofil- technik, händische Einbindung im begehbareren Bereich			Roboter / Hutpro- fil eingeschränkt möglich			
Schachtanbindung	hinterwanderungsfrei mit Quellband / Laminat / Mörtel / Harz						
Ringraumverfüllung	nicht erforderlich, kein Ringraum vorhanden						
Dichtheitsprüfung	nach DIN EN 1610 vor dem Öffnen der Anschlüsse						
Dokumentation	gem. Vorgaben DIBT-Zulassung und z.B. RSV-Merkblättern oder Güte- schutz Kanalbau						
Prüfungen	Nachweis Langzeitverhalten, HD- Spülversuch, Abriebversuch, DIBT Zu- lassung						

Tabelle 4 Renovierung mit Wickelrohr – und Formed in Place Pipe

		Wickelrohrverfahren ohne Ringraum	Wickelrohrverfahren mit Ringraum	Formed in Place Pipe (Nopponschlauch)
Einsatzbereiche DN (mm) von - bis		150 bis 1800	400 bis 2500	200 bis 2000
max. Einbaulänge je Strecke [m]		bis 250	bis 200	bis 200 in Abhängigkeit der Nennweite
Schadensarten		Altrohrzustand I bis II gem. ATV- M 127-2 (siehe auch ATV-DVWK M143-9), sowie Korrosion, geringe Lageabweichungen, Abrieb	Altrohrzustand I bis III gem. ATV- M 127-2 (siehe auch ATV-DVWK M143-9), sowie Korrosion, geringe Lageabweichungen, Abrieb	Altrohrzustand I bis II gem. ATV- M 127-2, sowie Korrosion, geringe Lageabweichungen, Abrieb, Nichtkreisprofile nur bei geringen GW-Ständen
Profile		Kreis	Kreis	Kreis, Ei, Sonderprofile
DN-Wechsel innerhalb Sanierungsstrecke		systembedingt möglich	nein	nein
Vorbereitung		Reinigung / TV-Untersuchung / Entfernung von Abflusshindernissen und Lageabweichungen / Kalibrierung, Aufrechterhaltung der Vorflut		
Vorabdichtung		Nicht erforderlich	Erforderlich bei Grundwasserinfiltration	Ja, bei System ohne Außen-Schlauch, mit Außen-Schlauch in Abhängigkeit von der Infiltrationsmenge erforderlich
Einbauvarianten		stationär (Wickelmaschine im Schacht) mobil (durch fahrende Wickelmaschine)		Mechanischer Einzug , Aufstellen mittels Luftdruck , Verfüllung des Noppenraumes
Bögen durchfahrbar		nein	nein	nein
Werkstoff	Altrohr	alle		
Werkstoff Liner	Träger- oder Verstärkungsmaterial	PVC-U	PVC-U, PEHD, PEHD-Stahl, Dämmer	PE-HD Nopponschläuche Injektionsmörtel auf Zementbasis
	Profilhöhen von bis [mm]	6 mm bis 38mm	7mm bis 40mm	12mm bis 45mm gem. statischen Anforderungen
Querschnittsreduzierung		Nur um Profilhöhe des Wickelrohres	Profilhöhe +Ringraum	Um Verbunddicke
Anschlusseinbindung		Roboterverfahren (Spachteln, Verpressen), Hutprofiltechnik, händische Einbindung im begehbarer Bereich	Robotertechnik oder Hutprofiltechnik (Verschweißung bei PE), im begehbaren Bereich durch händische Einbindung	Roboterverfahren (Hutprofilmanschette mit Verschweißtechnik), begehbarer DN: manuelle Einbindung (Hutprofilmanschette oder PE-HD Stutzen)
Schachtanbindung		hinterwanderungsfrei mit Mörtel oder Harz		hinterwanderungsfrei mit PE-HD Manschetten, dichtes Anschweißen an PE-HD Schachtauskleidungen, Quellband
Ringraumverfüllung		nein	Ja, vollständige und den Systemvorgaben entsprechende Verfüllung	kein Ringraum, Zwischenraumverfüllung mit statisch wirksamem Injektionsmörtel auf Zementbasis,
Dichtheitsprüfung		nach DIN EN 1610 vor dem Öffnen der Anschlüsse		
Dokumentation		gem. Vorgaben z.B. ATV-DVWK M 143-9, RSV-Merkblättern		gem. Vorgaben, z.B. DIBt , RSV Merkblatt, DWA M 143-10, Güteschutz Kanalbau
Prüfungen		Nachweis Langzeitverhalten, Eignungsprüfung Gesamtsystem), HD- Spülversuch, Abriebversuch		
Statik		Verfahrensspezifische statische Berechnung erforderlich (in Anlehnung an ATV - M 127-2)		

Tabelle 5 Renovierung mit Rohren

		Rohrstrang - Lining				Einzelrohr- Lining ¹						
		mit Ringraum ²	ohne Ringraum ³			mit Ringraum	ohne Ringraum					
		Slip-Lining	Verformungsverfahren	Reduktionsverfahren	nicht verformt nicht reduziert	Kurzrohr-Lining	nicht verformt nicht reduziert					
Einsatzbereiche DN (mm) von - bis		100 – 1.600	150 – 500	100 – 1.200	150 – 600	110 – 3.200	200 – 600					
max. Einbaulänge je Strecke(m)		≤ 500	≤ 300	≤ 1.000	≤ 100	≤ 400	≤ 70					
Schadensarten	Altrohrzustand I bis III gem. ATV- M 127 Teil 2 sowie Korrosion, fehlende Altrohrteile Lageabweichungen, Abrieb, Abflusshindernisse											
Profile Altrohr	Kreisprofile	Kreisprofile			Kreis-, Sonderprofile	Kreisprofile						
DN – Wechsel Altrohr innerhalb Sanierungsstrecke	ja, Dimensionierung nach geringstem DN	nein			systembedingt im begehbar Bereich möglich	nein						
Bögen durchfahrbbar	bis 11°				systembedingt im begehbar Bereich möglich	bedingt möglich						
Altrohr	Alle Werkstoffe											
Neurohr	PE-HD, PP-HM, GGG	PE-HD, PVC-U	PE-HD	PE-HD, PP-HM	PE-HD, PP-HM, PVC-U, GFK, Steinzeug, Beton, Polymerbeton	PP-HM, GFK						
Vorbereitung	Vorarbeiten	Reinigung, TV- Untersuchung, Entfernung von Abflusshindernissen, ggfs. Grundwasserhaltung für Baugruben										
	Vorabdichtung	nicht erforderlich (nur bei starkem Grundwassereintritt)			nicht erforderlich (nur bei Bodeneintrag infolge Grundwasserinfiltration)	nicht erforderlich (nur bei starkem Grundwassereintritt)	nicht erforderlich (nur bei Bodeneintrag infolge Grundwasserinfiltration)					
	Kalibrieren	ja										
	Überpumpen Abwasser	ja										
Zugangsöffnung Start-/ Zielbereich	Grube → Grube Grube → Schacht	Schacht → Schacht, Grube → Schacht, Schacht → Grube Grube → Grube	Grube → Grube Grube → Schacht Schacht → Schacht	Schacht → Schacht, Grube → Schacht, Schacht → Grube Grube → Grube								
Querschnittsreduzierung	groß	nur um Neurohrwanddicke			groß	nur um Neurohrwanddicke						
Anschlusseinbindung	offene Bauweise	offene / geschlossene Bauweise			offene Bauweise	offene / geschlossene Bauweise						
Schachtanbindung	dicht und hinterwanderungsfrei											
Ringraumverfüllung	ja	nicht erforderlich, kein Ringraum vorhanden			ja	nicht erforderlich, kein Ringraum vorhanden						
Dichtheitsprüfung	Dichtheitsprüfung nach DIN EN 1610 vor Öffnen der Anschlüsse											
Dokumentation	gemäß Vorgaben DWA, RSV bzw. Güteschutz Kanalbau											
Prüfungen	Siehe Produktnormen											

¹ Diskontinuierliches (taktweises) Einbringen einzelner Rohre in den zu renovierenden Abwasserkanal / die Abwasserleitung. Die Verbindung der einzelnen Rohre untereinander zur Herstellung des Liners erfolgt entweder im Einstiegschacht oder in der zu renovierenden Haltung. (in Anlehnung an [Stein, 1998])

² Planmäßiger Raum zwischen Altrohr und Liner, der zu verfüllen ist (entsprechend ATV-M 127-2).

³ Verfahrensbedingter Spalt zwischen Altrohr und Liner, der nicht verfüllt werden muss (entsprechend ATV-M 127-2).

Tabelle 6 Erneuerungsverfahren⁴

		Berstverfahren	Kaliberbersten	Pipe Eating
Einsatzbereiche DN (mm) von - bis		100 – 1.000	100 – 1.000	150 – 800
max. Einbaulänge je Strecke (m)	Grube → Grube	≤ 250	≤ 250	≤ 100
	Grube → Schacht	≤ 150	≤ 150	≤ 100
	Schacht → Schacht	≤ 70	≤ 70	---
Schadensarten		Alle, Altrohr muss mit Seil bzw. Gestänge passierbar sein, Versätze bedingt	Punktuell vorhandene Schäden, Versätze bedingt	Alle, Altrohr muss für Führung passierbar sein, Versätze bedingt
Profile Altrohr		Kreisprofile		
DN- Wechsel im Altrohr		ja	bedingt	ja
Bögen durchfahrbar		ja, Bogengängigkeit ist u.a. abhängig von zul. Biegeradius der Neurohre bzw. zul. Abwinklung der Neurohrverbindungen		nein
Altrohr		alle Werkstoffe		Steinzeug, unbewehrter Beton
Neurohr	Material	PE, PP-HM, Stahl, Duktiguss, GFK, Polymerbeton, Steinzeug		Stahl-, Polymerbeton, Steinzeug, GFK, PVC, PP-HM
	Lieferform	Einzelrohr, Rohrstrang		Einzelrohr
	Rohraußenschutz	materialabhängig empfohlen		
Überdeckungsmaß		≥ 10 x Aufweitmaß ⁵	Nicht relevant	1,5 x D _a (≥0,8 m)
Anforderungen an den umgebenden Boden		verdrängbar	nicht relevant	ausreichende Bettung
Zugangsöffnungen Start-/Zielbereich		Baugruben, Revisionsschacht je nach Maschinengröße		Start-/Bergeschacht
Vorbereitung ⁶	Reinigung / TV	bei Bedarf erforderlich		nicht erforderlich
	Vorabdichtung	Nicht erforderlich		Ggf. Verfüllung des Altrohrquerschnittes
	Kalibrieren			
	Überpumpen Abwasser	falls erforderlich		ja
	Fremdleitungen	Erkundung nahe liegender Leitungen	-----	Erkundung nahe liegender Leitungen
	Grundwasser	ggf. Wasserhaltung erforderlich		
Querschnittsveränderungen		i.d.R. Vergrößerung um zwei Nennweiten möglich	Geringfügige Reduzierung	Vergrößerung möglich
Anschlusseinbindung (Leitungen)		Offene Bauweise	Offene / geschlossene Bauweise	Offene Bauweise
Schachtanbindung		dicht und hinterwanderungsfrei		
Ringraumverfüllung		nicht erforderlich	in der Regel ja	nicht erforderlich
Dichtheitsprüfung		Dichtheitsprüfung nach DIN EN 1610 vor Öffnen der Anschlüsse		
Dokumentation		gemäß Vorgaben DWA, RSV bzw. Güteschutz Kanalbau		
Prüfungen		siehe Produktnormen		

⁴ DIN EN 752: Herstellung neuer Abwasserleitungen und –kanäle in der bisherigen oder einer anderen Linienführung, wobei die neuen Anlagen die Funktion der ursprünglichen Abwasserleitungen und -kanäle einbeziehen.

⁵ Aufweitungsmaß = Außendurchmesser des Aufweitungskörpers minus Innendurchmesser der Altrohrleitung

⁶ bei Hohlräumen im Bettungsbereich kann eine Profilierung der Sohle erforderlich sein

Literaturhinweise

- [1] Bayer, Hans-Joachim, HDD- Praxis- Handbuch, Vulkan-Verlag, Essen, 2005
- [2] DIN EN 752: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, 2008
- [3] GSTT- Information Nr.11, Kostenvergleich offener und geschlossener Bauweisen unter Berücksichtigung der direkten und indirekten Kosten beim Leitungsbau und der Leitungssanierung März 2002, 2.Auflage
- [4] Hölterhoff, Jens, Warum grabenlos bauen?, GSTT- Vortrag Berlin, 2007
- [5] Trenchless Technologies Resource Centre, ISTT-International Society for Trenchless Technology, Trenchless Technology Overviews, 2nd Edition, Costs and Environmental Impact, Oct. 2006
- [6] Rameil, Meinolf, Rohrleitungserneuerung mit Berstverfahren, Vulkan-Verlag, Oktober 2006
- [7] Scheuble, Leopold, Berstlining - Ein flexibles und effizientes Verfahren zur grabenlosen Erneuerung von Rohrleitungen, Vortrag, Wiesbadener Kunststoffrohrtage 2007
- [8] Gangl, Gerald; Fuchs-Hanusch, Daniela; Kauch, Peter, Einfluss von Staukosten auf die Erneuerungsplanung städtischer Infrastruktur, 2007 Technische Universität Graz , Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau

Auszug aus mitgeltenden Normen und Regelwerken

1. DIN 1986-100: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke- Teil 100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056, 2008-05
2. DIN 4124: Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten 2002-10
3. DIN 8074: Rohre aus Polyethylen (PE) - PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD – Maße 1999-08
4. DIN 8075: Rohre aus Polyethylen (PE) – PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD - Allgemeine Güteanforderungen, Prüfungen; 1999-08
5. DIN18200: Übereinstimmungsnachweis für Bauprodukte - Werkseigene Produktionskontrolle, Fremdüberwachung und Zertifizierung von Produkten 2000-05
6. DIN EN 196-1: Prüfverfahren für Zement – Teil 1: Bestimmung der Festigkeit; Deutsche Fassung EN 196-1:2005
7. DIN EN 752: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden
8. DIN EN 1610: Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen; Deutsche Fassung EN 1610:1997, 1997-10
9. DIN EN 12889: Grabenlose Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und –kanälen
10. DIN EN 13380: Allgemeine Anforderungen an Bauteile für die Renovierung und Reparatur von Abwasserleitungen und -kanälen außerhalb von Gebäuden; Deutsche Fassung EN 13380:2001; 2001-10
11. DIN EN 13566-1: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen (Freispiegelleitungen)- Teil 1: Allgemeines; Deutsche Fassung EN 13566-1:2002, 2003-04
12. DIN EN 13566-2: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen (Freispiegelleitungen) – Teil 2: Rohrstrang-Lining; Deutsche Fassung EN 13566-2:2005, 2006-02
13. DIN EN 13566-3: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen (Freispiegelleitungen) – Teil 3: Close-Fit-Lining; Deutsche Fassung EN 13566-3:2002, 2003-04

14. DIN EN 13566-4: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen (Freispiegelleitungen) – Teil 4: Vor Ort härtendes Schlauchlining; Deutsche Fassung EN 13566-4:2002
15. DIN EN 13566-7: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Renovierung von erdverlegten drucklosen Entwässerungsnetzen (Freispiegelleitungen)- Teil 7: Wickelrohr-Lining; Deutsche Fassung EN 13566-7:2007, 2007-06
16. DVS 2207-1: Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen - Heizelement-schweißen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln aus PE-HD, Technische Regel , 2005-09
17. DVS 2208-1: Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen - Maschinen und Geräte für das Heizelementschweißen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln, Technische Regel , 2007-03
18. ATV M127-2: Statische Berechnung zur Sanierung von Abwasserkanälen und – leitungen mit
19. Lining- und Montageverfahren, 2000-01
20. DWA M143 Teile 1-20: Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden
21. RSV Merkblatt 2: Renovierung von Abwasserleitungen und –kanälen durch Reliningverfahren ohne Ringraum; Februar 2000
22. RSV Merkblatt 3: Renovierung von Abwasserleitungen und –kanälen durch Liningverfahren mit Ringraum; Januar 2008
23. RSV Merkblatt 5: Reparatur von Entwässerungsleitungen und Kanälen durch Roboterverfahren; Juli 2003
24. RSV Merkblatt 7.2: Einbindung von Anschlußleitungen in Kanälen durch Hutprofiltechnik (Entwurf)
25. RSV Merkblatt 8: Erneuerung von Entwässerungsleitungen und –kanälen durch Berstlining
26. RSV Merkblatt 10 Kunststoffrohre für grabenlose Bauweisen
27. GSTT Information Nr. 2: Qualitätssicherung bei der Sanierung von Abwasser-kanälen und –leitungen
28. GSTT Information Nr. 7: Verfahren zur Reinigung, Inspektion, Dichtheitsprü-fung und grabenlosen Schadensbehebungen in Anschlusskanälen und Grund-leitungen
29. GSTT Information Nr. 9: Instandhaltung von Deponieentwässerungsleitungen

30. GSTT Information Nr. 11: Kostenvergleich offener und geschlossener Bauweisen unter Berücksichtigung der direkten und indirekten Kosten beim Leitungsbau und der Leitungssanierung
31. GSTT Information Nr. 22.1 Nutzungsdauer von mittels grabenloser Bau- und Sanierungsverfahren hergestellten bzw. sanierten Ver- und Entsorgungsleitungen
32. ATV (DWA) A125: Rohrvortrieb (Veröffentlichung voraussichtlich 2008)
33. ATV (DWA) A127: Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und –leitungen
34. ATV (DWA) A139: Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und –kanälen
35. ATV (DWA) M149: Zustandserfassung, Klassifizierung und Bewertung von Abwasserkanälen und –leitungen
36. ATV (DWA) A161: Statische Berechnung von Vortriebsrohren
37. Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen des VSB (VERBAND ZERTIFIZIERTER SANIERUNGS-BERATER FÜR ENTWÄSSERUNGSSYSTEME (e.V.))
38. RAL GZ 961 Herstellung und Instandhaltung von Abwasserleitungen und Kanälen
39. PAS 1075 Rohre aus Polyethylen für alternative Verlegetechniken

**Mitglieder der AG 1 „Technische Anwendungen und Verfahrenstechnik“ im
GSTT-Arbeitskreis 3 „Grabenloses Bauen, Leitungsinstandhaltung“:**

Hoch, Albert

Goll, Jens

Lorch, Joachim

Petermann, Hansruedi

Rameil, Meinolf

Schamer, Torsten

Scheuble, Leopold

Zinnecker, Jürgen



GERMAN SOCIETY FOR TRENCHLESS TECHNOLOGY E.V.

Deutsche Gesellschaft für grabenloses Bauen und Instandhalten von Leitungen e.V.

Messedamm 22, D – 14055 Berlin
Tel.: +49 (0)30 3038-2143, Fax: 49 (0)30 3038-2079
E-Mail: info@gstt.de, Internet: <http://www.gstt.de>