

RSV-Merkblatt 2.2

Tight-In-Pipe-Verfahren für Abwasserleitungen und -kanäle

Merkmale, Anforderungen, Gütesicherung

(März 2023)

Version 2023-07: Redaktionelle Änderungen, Juli 2023

Vorwort

Das TIP-Verfahren (Tight-In-Pipe Liningverfahren) mit vorgefertigten Rohren wird zur Sanierung von Abwasserkanälen und drucklos betriebenen Rohrleitungen eingesetzt. Dabei werden vorgefertigte Einzelrohre oder Rohrstränge ohne Ringraum in geschlossener Bauweise in das Altrohr eingebracht

Mit dem TIP-Verfahren können Kanäle mit den Altrohrzuständen I bis III saniert werden. Ebenfalls können Rohre im Altrohrzustand IIIa (beschrieben in der DWA A 143-2 und statisch berechnet gemäß ATV DVWK 127) durch das TIP-Verfahren erneuert werden. Die Begrifflichkeit Erneuerung orientiert sich an der Zielsetzung der statischen Auslegung.

Im vorliegenden Merkblatt werden die verschiedenen Varianten des TIP-Verfahrens beschrieben sowie Anforderungen und Hinweise zusammengefasst, die den allgemein anerkannten Regeln der Technik (aaRdT) entsprechen. Ziel ist, die an die sanierte Rohrleitung gestellten Qualitätsanforderungen zu erfüllen und gleichbleibende Standards bei der Verfahrensdurchführung sicherzustellen. Das Merkblatt soll dabei im Wesentlichen Ergänzungen und Kommentierungen zu den bestehenden Regelwerken liefern.

Dieses Merkblatt bezieht sich auf den Einbau von Kreisprofilen. Ei- und Sonderprofile werden als Liningverfahren (Einzelrohrlining oder Rohrstranglining) in Merkblatt 3.1 behandelt, da bei diesen Profilen aufgrund der Maßtoleranz des Altkanals ein zu verfüllender Ringraum entstehen kann. Eiprofile können auch im TIP-Verfahren saniert werden. Bei maßgenauen Profilen ohne Ringspalt sind die Vorgaben dieses Merkblattes sinngemäß anzuwenden.

Die Anwendung dieses Merkblattes steht allen frei. Eine Pflicht zur Anwendung kann sich aus Rechts- oder Verwaltungsvorschriften, Vertrag oder sonstigem Rechtsgrund ergeben.

Für die Mitteilung von Erfahrungen, die mit der Anwendung dieses Merkblattes verbunden sind und für sonstige Hinweise ist der RSV dankbar.

Hamburg,

März 2023

RSV – Rohrleitungssanierungsverband e.V.

Inhalt

1 Grundlagen	6
1.1 Allgemeine Einordnung	6
1.2 Ökologische Aspekte	8
1.3 Anwendungsgebiete	10
1.4 Beispielhafte Bilder aus der Praxis	10
1.5 Wirtschaftlichkeit und Nutzungsdauer	11
1.6 Hinweise zum Arbeitsschutz	11
2 Anforderungen	12
2.1 Allgemeines	12
2.2 Qualifikationen des Unternehmens	12
2.3 Anforderungen an Neurohre	14
2.4 Schachtbauwerke und Baugruben	17
3 Verfahrensvarianten	19
3.1 TIP-Verfahren mit Einzelrohren	19
3.2 TIP-Verfahren mit Rohrstrang	22
4 Planung	25
4.1 Hydraulische Leistungsfähigkeit	26
4.2 Zustandserfassung	26
4.3 Wahl der Verfahrensvariante	26
4.4 Baugrund	27
4.5 Angaben zum Sanierungsabschnitt	27
4.6 Kalibrierung	27
4.7 Planung der vorbereitenden Arbeiten	28
5 Sanierungsablauf	28
5.1 Baustellenablauf	28
5.2 Vorbereitende Arbeiten	29
5.3 Einbau der Neurohre	30
5.4 Anbindung von Seitenzuläufen	30
5.5 Schachtanbindungen	33
5.6 Rohrverbindungen in Baugruben	33
5.7 Schachtgerinne und Bermen	33
6 Qualitätsprüfung	34
6.1 Baustellendokumentation	34
6.2 Optische Inspektion	34
6.3 Dichtheitsprüfung	34

7 Gesetze, Normen und Regelwerke	34
8 Anlagen	35
8.1 Anlage: Einbauprotokoll für den Rohreinbau	35
8.2 Anlage: Protokollierung der Einzieh-/ Einschubkraft (Muster)	37
8.3 Anlage: Einbauverfahren	38
9 Begriffe	40
10 Literaturverzeichnis	41
11 Autoren	41

Legende für besondere Kennzeichnungen

In diesem Merkblatt weisen wir an verschiedenen Stellen auf besondere Inhalte hin. Diese sind grafisch mit Symbolen gekennzeichnet.

Symbol	Bedeutung
	Infos im Internet Weitere Informationen finden Sie im Internet unter www.rsv-ev.de oder auf einer entsprechenden Internetseite. Im PDF wird das Symbol mit dem Link hinterlegt.
	Übergreifende Inhalte Diese Informationen sind nicht speziell auf dieses Merkblatt bezogen, sondern gelten auch für andere Themenbereiche der Sanierung.
	Regulierungsbedarf Die hier veröffentlichten Inhalte weisen auf Regulierungslücken hin, die in der künftigen Regelwerksgebung behoben werden sollten.
	Kommentar Es handelt sich hierbei um die Kommentierung von bestehenden Regelwerken. Diese können abweichende Aussagen davon beinhalten.
	Exklusive Infos Hierbei finden Sie exklusive Inhalte und Informationen, die als Zusatz zu bestehenden Regelwerken zu sehen sind
	Empfehlungen Hier handelt es sich um eine Empfehlung des RSV, die eine besondere Beachtung von Anwendern verdient.
	Zitat An dieser Stelle zitieren wir andere Merkblätter oder verweisen auf sie. Bei weiteren Fragen wird eine Hinzuziehung empfohlen

1 Grundlagen

Das vorliegende Merkblatt gilt für die Sanierung von erdverlegten drucklosen Rohrleitungen im Tight-In-Pipe-Verfahren (TIP-Verfahren).

Beim TIP-Verfahren wird ein werkseitig hergestelltes Rohr in geschlossener Bauweise enganliegend an das Altrohr eingebaut. Es werden spezielle Rohre, mit auf den Innendurchmesser des Altrohres angepassten Abmessungen, eingesetzt.

Die Neurohre werden durch Einziehen oder Einschieben eng anliegend in die Altrohrleitung eingebracht. Deformationen und Versätze im Altrohr werden durch einen vorlaufenden Kalibrierkopf zurückgeformt (siehe **Abbildung 1**).

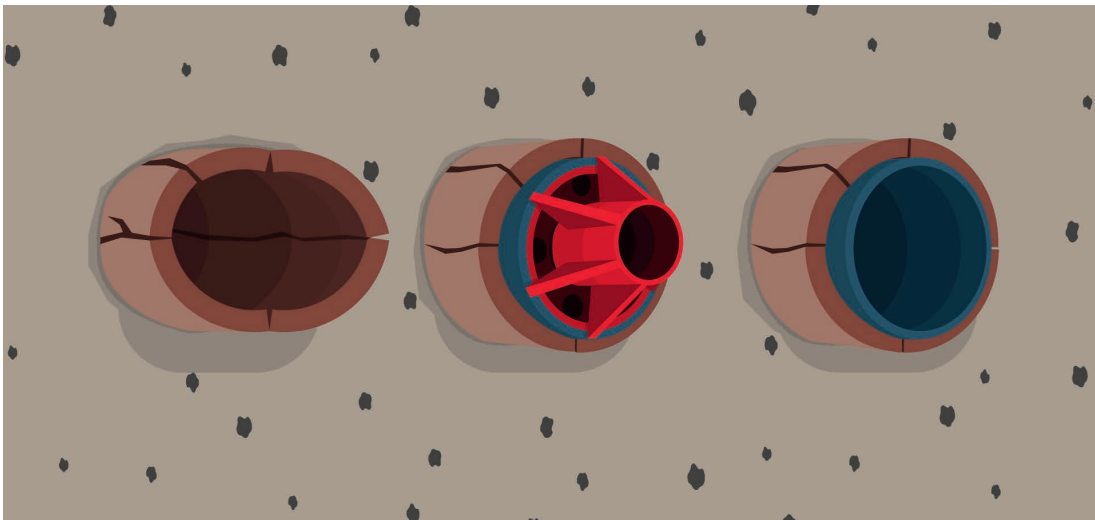


Abbildung 1: Ausgleichen von Deformationen mit Hilfe eines Kalibrierkopfs

In Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten kann das TIP-Verfahren mit Einzelrohren oder als Rohrstrang eingesetzt werden. Der Einbau erfolgt über Schächte oder Baugruben.

Die Anwendung erstreckt sich üblicherweise auf Abwasserkanäle und -leitungen im öffentlichen und privaten Raum, die als Freispiegelkanal betrieben werden.

Nach dem Einbau des Neurohres verbleibt ein Ringspalt zwischen Alt- und Neurohr. Während beim klassischen Einzelrohr-/ Rohrstrang-Lining ein Ringraum entsteht, der nach dem Rohreinzug verfüllt werden muss, entfällt dieser Arbeitsschritt beim TIP-Verfahren.

1.1 Allgemeine Einordnung

Gemäß der Klassifizierung nach DIN EN 15885 ist das TIP-Verfahren ein Sanierungsverfahren, welches in Abhängigkeit vom Altrohrzustand als Renovierungsverfahren oder der Erneuerung zugeordnet werden kann.

Die eingesetzten Rohre entsprechen hinsichtlich der Nutzungsdauer der einer Neuverlegung, sofern die Rohre als selbsttragend (Aufnahme sämtlicher Lasteinwirkungen) dimensioniert werden.

In nachfolgender Übersicht in Anlehnung an DIN EN ISO 11296-1:2018-09 sind die in diesem Merkblatt enthaltenen Techniken in den Technikfamilien „Erneuerung“ und „Renovierung“ und dort in der Verfahrensgruppe „TIP-Verfahren“ aufgeführt.

Die Klassifizierung des TIP-Verfahrens in der Technikfamilie der "Erneuerung" erfolgt beim Ansatz des Altrohrzustandes IIIa nach DWA-A 143-2. Beim Ansatz der Altrohrzustände I bis III wird das TIP-Verfahren der Technikfamilie "Renovierung" zugeordnet (Abbildung 2). Unabhängig von der Betrachtung der Einordnung als Renovierungs- bzw. Erneuerungsverfahren, können im TIP-Verfahren die Abschreibungszeiträume wie die eines Neurohres betrachtet werden (siehe Kapitel 1.5).

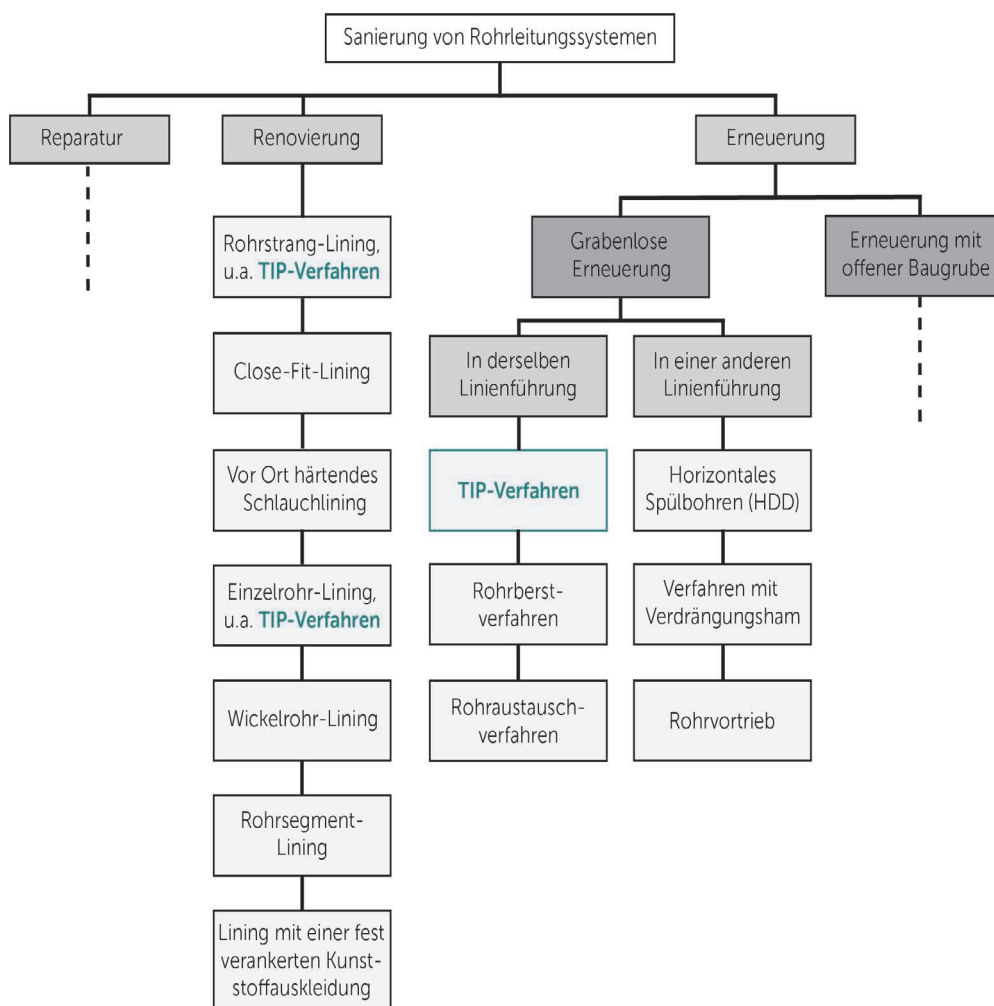


Abbildung 2: Klassifizierung des TIP-Verfahrens als Renovierungsverfahren und Erneuerungsverfahren in Anlehnung an DIN EN ISO 11296-2:2018-09

1.2 Ökologische Aspekte

Bei der Kanalsanierung / -erneuerung im TIP-Verfahren handelt es sich um ein umweltverträgliches Verfahren. Dies gilt sowohl für das Verfahren wie auch für die eingesetzten Materialien und Werkstoffe.

Durch den grabenlosen Einbau der neuen Rohre werden gegenüber der offenen Bauweise deutlich weniger CO₂-Emissionen durch Baumaschinen, Verkehrsbehinderungen sowie An- und Abtransport von Baustoffen freigesetzt. Ebenfalls reduziert sich die Menge der benötigten Baustoffe und eventuell zu deponierender Stoffe (Bodenaushub, Altrohr). Der CO₂-Emissionsanteil von geschlossenen Bauweisen im Vergleich zu offenen Bauweisen wird mit 20 Prozent bei Einzelrohrlining und 25 Prozent bei Berstverfahren angesetzt (GSTT e. V. 2015). Das TIP-Verfahren entspricht – aufgrund der vergleichbaren baulichen Aufwendungen – diesen beiden Verfahren. Bezüglich des CO₂-Ausstoßes ist es somit bei unter 25 Prozent im Vergleich zur offenen Bauweise einzuordnen (siehe **Abbildung 3**).

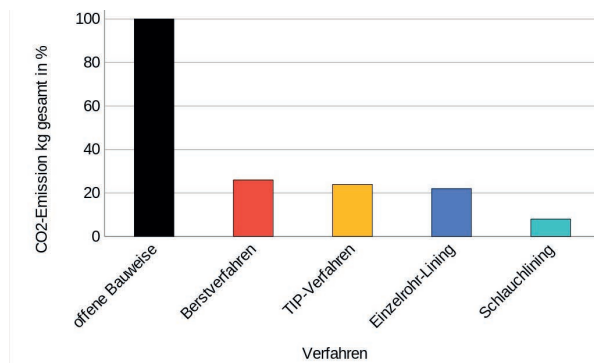


Abbildung 3: Gegenüberstellung der CO₂-Emissionen (in Anlehnung an GSTT-Informationen Nr. 11)

1.2.1 Verwendete Werkstoffe

Auch wenn Kunststoffe an sich in der öffentlichen Diskussion kritisch betrachtet werden, so erfordert die Beschäftigung mit den im TIP-Verfahren verwendeten Materialien eine differenzierte Betrachtung. Bei den als Neuohre verwendeten Kunststoffrohren handelt es sich um sortenreine Werkstoffe aus PP oder PE. Zuschlagstoffe wie Weichmacher, die mit der Zeit an die Umwelt abgegeben werden können, sind in diesen Rohrmaterialien nicht enthalten.

Die Werkstoffe PE und PP basieren auf reinen Kohlenwasserstoffverbindungen und finden auch im Lebensmittelbereich Einsatz.

Die Produktion von Kunststoffen erfolgt derzeit hauptsächlich über synthetische Verfahren auf Basis von Mineralöl. Eine biobasierte, großtechnische Herstellung über Bioethanol findet bereits Anwendung. Angesichts der fortschreitenden Entwicklung von alternativen Herstellungsprozessen sind in den nächsten Jahren deutliche Steigerungen der Produktionsmengen zu erwarten. Kunststoffe wie PE und PP können bereits über Syntheseprozesse aus CO₂ gewonnen werden. In Zukunft ist die großtechnische Umsetzung dieser Prozesse zu erwarten.

Haben Kunststoffrohre aus PE oder PP ihre technische Nutzungsdauer überschritten und in ihrer Funktion ausgedient, lassen sie sich im Sinne der Kreislaufwirtschaftsprinzips jederzeit leicht recyceln. PE und PP können auf drei unterschiedliche Arten rückstandsfrei wiederverwertet werden:

- werkstofflich (Einsatz als Granulat für die Neuproduktion z.B. von PE-/PP-Kunststoffrohren)
- rohstofflich (Basis zur Herstellung anderer Werkstoffe)
- energetisch (thermische Verwertung)

	PE (Polyethylen)	PP (Polypropylen)
Struktur	$\left[\begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\ & \\ -\text{C} & -\text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array} \right]_n$	$\left[\begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\ & \\ -\text{C} & -\text{C}- \\ & \\ \text{H} & \text{CH}_3 \end{array} \right]_n$
Ausgangsmonomer	Ethen	Propen
Herstellungsreaktion	radikalische/ katalytische Polymerisation	katalytische Polymerisation
Verbrennungsprodukte	CO ₂ und H ₂ O	CO ₂ und H ₂ O
Eignung für Lebensmittel / Trinkwasser	gegeben	gegeben
Biologisch abbaubar	nein	nein
Alternative Herstellungsmethode	Bioethanol, Rezyklate	Bioethanol, Rezyklate
Recyclingfähig	ja	ja

Tabelle 1: Technische und ökologische Eigenschaften der Rohrmaterialien PE und PP

1.2.2 Partikel-Emissionen im Wasserkreislauf

Es gibt zahlreiche Untersuchungen darüber, wie Kunststoffpartikel (Makro-/ Mikroplastik) den Weg in den Wasserkreislauf finden. Eine sehr weitreichende Konsortialstudie von insgesamt 30 Quellen hat das Fraunhofer Institut Umsicht im Jahr 2018 veröffentlicht. Für mehr als die Hälfte des primären Mikroplastik-Eintrags ist demnach der Abrieb aus Reifen verantwortlich (1228,5 g/(cap a)). In der Liste folgt die Freisetzung bei der Abfallentsorgung (302,8 g/(cap a)) sowie der Abrieb von Bitumen im Asphalt (228,0 g/(cap a)). Verwehungen von Sport- und Spielplätzen machen 131,8 g/(cap a) aus, der Abrieb durch Schuhsohlen liegt bei 109 g/(cap a)). Im unteren Teil der Auflistung wird der Abrieb durch Rohrleitungen mit 12,0 g/(cap a)) benannt, wobei eine genauere Differenzierung nicht erfolgt (**Fraunhofer Umsicht 2018**).

Eine aktuellere Veröffentlichung des Fraunhofer Instituts im Auftrag der Fachvereinigung Betonrohre und Stahlbetonrohre e.V. (FBS) hat sich im Jahr 2021 genauer mit dem Abriebverhalten der Werkstoffe beschäftigt. Das Institut kommt zu dem Ergebnis, dass

der Abrieb von Kunststoffrohren deutlich geringer ist als in der Konsortialstudie zunächst abgeschätzt: 1,45 g/(gap a) statt 12,0 g/(cap a). Damit liegen Kunststoffrohre auf dem Niveau von Abrieb von Rasentrimmern und Motorsensen (*Fraunhofer Umsicht 2021*). Weitere **Informationen zum Thema** finden Sie auf der RSV-Internetseite.



1.2.3 Transport

Kunststoffrohre, die im TIP-Verfahren zum Einsatz kommen, haben ein geringes Gewicht, was Vorteile bei Transport und Handhabung bedeutet.

1.3 Anwendungsgebiete

Das TIP-Verfahren wird bei Altrohrleitungen aus Steinzeug, Beton und Faserzement (inklusive Asbestzement) angewendet. Der Einsatz des Verfahrens bei anderen Rohrmaterialien ist im Einzelfall zu prüfen.

Nicht nur bei Kreisprofilen wird das TIP-Verfahren angewendet, sondern auch bei Ei- und Sonderprofilen. Dabei kann dieses Merkblatt sinngemäß angewendet werden. Der Einsatz ist im Einzelfall zu prüfen.

Neben der nicht erforderlichen Verfüllung von Ringraum kennzeichnet das TIP-Verfahren weitere charakteristische Merkmale:

- Hinsichtlich des Streckenverlaufs des Altrohres können leichte Richtungsänderungen in der Rohrachse durchfahren werden. Abwinklungen – zum Beispiel durch Formteile – sind nicht möglich. Die Bogengängigkeit der Systeme ist im Einzelfall zu prüfen.
- Vertikale Lageabweichungen (Unterbögen) des Altrohres werden durchfahren, aber nicht beseitigt. Es muss daher im Vorfeld geprüft werden, ob entsprechende Lageabweichungen im erneuerten Zustand akzeptiert werden können.
- Lokale Deformationen bis zu ca. 25 % und Rohrversätze von bis zu 10 % können rückverformt und die Haltung durch das TIP-Verfahren renoviert / erneuert werden.
- Das TIP-Verfahren ermöglicht aktuell die Sanierung von Kanälen von DN 150 bis DN 1200.

1.4 Beispielhafte Bilder aus der Praxis

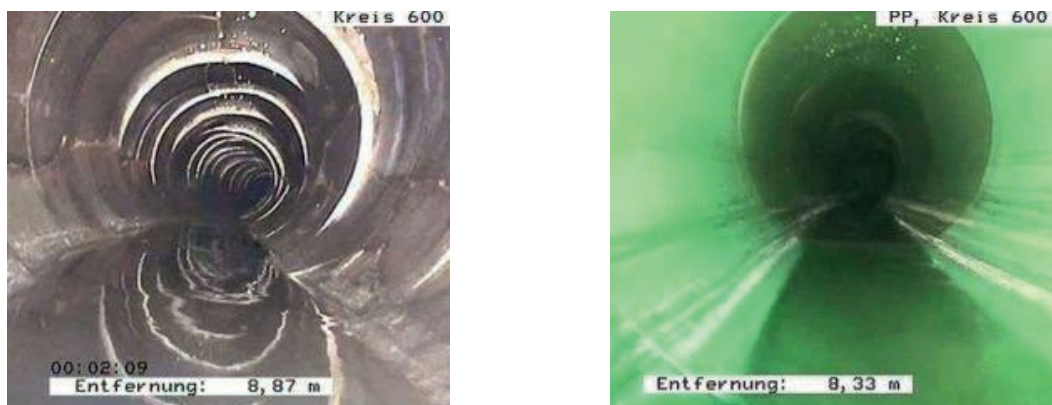


Abbildung 4: Sanierung mit dem TIP-Verfahren (links: vor der Sanierung, rechts: nach der Sanierung)



Abbildung 5: Anwendungsbeispiele für das TIP-Verfahren. Links: Deformation (AZ IIIa), Mitte: Ausbruch an der Rohrsohle (AZ III), Rechts: fehlendes Rohrstück (AZ IIIa)



Abbildung 6: Links: Mit dem TIP-Verfahren saniertes Rohr. Rechts: Schachtanbindung

1.5 Wirtschaftlichkeit und Nutzungsdauer

Für die betriebswirtschaftliche Betrachtung des TIP-Verfahrens sind nicht nur rein verfahrenstechnische Überlegungen anzustellen. Insbesondere im direkten Zusammenhang mit der gebührenrechtlichen Behandlung von Kanalbaumaßnahmen sind folgende Aspekte zu beachten:

- Erreicht die Kanalhaltung durch den Einsatz des TIP-Verfahrens eine voraussichtliche verlängerte Nutzungsdauer gegenüber dem Altrohr, liegt eine Maßnahme im Investitionsbereich vor.
- Erreicht die Kanalhaltung durch den Einsatz des TIP-Verfahrens mit hochwertigen Materialien oder mit spezieller Einbautechnik ein neues "wirtschaftliches Leben", kann eine dem Neubau entsprechende voraussichtliche wirtschaftliche Nutzungsdauer angesetzt werden.

Hinsichtlich der – gegebenenfalls noch vorhandenen – Restbuchwerte der bearbeiteten Kanalhaltung ist zu entscheiden, in welcher Höhe die verbleibende und weiter genutzte Bausubstanz in Ansatz zu bringen ist. Dabei sind auch regional unterschiedlich betrachtete Randbedingungen zu berücksichtigen.



1.6 Hinweise zum Arbeitsschutz

Die beim TIP-Verfahren verwendeten Rohre aus PE und PP sind frei von gesundheitsgefährdenden Inhaltsstoffen gemäß CMR-Liste des Umweltbundesamtes (Karzinogene,

mutagene, reproduktionstoxische (CMR) und andere problematische Stoffe in Produkten (*Umweltbundesamt 2011*).

Auch für das Verfahren bestehen in arbeitsschutzrechtlicher Hinsicht keine gesonderten Anforderungen. Es gelten die gängigen Anforderungen zum Arbeitsschutz.

2 Anforderungen

2.1 Allgemeines

Für die Sicherstellung einer gleichbleibend hohen Ausführungsqualität müssen schriftliche Festlegungen bestehen. Diese sollten sowohl für die Art als auch für den Umfang aller erforderlichen Prozessschritte vorliegen (Verfahrenshandbuch).



Arbeitsabläufe werden hierbei zweckmäßigerweise in Arbeitsanweisungen beschrieben. Das eingesetzte Personal muss durch dokumentierte Schulungsmaßnahmen mit den Festlegungen vertraut gemacht werden. Die Arbeitsanweisungen sind daher Bestandteile einer gütegesicherten Verfahrensdurchführung und sind für alle qualitätsrelevanten Tätigkeiten bei der Ausführung von Maßnahmen im TIP-Verfahren nachzuweisen.

2.2 Qualifikationen des Unternehmens

Mit der Durchführung der Arbeiten dürfen nur fachkundige Unternehmen betraut werden.

Insbesondere ist dies nachzuweisen für:

- Geräteausstattung
- Qualifikation des Personals für das jeweilige Verfahren
- Eigenüberwachung
- Bezug von Lieferungen und Fremdleistungen

Der Auftraggeber kann ein „System zur Prüfung von Lieferanten oder Unternehmen“ gemäß EG-Richtlinie vom 17.09.1990 anwenden (**Anhang C der DIN EN 1610**). Auftraggeber, die sich dieses Systems bedienen, sind verpflichtet, bei der Vergabe der Bauleistung mit entsprechender Sorgfalt vorzugehen und die erforderlichen Qualifikationen abzufragen bzw. sich von diesen Qualifikationen zu überzeugen. **Hinweise hierzu gibt die DIN 1960 (VOB/A §8 Nr.3).**



Die **RAL-Gütesicherung GZ 961** enthält Anforderungen an Sanierungen. Unter anderem ist geregelt, dass an einen evtl. eingesetzten Nachunternehmer dieselben Anforderungen als an den Hauptunternehmer zu stellen sind.

RAL hat die Gütegemeinschaft Herstellung und Instandhaltung von Abwasserleitungen und -kanälen e. V. - **Güteschutz Kanalbau** - als die Institution anerkannt, die alle im Zusammenhang mit der Gütesicherung Kanalbau RAL-GZ 961 anstehenden Aufgaben durchführt.

Für das TIP-Verfahren gibt es derzeit beim Güteschutz Kanalbau noch keine eigene Systemgruppe. Aufgrund der spezifischen Anforderungen des Verfahrens wird die Einrichtung einer solchen Gruppe vom RSV empfohlen. Bis dieses besteht, wird die Anwendung der Gruppe S 51.1 (Berstverfahren) empfohlen.



2.2.1 Sanierungshandbuch

Auftragnehmer, die das TIP-Verfahren anwenden, müssen ein entsprechendes Sanierungshandbuch vorweisen. Mindestanforderungen hierzu sind im Nachweis zur Eignung nach **RAL-GZ 961** zu finden.

2.2.2 Gerätetechnik

Da beim TIP-Verfahren hohe Kräfte auftreten können, ist es wichtig, dass die eingesetzten Geräte die Anforderungen zur Funktionseignung und Arbeitssicherheit erfüllen. Sie müssen zudem den Vorschriften der DGUV entsprechen. Alle eingesetzten Maschinen müssen der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG CE entsprechen.



2.2.3 Schulungen

Die mit der Durchführung des TIP-Verfahrens beauftragte Kolonne muss aus Fachkräften und unterwiesenen Personen bestehen. Qualifikationsnachweise, Schulungsmaßnahmen und Unterweisungen sind zu dokumentieren und müssen zumindest folgende Angaben enthalten:

- Ort, Datum
- Thema und Inhalt
- Name und Unterschrift der Teilnehmer
- Ausbilder / Ausbildungsort

Pro Jahr ist mindestens eine verfahrensbezogene Schulung durchzuführen und zu dokumentieren.



2.2.4 Gütesicherung auf der Baustelle

Dokumentation und Rückverfolgbarkeit

Für jede durchgeführte Baumaßnahme ist eine lückenlose Dokumentation sämtlicher prozessrelevanter Schritte und vorbereitender Arbeiten anzufertigen. Diese Aufzeichnungen sind mindestens 10 Jahre aufzubewahren.

Die Dokumentation der Arbeiten auf der Baustelle muss mindestens umfassen:

- Muster-Baustellenprotokoll für TIP- Verfahren (siehe **Anlage 8.1**)
- Optische Inspektion vor und nach der Sanierung
- Kalibrierprotokoll
- Einmessung der Anschlüsse
- Baustellentagesprotokolle Der Auftraggeber hat im Rahmen der Vergabe zu regeln, wer die Dokumentation durchzuführen hat.

2.3 Anforderungen an Neurohre

Nachfolgend werden die Anforderungen an die Rohrgeometrie, die eingesetzten Werkstoffe, die Rohrverbindungen und die Rohrstatik beschrieben.

2.3.1 Durchmesser und Ringspalt

Der Außendurchmesser des neuen Rohrs ist beim TIP-Verfahren geringfügig kleiner als der Innendurchmesser des Altrohrs, so dass der Querschnitt nur minimal reduziert wird (**Tabelle 2**).

Nennndurchmesser Altrohr [DN]	Typische Außendurchmesser Neurohr [mm] *	Zugehöriger Ringspalt [mm]
150	144	3
200	192	4
250	242	4
300	292	4
350	340	5
400	392	4
450	440	5
500	485	7,5
600	580	10
700	680	10
800	775	12,5
900	875	12,5
1000	975	12,5



Tabelle 2: Anhaltswerte zur Dimensionsierung des Neurohrs

* Andere Abmessungen sind möglich, dabei sollte jedoch der maximale Ringspalt von 5 % bis DN 450 und 4 % ab DN 500 – bezogen auf die Abmessung des Altrohres – nicht überschritten werden.

Beim Ringspalt handelt es sich um die halbe Durchmesserdifférenz zwischen dem Innendurchmesser des Altrohres und dem Außendurchmesser des Neurohrs. **Dabei ist der tatsächliche Innendurchmesser des vorhandenen Altrohres z.B. mittels Kalibriermessungen zu bestimmen.** Beim Neurohr wird der vom Hersteller angegebene, Außendurchmesser des Rohres verwendet. Der so ermittelte, prozentuale Ringspalt kann auf eine halbe Dezimalstelle gerundet werden.

Grundsätzlich gilt: Der maximale Ringspalt von 5 % bis DN 450 und 4 % ab DN 500 – bezogen auf die Abmessung des Altrohres – darf nicht überschritten werden.



2.3.2 Werkstoffe

Für den Rohreinzug im TIP-Verfahren werden üblicherweise Neurohre aus Polypropylen (PP) und Polyethylen (PE) eingesetzt. Auch andere Werkstoffe sind nach Einzelfallprüfung möglich (siehe **Tabelle 3**: Werkstoff der Neurohre). Die Neurohre für das TIP-Verfahren werden üblicherweise aus folgenden Werkstoffen hergestellt:

Werkstoff	Verfahren	Abmes- sungsbe- reich [DN]	Besonderheiten
PP-HM Polypropylen mit hohem E-Modul (Werkstoff nach DIN EN 1852-1) E-Modul mindestens 1.700 MPa (Kurzzeit)	Einzelrohr- und Rohrstrangverfahren ohne Umformtechnik	150 bis 1200	Vollwandrohre mit inspektionsfreundlicher Farbe oder Innenschicht
PE 100-RC Polyethylen mit hoher Spannungsrisssbeständigkeit (Werkstoffanforderungen nach DIN 8075, DIN EN 12201-1)	Rohrstrangverfahren mit / ohne Umformtechnik	150 bis 1200	Vollwandrohre mit inspektionsfreundlicher Farbe oder Innenschicht

Tabelle 3: Werkstoffe der Neurohre

Folgende Hinweise gilt es bei der Auswahl des Rohrwerkstoffes zu beachten:

- Andere Werkstoffe können verwendet werden, wenn deren Eignung nachgewiesen wird.
- Für das TIP-Verfahren können nur Neurohre mit außen glatten Rohrverbindungen und auf das Altrohr angepassten Abmessungen eingesetzt werden.
- Beim TIP-Verfahren mit Rohrsträngen aus PE müssen die Neurohre aus PE 100-RC hergestellt sein.
- Die Neurohre für das TIP-Verfahren müssen so dimensioniert sein, dass der Ringspalt zwischen dem Außendurchmesser der Neurohre und dem Innendurchmesser der Altrohre den im **Kapitel 2.3.1** genannten Anmerkungen unter dieser **Tabelle** entspricht.
- Wenn im Altrohr unterschiedliche Innendurchmesser festgestellt werden, ist der kleinste zulässige Außendurchmesser der Neurohre entsprechend zu ermitteln.

2.3.3 Rohrverbindungen

Beim TIP-Verfahren dürfen keine Rohre mit über den Rohraußendurchmesser hinaus aufragenden Verbindungen verwendet werden. Zum Einsatz kommen Steckverbindungen mit elastomeren Dichtungen, Schweißverbindungen oder kombinierte Steck- / Schweißverbindungen. Die maximal zulässigen Werte für die axial wirkenden Kräfte in den Verbindungen sind vom Hersteller anzugeben.

Bei der Erstellung von Schweißverbindungen kommen Heizelementstumpfschweißverbindungen oder wandintegrierte Heizwendelschweißverbindungen zum Einsatz. Hierbei sind für PE-Rohre die Vorgaben der **DVS Richtlinie 2207 Teil 1** und für PP-HM

Rohre die Vorgaben in Anlehnung an die DVS Richtlinie 2207 Teil 11 und insbesondere die Herstellerangaben einzuhalten. Ferner gilt:

- Schweißwülste sind vor dem Rohreinbau innen und außen zu entfernen.
- Beim Einsatz von Steckverbindungen mit elastomeren Dichtungen müssen die Dichtungen den Vorgaben der DIN EN 681-1 oder 681-2 entsprechen.
- Die Rohrverbindungen bei Rohren aus thermoplastischen Werkstoffen müssen den Anforderungen der DIN EN ISO 13259 Prüfbedingung A bis D erfüllen. Bei anderen Werkstoffen müssen mindestens die Anforderungen der DIN 4060 erfüllt werden.



2.3.4 Statische Anforderungen

Die statische Berechnung von Rohren, die im TIP-Verfahren in bestehende Abwasserkanäle eingebaut werden, erfolgt auf Grundlage des DWA-A 143-2. Die Neurohre müssen die betriebstechnischen und statischen Belastungen unter Berücksichtigung des Altrohrzustandes übernehmen können. Die Klassifikation der vorhandenen Rohrleitung in einen Altrohrzustand erfolgt gemäß DWA-A 143-2.

Nachweis bei Altrohrzustand I:

Sofern Altrohrzustand I vorliegt, erfolgt der statische Nachweis der Neurohre für die Einwirkung eines Wasseraußendruckes (Mindestgrundwasserstand: 1,5 m über Rohrsohle bzw. 0,1 m über Scheitel). Anzusetzende Imperfektionen sind im DWA-A 143-2 für das TIP-Verfahren bisher nicht definiert.

Der Ringspalt w_s ergibt sich aus der Differenz zwischen Innendurchmesser des Altrohres und Außendurchmesser des Neurohres:

$$w_s = \frac{d_{i,alt} - d_{a,neu}}{2}$$

w_s = Ringspalt

$d_{i,alt}$ = max. Innendurchmesser Altrohr (Nennweite)

$d_{a,neu}$ = Außendurchmesser Neurohr

Im Rahmen der Stabilitätsbetrachtung wird rechnerisch eine lokale Vorverformung w_v angesetzt. Für diese wird der Mindestwert gemäß DWA-A 143-2 von 2 % des mittleren Neurohrradius angenommen.

Nachweis bei Altrohrzustand II und III

Für die statische Nachweisführung der Altrohrzustände II und III wird beim TIP-Verfahren keine Unterscheidung vorgenommen. In beiden Fällen sind die Neurohre sowohl für die Einwirkung von Erd- und Verkehrslasten als auch von Wasseraußendruck nachzuweisen. Da sich die Neurohre bei Altrohrzustand II nicht an die verformte Geometrie des Altrohres anpassen, sondern letzteres rückgeformt wird, ist nach Einzug des Rohres mit der Einwirkung von Erd- und Verkehrslasten auf das Neurohr zu rechnen. Anzusetzen ist daher das im DWA-A 143-2 definierte Rechenmodell eines in einem Viergelenkring gebetteten Neurohres.

Es wird empfohlen, den Konzentrationsfaktor λ_R in Anlehnung an das DWA-A 143-2 mit 1,5 und den horizontalen Erddruckbeiwert K_2 mit 0,2 anzusetzen.

Die Nachweisführung erfolgt analog DWA-A 143-2 entweder mit Hilfe eines Stabwerk- oder eines FE-Modells. Die Spaltbildung darf hier nicht berücksichtigt werden (betrifft Erd- und Verkehrslast). Auf den Ansatz einer lokalen Vorverformung kann verzichtet werden. Es ist eine Gelenkringvorverformung entsprechend der zu erwartenden Ovalität der eingesetzten Rohre anzusetzen. Diese sollte bei maximal 2 % liegen.

Die statische Nachweisführung für den Lastfall Wasseraußendruck erfolgt analog zum Altrohrzustand I für den vorhandenen Grundwasserstand bzw. für den anzusetzenden Mindestwasserdruck.

Die Überlagerung der Lastfälle Erd- und Verkehrslast und des Lastfalls Wasserdruck nach DWA-A 143-2 ist nachzuweisen.

Nachweis bei Altrohrzustand III a

Dem Altrohr wird keine Resttragfähigkeit zugewiesen. Die statische Nachweisführung erfolgt hier nach ATV-DVWK A 127 als erdverlegtes Rohr.

Nachweis im Einbauzustand

Beim Rohreinbau müssen die auf die Neurohre wirkenden Kräfte, resultierend aus der Mantelreibung und anderen verfahrensspezifischen Belangen, vom Neurohr und dessen Verbindungen aufgenommen werden. Die entsprechenden Herstellerangaben zu den zulässigen Zugkräften und den Vortriebskräften der verwendeten Neurohre müssen eingehalten und dokumentiert werden.

Bei der Umformtechnik sind die erhöhten Beanspruchungen auf Rohrmaterial und Rohrverbindung nachzuweisen.



2.4 Schachtbauwerke und Baugruben

Geltende Arbeitsschutzrichtlinien müssen unabhängig von verfahrensspezifischen Vorgaben eingehalten werden.

Beim TIP-Verfahren müssen die Schachtbauwerke und Baugruben den Maschinen- und verfahrensspezifischen Belangen entsprechen. Die entsprechenden Herstellerangaben (Rohr- und Maschine) müssen eingehalten werden.

Der Zustand von Schachtbauwerken sollte für die Anwendung des TIP-Verfahrens – insbesondere für die Kraftaufnahme der Maschinentechnik – im Vorfeld überprüft werden.

Zusätzlich gilt für Schachtbauwerke:

- Bei Schachtbauwerken, in denen Maschinentechnik (Zuglafetten, Schubgeräte, Verspanntechnik) installiert wird, ist ein Mindestdurchmesser von 1.000 mm erforderlich.
- Bei Startschächten, aus denen Neurohre eingebaut werden, sollte die zu sanierende Haltung idealerweise im rechten Winkel auf den Schacht treffen, um ausreichend Platz für das Handling der Technik und des Rohrmaterials zu gewährleisten. Trifft der Zu- bzw. Ablauf der zu sanierenden Haltung tangential auf das Schachtbauwerk, sind die zur Verfügung stehenden Platzverhältnisse ggf. zu prüfen.
- Bei Zwischenschächten ist die zulässige Abwinkelbarkeit bzw. der Biegeradius (horizontal und vertikal) der verwendeten Neurohre einzuhalten.
- Für Start- und Zielschächte, bei denen eine Tiefe von kleiner gleich 2,0 m eingehalten wird, ist der Konus zu entfernen (Arbeitsschutz).
- Bei Rohren größer als DN 500 ist der Konus ebenfalls zu entfernen
- Die Steigeisen sind zu entfernen, um die Verletzungsgefahr zu minimieren
- In Abhängigkeit von der Maschinentechnik kann es erforderlich sein, Sohle und / oder Berme zu entfernen

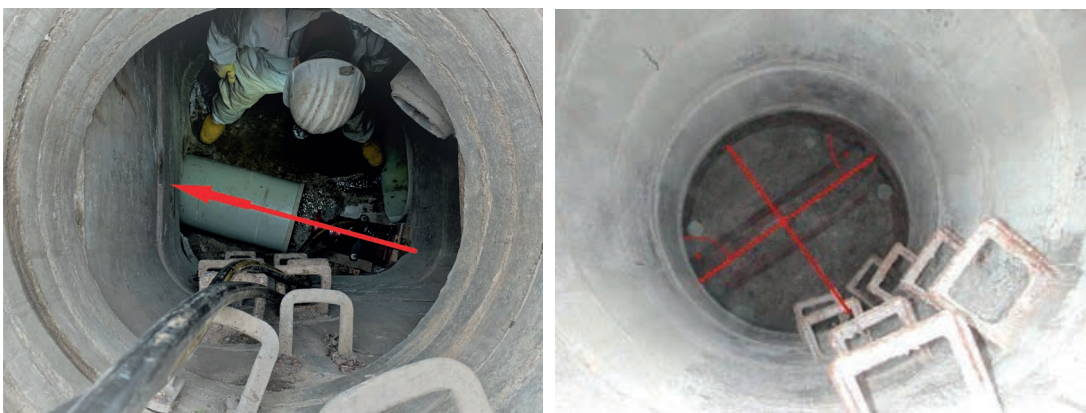


Abbildung 7: Links: Ungünstige Geometrie: Ein tangentialer Gerinneverlauf (Pfeil). Rechts: Optimale Gerinnelage für die Anwendung des TIP-Verfahrens

Zusätzlich für Baugruben:

- Bei Startbaugruben zum Einbau von Rohrsträngen sind die zulässigen Biegeradien in Abhängigkeit von der Rohrtemperatur zu beachten (siehe **Kapitel 3.2**)
- Bei Arbeiten im Grundwasser sind die Baugruben durch geeignete Maßnahmen wasserfrei zu halten.

Kontrolle und Lagerung der Materialien auf der Baustelle

Vor Einbau der Rohre und Rohrleitungsteile sind diese auf eventuelle Beschädigungen

zu überprüfen. Weiterhin sind Herstellerzeichen, Zulassung oder DIN, EN-Nr. etc. der Rohrkennzeichnung zu überprüfen.

Die Rohre und Rohrleitungsteile sind nach Herstellerangaben zu lagern. Insbesondere gegen zu hohe Temperaturen und intensive UV-Strahlung muss das Material geschützt werden.



3 Verfahrensvarianten

3.1 TIP-Verfahren mit Einzelrohren

Beim TIP-Verfahren mit Einzelrohren werden werksseitig gefertigte Neurohrmodule in den zu erneuernden Kanal eingebaut. Dies kann entweder aus Schächten oder Baugruben heraus erfolgen. Beim Einbau der Rohre sind die zulässigen Vortriebskräfte einzuhalten. Diese werden vom jeweiligen Hersteller angegeben. Die tatsächlich auftretenden Vortriebskräfte sind zu überwachen und zu protokollieren (Muster siehe **Anlage 8.2**).

In Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten kann das TIP-Verfahren mit Einzelrohren von Schacht zu Schacht, Schacht zu Baugrube sowie von Baugrube zu Baugrube eingesetzt werden.

3.1.1 Schacht – Schacht

Der Einbau erfolgt ohne weitere Tiefbauarbeiten. Die Anforderungen an die Start- und Zielschächte werden in Kapitel 2.4 beschrieben.

Für den Einbau stehen verschiedene Varianten zur Verfügung (siehe **Anlage 8.3**)

- Einschubverfahren
- Einschubverfahren mit Zugunterstützung
- Einzugverfahren unter Vorspannung

Bei der in Abbildung 8 dargestellten Variante handelt es sich um das Einzugverfahren unter Vorspannung.

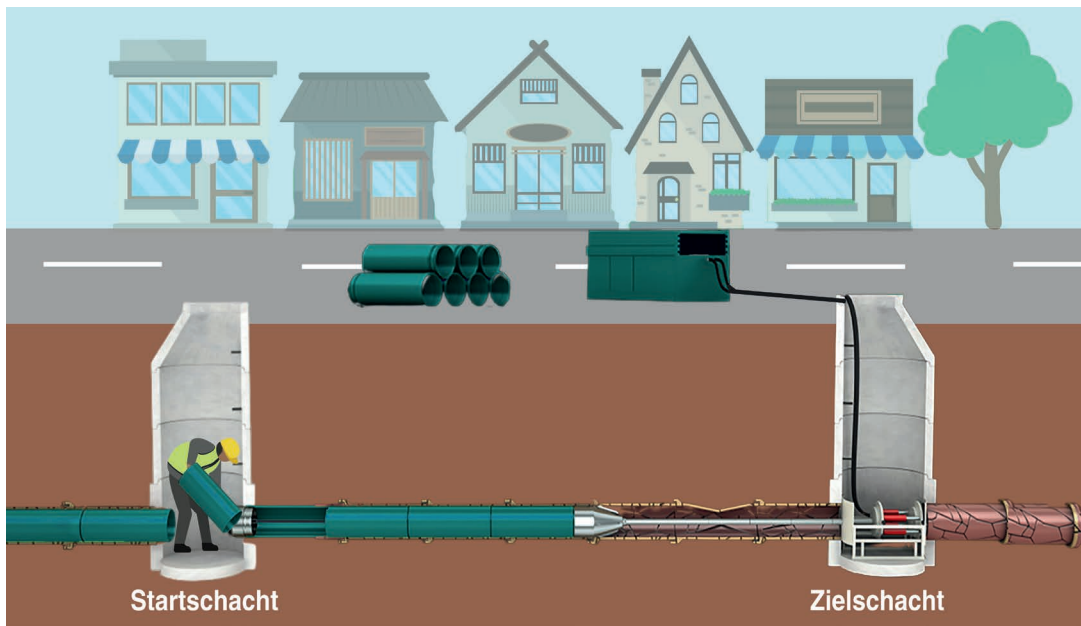


Abbildung 8: Einbau Einzelrohre Startschacht (l.) – Zielschacht (r.) (Einzugsverfahren)

3.1.2 Baugrube – Schacht

Bei dieser Variante kann der Rohreinbau aus einer Baugrube oder einem entsprechend beschaffenen Schacht erfolgen.

Hier stehen verschiedene Varianten zur Verfügung (siehe **Anlage 8.3**: Einbauverfahren):

- Einschubverfahren
- Einschubverfahren mit Zugunterstützung
- Einzugverfahren unter Vorspannung

Bei den in **Abbildung 9** und **Abbildung 10** dargestellten Varianten erfolgt der Rohreinbau aus einer Startbaugrube heraus. Es handelt sich in Abbildung 9 um das Einzugverfahren. In Abbildung 10 ist das Einschubverfahren dargestellt.

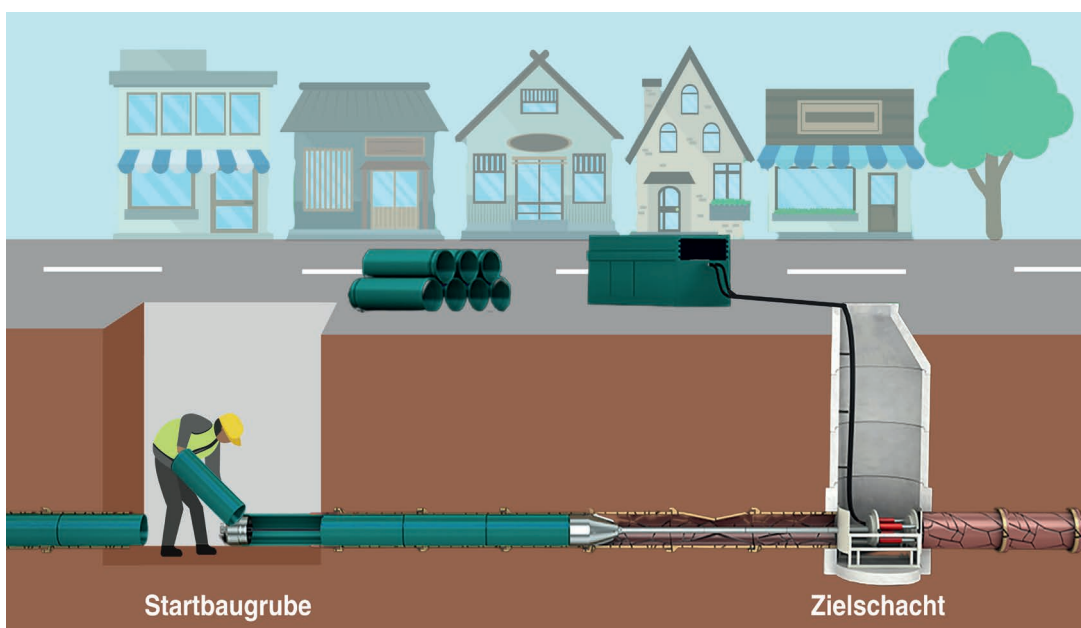


Abbildung 9: Einbau Einzelrohre Startbaugrube – Zielschacht (Einzugsverfahren)

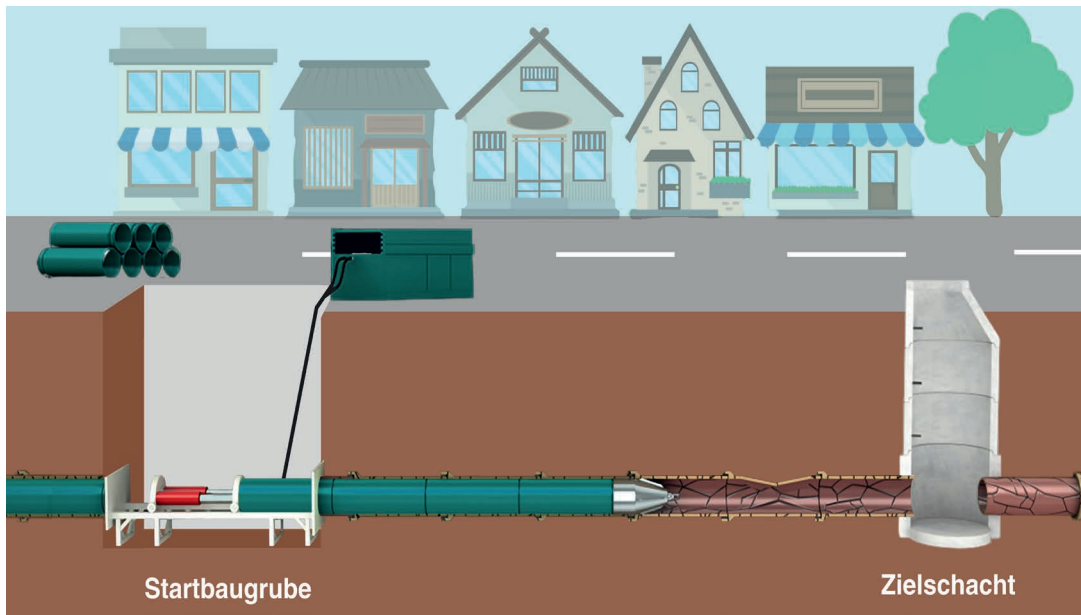


Abbildung 10: Einbau Einzelrohre Startbaugrube – Zielschacht (Einschubverfahren)

3.1.3 Baugrube – Baugrube

Bei dieser Variante erfolgt der Rohreinbau aus Baugruben heraus. Hier stehen verschiedene Varianten zur Verfügung (siehe **Anlage 8.3**):

- Einschubverfahren
- Einschubverfahren mit Zugunterstützung
- Einzugverfahren unter Vorspannung

Bei der in **Abbildung 11** dargestellten Variante erfolgt der Rohreinbau im Einzugverfahren aus einer Startbaugrube heraus.

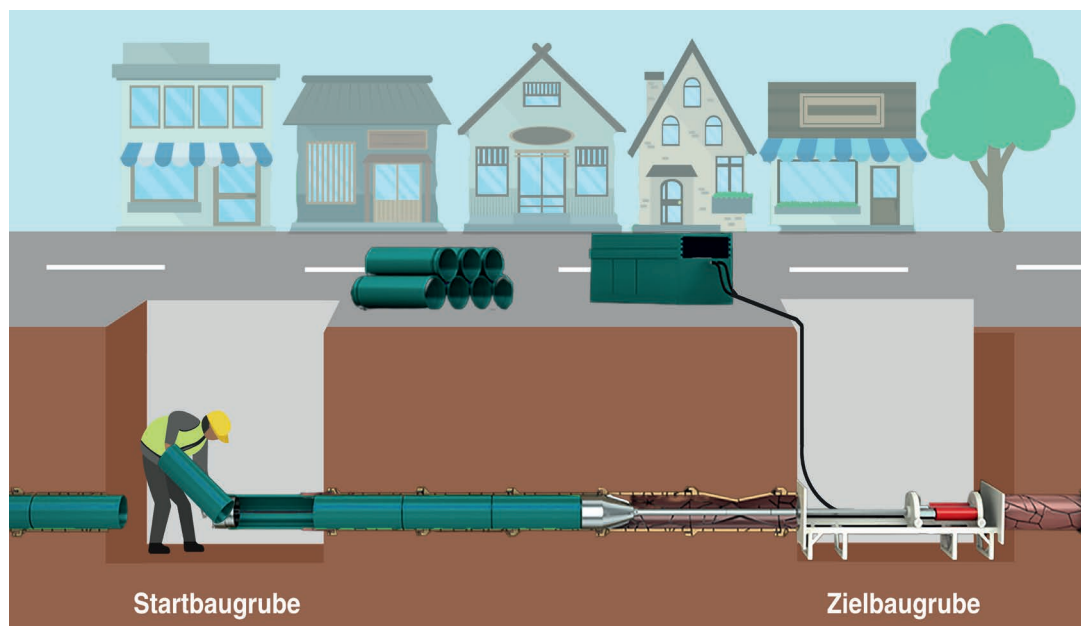


Abbildung 11: Einbau Einzelrohre Startbaugrube zu Zielbaugrube (Einzugsverfahren)

3.2 TIP-Verfahren mit Rohrstrang

Bei diesem Verfahren wird ein zuvor zusammengeschweißter Rohrstrang in den zu sanierenden Abschnitt eingebaut. Dabei können die Neurohre – wie in **Anlage 8.3** Einbauverfahren beschrieben – aus Baugruben heraus und bei Sonderverfahren auch aus Schächten heraus eingebaut werden.

Dabei ist folgendes zu beachten:

- Die zulässigen Zugkräfte der verwendeten Neurohre dürfen beim Einzug des Rohrstrangs nicht überschritten werden.
- Die auftretenden Zugkräfte sind zu messen und zu protokollieren. Alternativ kann durch geeignete Maßnahmen ein Überlastungsschutz sichergestellt werden. Dies ist ebenfalls zu protokollieren. (siehe Musterprotokoll **Anlage 8.2**)
- Der temperaturabhängige minimal zulässige Biegeradius des Rohrstrangs darf beim Einbau nicht unterschritten werden.
- In Abhängigkeit von der Tiefenlage und des zulässigen Biegeradius wird die erforderliche Baugrubenlänge bzw. Länge des Rohreinzugschlitzes ermittelt. Der zulässige Biegeradius ergibt sich aus dem Werkstoff, der Temperatur und der Abmessung des Rohres.



In der folgenden **Abbildung 12** ist dargestellt, wie die Baugrubenlänge in Abhängigkeit vom Biegeradius des Rohrstrangs berechnet werden kann.

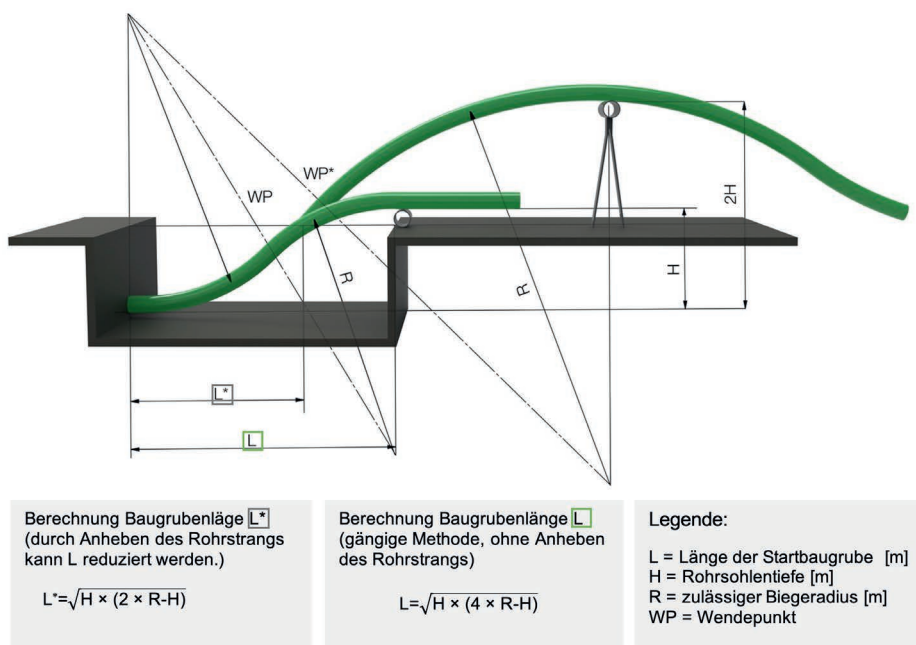


Abbildung 12: Berechnung der Baugrubenlängen mit/ ohne Anheben des Rohrstrangs

In Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten kann das TIP-Verfahren mit Rohrstrang von Baugrube zu Baugrube (siehe Beispiel **Abbildung 13**) sowie von Baugrube zu Schacht (siehe Beispiel **Abbildung 14**) eingesetzt werden.

3.2.1 Baugrube – Baugrube

Der Einbau des vorgeschweißten Rohrstranges erfolgt von einer Startbaugrube zu einer Zielbaugrube. Über die Startbaugrube wird der Rohrstrang eingezogen. In der Zielbaugrube befindet sich die Maschinenteknik / Umlenkung für den Rohreinzug.

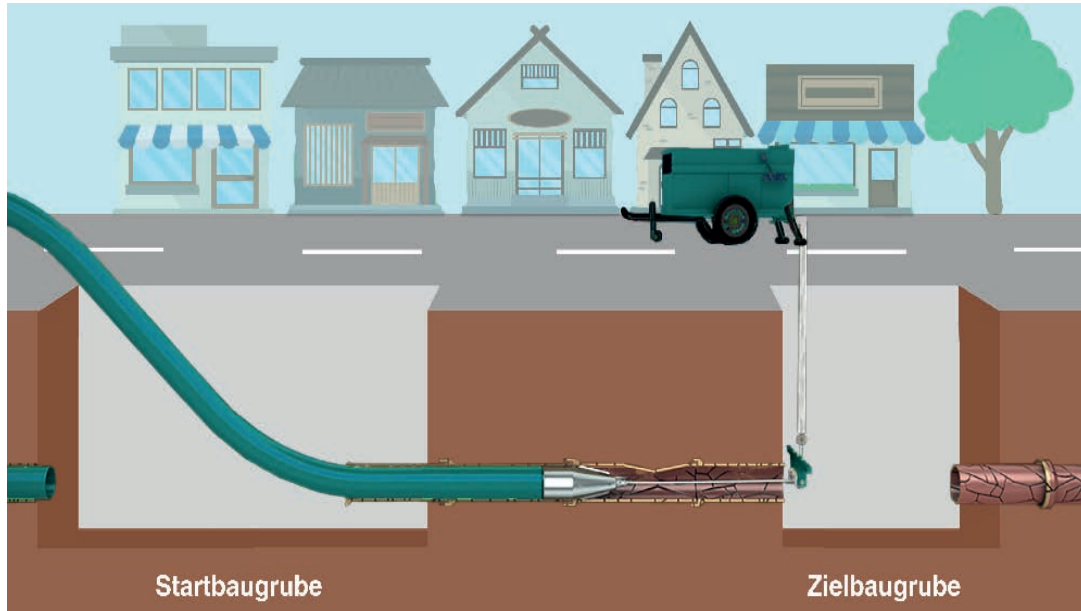


Abbildung 13: Einbau eines Rohrstrangs von Startbaugrube zu Zielbaugrube

3.2.2 Baugrube – Schacht

Der Einbau des vorgeschweißten Rohrstrangs erfolgt von einer Startbaugrube zu einem Ziel-schacht. Über die Startbaugrube wird der Rohrstrang eingezogen. Im Zielschacht befindet sich die Maschinenteknik / Umlenkung für den Rohreinzug.

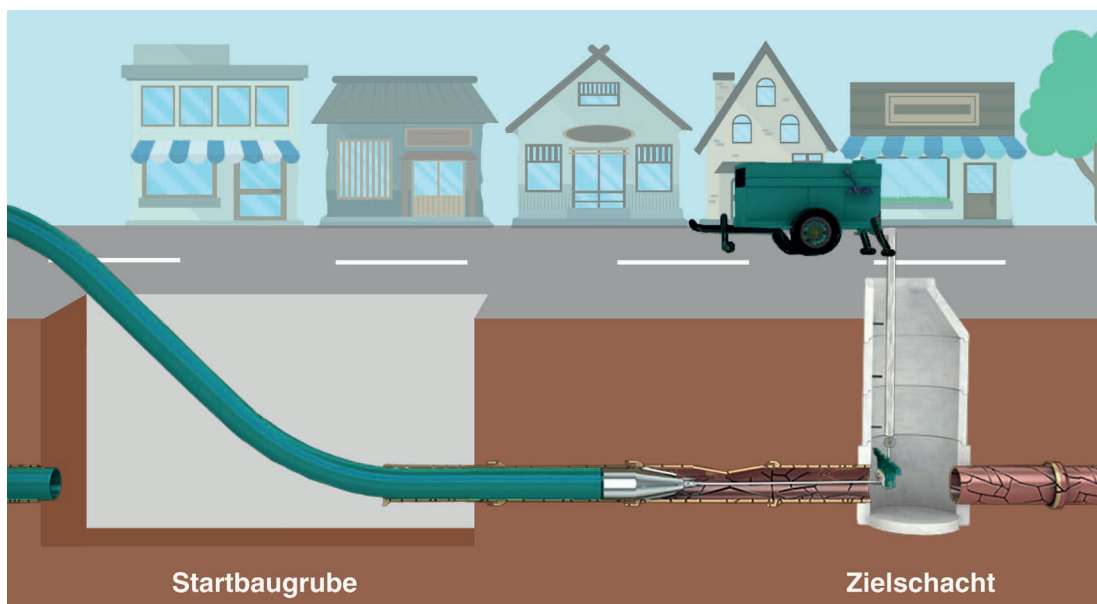


Abbildung 14: Einbau eines Rohrstrangs von der Startbaugrube zum Zielschacht

3.2.3 Umformtechnik (Sonderverfahren)

Bei dieser Verfahrensvariante wird ein zuvor zusammengeschweißter Rohrstrang über eine spezielle Umformtechnik ovalisiert, umgelenkt und rückverformt. Dadurch wird der Biegeradius verkürzt (siehe **Abbildung 15**). Diese Variante hat den Vorteil, dass der Einzug über einen vorhandenen Schacht oder eine verkürzte Baugrube erfolgen kann. Dieses Verfahren eignet sich für die Altrohrdimensionen DN 200, DN 250 und DN 300. Für die Umformtechnik müssen Neurohre aus dem Werkstoff PE 100 RC verwendet werden.

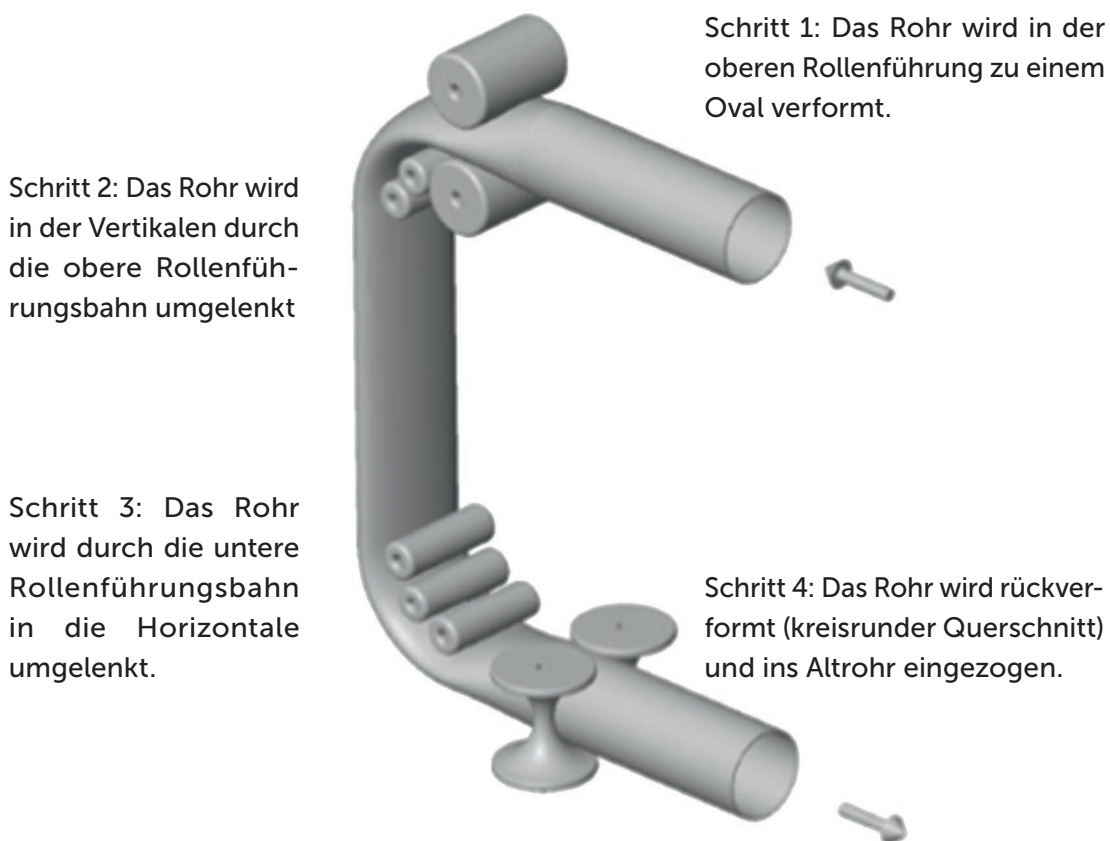


Abbildung 15: Umformtechnik zur Verformung des Rohres beim Einzug in die Baugrube/ in den Schacht

Zu beachten ist:



- Die Umformung muss mit einer geeigneten Maschinenteknik erfolgen.
- Wie für andere Technologien, bei denen Verformungen des Rohrmaterials während der Installation erfolgen, gilt: Die verwendeten Rohre müssen für die Umformtechnik vom Hersteller ausdrücklich als geeignet gekennzeichnet werden. Insbesondere ist die maximale Ovalisierung sowie der minimale Biegeradius der ovalisierten Rohre sowie die maximal zulässige Zugkraft der rückverformten Rohre anzugeben.
- Eventuell erforderliche Rohrverbindungen und die Schachteinbindungen müssen zugfest ausgeführt werden

Der Einbau des vorgeschweißten Rohrstranges erfolgt über einen vorhandenen Startschacht (siehe **Abbildung 16**) oder eine Startbaugrube. Die Maschinentechnik zum Einzug befindet sich in einer Zielbaugrube.

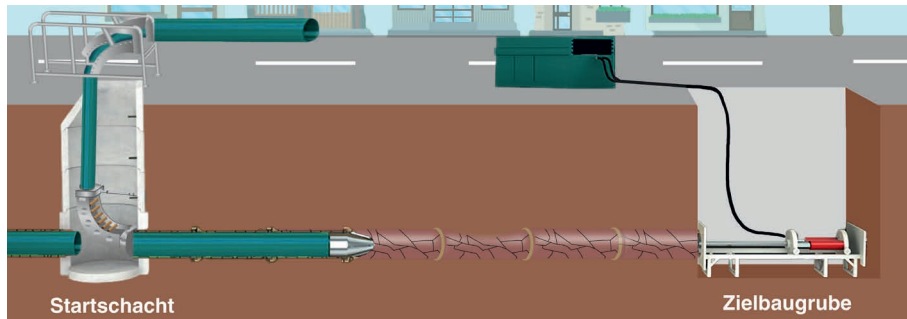


Abbildung 16: Rohrreinbau mit der Umformtechnik vom Startschacht zur Zielbaugrube

Bei vorhandenen Hilfsschächten kann ohne Baugruben von Schacht zu Schacht gearbeitet werden (siehe Abbildung 17). Der Hilfsschacht dient zur Aufnahme der Zuganlage für die Sanierung zwischen Startschacht und Zielschacht.

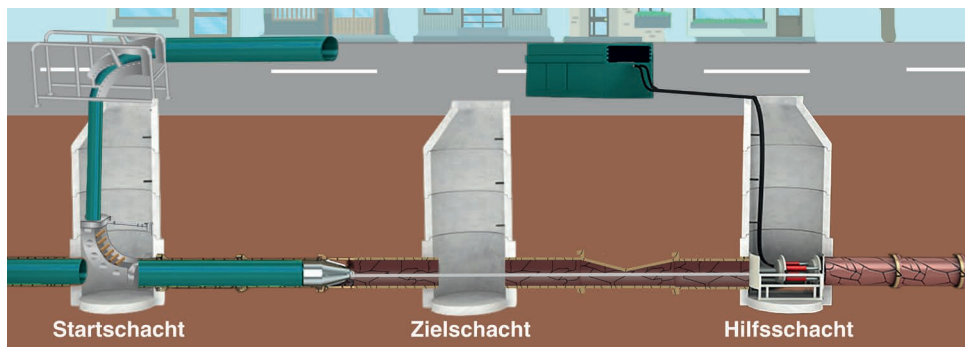


Abbildung 17: Rohrreinbau mit der Umformtechnik vom Startschacht zum Zielschacht

4 Planung

Für die Planung der Arbeiten ist eine sorgfältige Ist-Aufnahme (Optische Inspektion und Kalibermessung) der vorhandenen Altrohrleitungen durchzuführen um festzulegen, ob das TIP-Verfahren unter Beachtung der nachfolgenden Punkte eingesetzt werden kann.

4.1 Hydraulische Leistungsfähigkeit

Wie bei anderen Verfahren muss auch beim TIP-Verfahren im Vorfeld eine hydraulische Betrachtung des zu sanierenden Abschnitts erfolgen. Die hydraulische Leistungsfähigkeit ist entsprechend den zu erwartenden Anforderungen an die neue Rohrleitung zu prüfen (DWA-A 118). Der hydraulische Querschnitt wird beim TIP-Verfahren um die Wanddicke des neuen Rohres reduziert. Die betriebliche Rauigkeit der verwendeten Werkstoffe sorgt für eine günstige hydraulische Leitfähigkeit des sanierten Kanals.

4.2 Zustandserfassung

Für den Einsatz des TIP-Verfahrens müssen insbesondere folgende Randbedingungen des Altkanals bezüglich Vor- und Nacharbeiten berücksichtigt werden:

- Unterschiede im Innendurchmesser
- Richtungsänderungen
- Rohrversätze
- Abzweige oder Anschlüsse
- Wurzeleinwuchs
- Grundwassereintritt mit / ohne Bodeneintrag
- Abflusshindernisse
- Deformation
- Lageabweichungen

Für den Einsatz des TIP-Verfahrens müssen insbesondere folgende Randbedingungen der Schächte bezüglich der Einbringung der Rohre bzw. Einbindung des Altkanals berücksichtigt werden (siehe hierzu auch **Kapitel 2.4**):



- Innendurchmesser
- Gerinneverlauf
- Lage / Zustand Zu- und Ablauf
- Eignung des Schachtes als Rohreinbau- oder Maschinenschacht
- Schachttiefe
- Material / Geometrie

4.3 Wahl der Verfahrensvariante

Anhand der vorhandenen Schächte und der Örtlichkeiten ist zu entscheiden, ob ein Einzelrohr- oder Rohrstrangverfahren gewählt wird und ob aus Baugruben oder Schächten gearbeitet wird. Das Arbeiten aus Schächten heraus bietet den Vorteil, dass keine bzw. nur geringfügige Tiefbauarbeiten zum Einbau der Rohre erforderlich sind.

Durch Baugruben lassen sich bedarfsgerecht die erforderlichen Platzverhältnisse herstellen und es kann mit vorgefertigten Rohrsträngen gearbeitet werden. Zudem lassen sich längere Einbaustrecken realisieren.

Bei der Wahl der Verfahrensvariante sind auch Randbedingungen wie Verkehrsverhältnisse, Oberflächenbeschaffenheit und Fremdleitungen zu berücksichtigen.

4.4 Baugrund

Da beim TIP-Verfahren keine Bodenverdrängung erfolgt, ist dieser Punkt in der Planung des Rohreinbaus nicht relevant. Sind Baugruben erforderlich, ist für den Nachweis zur Aufnahme der Lastkräfte, Bodenentsorgung etc. ein entsprechendes Baugrundgutachten erforderlich.

4.5 Angaben zum Sanierungsabschnitt

Die geplanten Maßnahmen sind von Seiten des Auftraggebers mit Lageplan und Längsschnitt haltungsweise darzustellen.

Anzugeben sind u.a.:

- Innendurchmesser des Altrohres, Abweichungen (Kalibermessung)
- Werkstoff des Altrohres, Abweichungen
- ggf. Lage und Größe der Baugruben
- Detailzeichnungen, z.B. der Einbindung des Neurohres an Schächte und Sonderbauwerke
- Außendurchmesser des Neurohres
- Sohlhöhen, sowie Sohlgefälle
- Anschlüsse, Kennzeichnung nicht mehr benötigter Anschlüsse
- geplante Abflusslenkung

4.6 Kalibrierung

Aufgrund des geringen Ringspalts beim TIP-Verfahren ist eine Kalibermessung mit gleichzeitiger optischer Inspektion durchzuführen. Der lichte Innendurchmesser des unbeschädigten Altrohres muss hierbei ermittelt werden.

Bei den Kalibermesssystemen wird zwischen mechanischen und optischen Systemen unterschieden. Bei der Wahl des jeweiligen Verfahrens müssen die spezifischen Randbedingungen betrachtet werden.

Bei der Kalibermessung sind folgende Mindestanforderungen einzuhalten:

- begleitende optische Inspektion während der Kalibermessung
- fortlaufende Angabe des Innendurchmessers des Altrohres inklusive Stationierung
- Dokumentation des minimalen und maximalen Innendurchmessers

Die technischen Randbedingungen der jeweiligen Messverfahren sind bei der Vorbereitung der Kalibermessung zu beachten.

4.7 Planung der vorbereitenden Arbeiten

4.7.1 Reinigung / Hindernisentfernung

Eine Reinigung des Sanierungsabschnitts und der Schächte ist vor Beginn der Arbeiten erforderlich. Ggf. kann es erforderlich sein, Hindernisse wie in **Kapitel 5.2.1** genannt im Vorfeld zu beseitigen.

Die Reinigungsverfahren sind so zu wählen, dass eine Beeinträchtigung der schadhafte Rohrleitung vermieden wird. In der Praxis haben sich Wasserhochdruck- und hydromechanische Reinigungsverfahren zur Entfernung von losen Ablagerungen und Inkrustationen bewährt.



Liegen querschnittverengende Ablagerungen vor, so müssen diese durch andere, geeignete Verfahren entfernt werden.

4.7.2 Abflusslenkung (Aufrechterhaltung der Vorflut)

Während der Sanierung ist die Vorflut des Kanals und aller Zuläufe durch geeignete Maßnahmen wie Umleiten über provisorische Entwässerungsleitungen, Umpumpen oder durch kontrollierten Rückstau aufrecht zu erhalten.

5 Sanierungsablauf

Informationen zum Sanierungsablauf werden in den nachfolgenden Punkten beschrieben.

5.1 Baustellenablauf

Die wesentlichen Punkte für die Vorbereitung der Sanierungsmaßnahme mit dem TIP-Verfahren sind:

- Bauanlaufgespräch mit dem Bauherrn
- optische Inspektion im Vorlauf zur Sanierung
- Kalibrieren der gesamten zu sanierenden Haltungen (siehe **Kapitel 4.6**)
- Überprüfung der Anordnung und Größe der vorgesehenen Baugruben / Prüfung der Eignung von Schächten als Start-/Zielschacht (siehe **Kapitel 2.4**)
- Bestellung der Neurohre sowie weiterer benötigten Materialien (Hilfsmittel, Formteile, Manschetten etc.) anhand der festgestellten Werte
- Erstellung eines Bauzeitenplanes und Abstimmung mit dem Bauherrn
- Erstellung eines Konzeptes zur Abflusslenkung
- Einholung der erforderlichen Genehmigungen
- Verteilen von Bürgerinformationen
- Überprüfung der ausreichenden Baufreiheit



Hinweis: Bei Feststellung von zur Planung abweichenden Daten ist der Auftraggeber umgehend zu informieren und ggf. das Sanierungskonzept anzupassen.

5.2 Vorbereitende Arbeiten

Vor Beginn der Arbeiten sind auf der Basis dieser Informationen die nachstehenden Vorleistungen zu erbringen:

5.2.1 Herstellen der Zugänglichkeit

Beim TIP-Verfahren werden die Neurohre sowohl über Standard-Schachtbauwerke als auch über Baugruben eingebaut. Erforderliche Baugruben sind unter Berücksichtigung der gültigen Regelwerke herzustellen.

Der Platzbedarf zum Einbau der Neurohre richtet sich nach dem Durchmesser und der Länge der Rohrelemente.

Bei größeren Dimensionen ist es erforderlich, am Einbau- bzw. Startschacht eine Baugrube zu erstellen oder den Schachtkonus abzunehmen. (siehe **Kapitel 2.4**)

Bei den im Sanierungsabschnitt liegenden Schächten müssen die Gerinne und Einbindungsbereiche so vorbereitet und ggf. entfernt werden, dass Neurohre, Kalibrierkopf und die Maschinenausrüstung ein- und ausgebaut werden können.

Entfernung von Hindernissen

Einragende Hindernisse, die den fachgerechten Einbau der Neurohre behindern, sind durch einen Kanalroboter zu entfernen. Die Art und die Lage der Hindernisse sind der optischen Voruntersuchung zu entnehmen.

Hindernisse sind beispielsweise:

- Ablagerungen
- einragende Seitenzuläufe, Dichtungen
- Wurzeleinwuchs

5.2.2 Abflusslenkung (Aufrechterhaltung der Vorflut)

Hauptkanal: Vor Beginn der Arbeiten ist die Vorflut sicherzustellen. Durch geeignete Maßnahmen ist auszuschließen, dass Abwässer aus dem oberhalb der Sanierungsstrecke befindlichen Abwassernetz eintreten. Zudem ist der Rückstau aus dem unterhalb liegenden Netz in den zu sanierenden Rohrleitungsabschnitt zu vermeiden. Die Vorflut kann durch Umleitungen oder Überpumpen gewährleistet werden.

Seitenzuläufe: Eine Abflusslenkung ist nicht zwingend für jede Anschlussleitung aufzubauen, sollte aber bei höherem Abwasseranfall und bei längeren Sanierungszeiten vorgesehen werden.

5.2.3 Reinigung

Eine Reinigung der Sanierungsstrecke und der Schächte ist vor Beginn der Arbeiten erforderlich. Die Reinigungsverfahren sind so zu wählen, dass eine Beeinträchtigung der schadhafte Haltung vermieden wird.

5.2.4 Optische Inspektion

Der Auftragnehmer hat die aus der Planung gelieferten Daten durch optische Inspektion der zu sanierenden Haltungen zu überprüfen. Dabei werden alle notwendigen Daten wie z.B. Länge, Geometrie, Richtungsänderungen, Schadensbild und Hindernisse, Art und Anzahl der Seitenzuläufe, erfasst.



5.2.5 Vorabdichtung

Im Regelfall ist eine Vorabdichtung gegen eindringendes Grundwasser nicht erforderlich. Sie wird notwendig, wenn Einspülungen von Sand oder Schwemmsand festgestellt wurden.

5.2.6 Einmessen von Seitenzuläufen

Für die grabenlose Anbindung sind die Seitenzuläufe nach Station und Lage einzumessen und zu dokumentieren. Hier ist dasselbe Gerät zu verwenden, das auch zum nachträglichen Öffnen eingesetzt wird. Wenn möglich sollte das Einmessen und Öffnen der Anschlüsse durch das selbe Personal erfolgen.

Bei der Einmessung ist zu berücksichtigen, dass der Bezugspunkt (Messpunkt 0) bis zum Wiederanbinden der Seitenzuläufe erhalten bleibt.

5.3 Einbau der Neurohre

Die Verfahrensweise zum Einbau der Neurohre ist abhängig von der Wahl der jeweiligen Verfahrensvariante (siehe Kapitel 3). Der Einbau hat gemäß des Verfahrenshandbuchs zu erfolgen.

5.4 Anbindung von Seitenzuläufen

Die Anbindung von Seitenzuläufen beim TIP-Verfahren kann in der geschlossenen oder in der offenen Bauweise erfolgen. Die Auswahl des Verfahrens ist Bestandteil der Planung, kann aber im Verlauf der Sanierung eine Anpassung erfordern.

Bei der Auswahl zur Variante der Zulaufanbindung sind verschiedene Faktoren zu beachten wie:

- Zugänglichkeit
- Zustand des Zulaufes
- Position und Winkel des Zulaufs
- Abmessung saniertes Rohr und Zulauf.

Bei allen Varianten der Zulaufanbindung muss sowohl die Verbindung zum Seitenzulauf (A) als auch auf die Verbindung zum sanierten Rohr (B) fachgerecht ausgeführt werden. Dabei erfolgen die entsprechenden Anbindungen A und B in der geschlossenen Bauweise von innen und in der offenen Bauweise im Normalfall am Außendurchmesser der Rohre (Abbildungen 18 und 19).

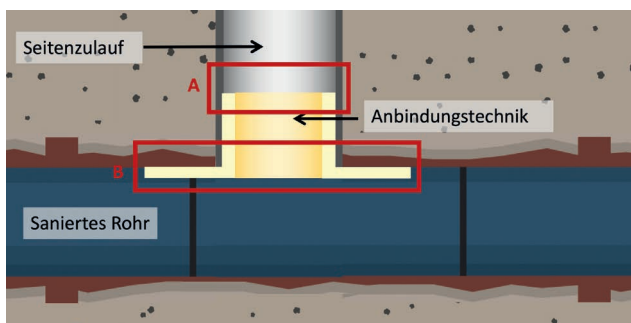


Abbildung 18: Anbindung von Seitenzuläufen in geschlossener Bauweise von innen.

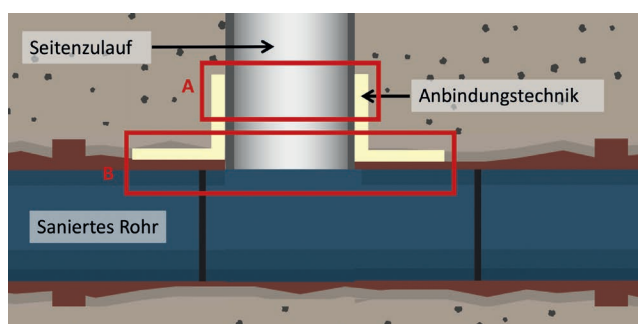


Abbildung 19: Anbindung von Seitenzuläufen in offener Bauweise am Außendurchmesser der Rohre.

5.4.1 Zulaufanbindung in geschlossener Bauweise

Nach dem Einbau des Neurohres können vorhandene Anschlussleitungen – abhängig vom Durchmesser des Hauptkanals und der Geometrie des Anschlusses – von innen heraus in der geschlossenen Bauweise angebunden werden. Hierzu werden die Anschlüsse vor dem Einbau der Neurohre mit dem Fräsroboter exakt eingemessen und dokumentiert.

Anschlüsse können ab einem Altrohrquerschnitt von DN 250 grabenlos angebunden werden. Kleinere Nennweiten sind möglich, Querschnittsreduzierungen sind dabei zu berücksichtigen.

Die Seitenzuläufe sind je nach Randbedingungen und Werkstoff der Neurohre anzubinden. Folgende Verfahren sind üblich:

- a - Einschweißsattel mit einem Gewebeschlauch (Anschlusspassstück) oder in Verbindung mit einem Hutprofil
- b - Einschweißsattel in Verbindung mit Injektionsverfahren / Verpresstechnik
- c - Injektionsverfahren / Verpresstechnik

Bei diesen Verfahren sind Besonderheiten zur Eignung der Systeme zu prüfen und die Vorgaben der Hersteller sind zu beachten.

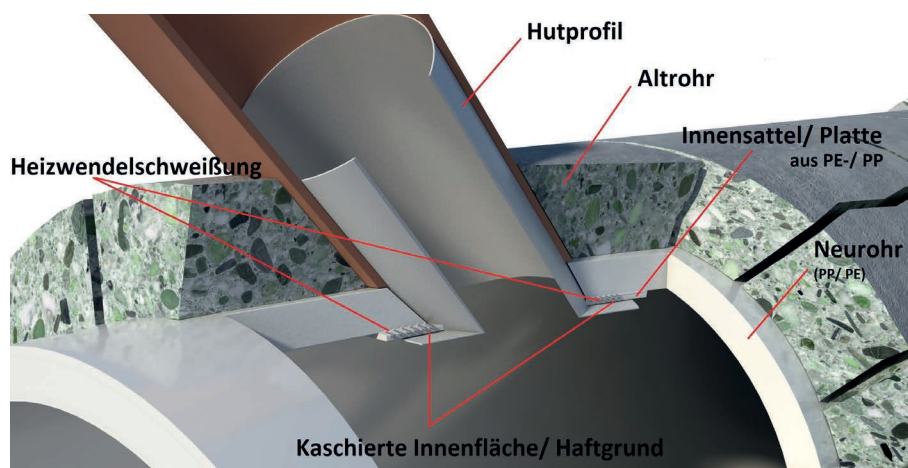


Abbildung 20: Beispiel Innensattel mit Hutprofi (a)

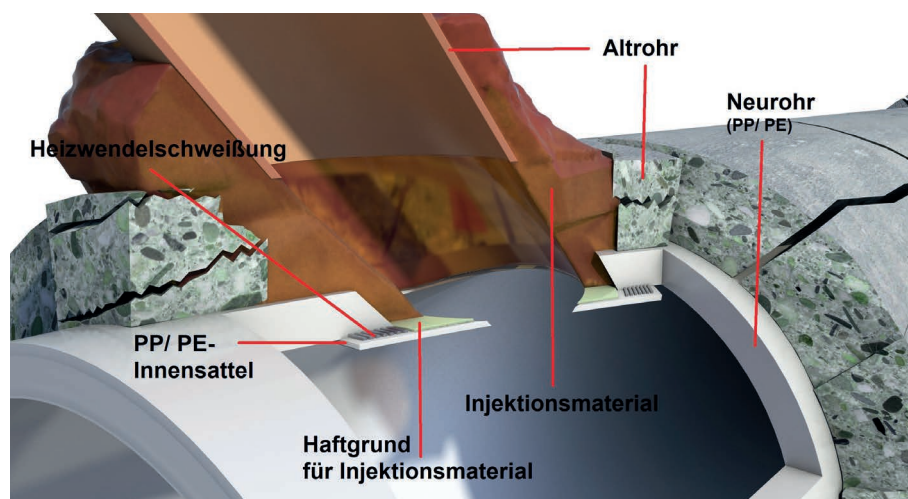


Abbildung 21: Beispiel Innensattel mit Verpressung (c)

Zu a und b: Bei der Anbindung mit einem Einschweißsattel ist eine trockene Arbeitsumgebung sicherzustellen

Zu c: Bei der Anbindung mit Injektionsverfahren / Verpresstechnik erfolgt keine Verklebung, sondern eine hinterwanderungsfreie, formschlüssige Abdichtung

5.4.2 Zulaufanbindungen in offener Bauweise

Zur Anbindung von Zuläufen werden ein-, aufschweißbare oder montierbare Formstücke verwendet. Hier sind die Herstellerangaben zu beachten und die Eignung für das anzubindende Rohr zu prüfen. Die Oberflächenbeschaffenheit des Neurohres muss die Installation von aufschweißbaren Formstücken zulassen.



5.5 Schachtanbindungen

Die Anbindung der Neurohre an Schächte muss wasserdicht erfolgen. Dies erfolgt in der Regel durch auf das Neurohr abgestimmte Schachteinführungen oder Schachtendrohre.

Beim Einbau von Schachteinführungen in Bestandsschächten müssen die vorhandenen Rohranbindungen händisch ausgestemmt werden und die neuen Schachteinführungen fachgerecht eingebaut werden. Bei anstehendem Grundwasser sind entsprechende Vorkehrungen zu treffen.

Beim Einsatz von Schachtendrohren müssen die vorhandenen Rohranbindungen nicht ausgestemmt werden. Hier ist jedoch eine funktionsfähige, vorhandenen Schachteinführung des Altrohres in den jeweiligen Bestandsschacht Voraussetzung. Durch die Schachtendrohre erfolgt eine Abdichtung des Ringspaltes zwischen Alt- und Neurohr. Dies kann durch elastomere Dichtungen, quellfähige Dichtungen, Verpresstechnik oder eine Kombination dieser Varianten erfolgen.

Bei neuen Schächten werden Schachteinführungen werksseitig eingearbeitet.

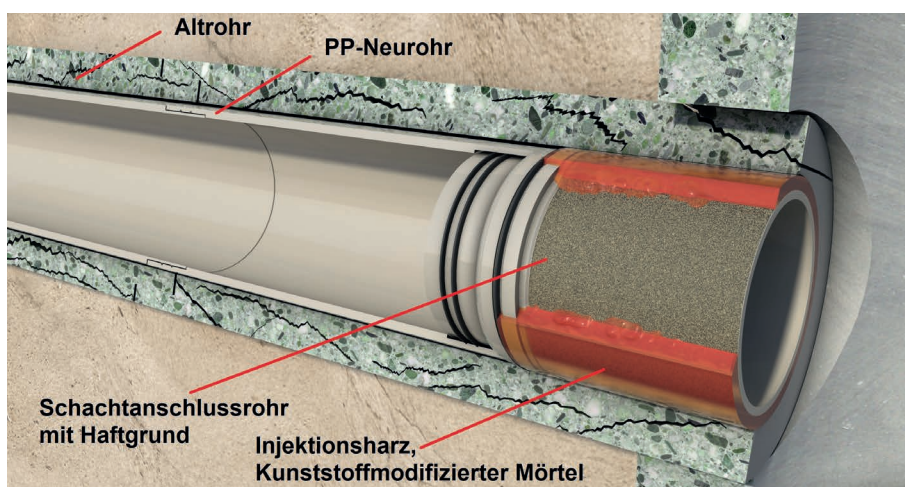


Abbildung 22: Schachtanschlussrohr mit Haftgrund.

5.6 Rohrverbindungen in Baugruben

Zur Verbindung von Rohren in Baugruben stehen folgende Systeme zur Verfügung:

- Überschiebmuffen
- Rohrkupplungen / Manschetten
- Elektro-Schweißmuffen

Diese müssen auf das jeweilige Rohr abgestimmt sein.

5.7 Schachtgerinne und Bermen

Schachtgerinne und Bermen müssen nach dem Rohreinbau wieder fachgerecht hergestellt werden. Das Gerinne ist sohlgleich herzustellen, zum Beispiel durch Schachtboden-Fertigteile oder Kanalklinker. Dabei ist es wichtig, dass die Systeme auf die Materialien der eingebauten Rohre abgestimmt sind. Es ist darauf zu achten, dass beim Einbau kein Gegengefälle entsteht. Lässt sich dies nicht vermeiden, ist dies betrieblich zu berücksichtigen.

6 Qualitätsprüfung

Zur Abnahme gemäß VOB/B §12 sind folgende Dokumente zur Erfüllung des Bauvertrags vorzulegen.

6.1 Baustellendokumentation

Sämtliche Einbauprotokolle und Nachweise (z. B. Lieferscheine, Werksbescheinigungen, Protokolle gemäß Verfahrenshandbuch bzw. Bauvertrag) müssen vorgelegt werden.

6.2 Optische Inspektion

Nach der Sanierung ist eine abschließende optische Inspektion nach DWA-M 149-2 durchzuführen.

6.3 Dichtheitsprüfung

Die Dichtheitsprüfung erfolgt gemäß den Festlegungen der DIN EN 1610 oder des DWA-A 139. Sie ist vor dem Öffnen der Zuläufe durchzuführen und zu dokumentieren.



7 Gesetze, Normen und Regelwerke

- DWA-M 143-12:2008-08 – Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 12: Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen mit vorgefertigten Rohren mit und ohne Ringraum - Einzelrohrverfahren
- DWA-M 143-13:2011-11 – Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden - Teil 13: Renovierung von Abwasserleitungen und -kanälen mit vorgefertigten Rohren mit und ohne Ringraum - Rohrstrangverfahren
- DWA-A 143-15 „Sanierung von Entwässerungssystemen außerhalb von

Gebäuden – Teil 15: Erneuerung von Abwasserleitungen und -kanälen durch Berstverfahren“

- DIN EN 1852-1 | 2023-07 Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte drucklose Abwasserkanäle und -leitungen - Polypropylen (PP) - Teil 1: Anforderungen an Rohre, Formstücke und das Rohrleitungssystem
- DIN EN 15885:2019-10 – Klassifizierung und Eigenschaften von Techniken für die Renovierung, Reparatur und Erneuerung von Abwasserkanälen und -leitungen; Deutsche Fassung EN 15885:2018

8 Anlagen

8.1 Anlage: Einbauprotokoll für den Rohreinbau

Baustellen Nr.: _____	☐ Berstlining-Verfahren ☐ Kaliberberst-Verfahren ☐ TIP-Verfahren ☐ Berst-Press-Verfahren
Baustelle: _____	
Auftraggeber: _____	Wetter Trocken ☐ Regen ☐
Straße: _____	
Ort: _____	Temperatur _____ °C
Daten des Altkanals	
von Schacht: _____ Tiefe _____	Werkstoff: _____
bis Schacht: _____ Tiefe _____	Halungslänge: _____ m
	Durchmesser i. L.: _____ mm
	Anzahl der Anschlüsse: _____ Stck
Daten des Neurohres	
Rohrmaterial: _____	Mängelfrei ja ☐ nein ☐
Außendurchmesser: _____ mm	ja ☐ nein ☐
Durchmesser i. L.: _____ mm	ja ☐ nein ☐
Wanddicke: _____ mm	ja ☐ nein ☐
Einzelrohrlänge: _____ m	ja ☐ nein ☐
Modul-Anzahl: _____ Stck	ja ☐ nein ☐
Verbindungsart: gesteckt ☐ geschweißt ☐	ja ☐ nein ☐
Profiltyp: _____	
Aufrechterhaltung Vorflut	
a) Abwasserart	MW ☐ RW ☐ SW ☐
b) des Kanals	nicht erforderlich ☐ Rückstau ☐ Überpumpen ☐
c) der seitlichen Zuläufe	nicht erforderlich ☐ Rückstau ☐ Überpumpen ☐
Baugrube für Einzelrohr	Modullänge + 0,30 m ja ☐ nein ☐
Baugrube für Rohrstrang	Biegeradius DA x 30 eingehalten ja ☐ nein ☐
Grundwasser vorhanden	
mit Bodeneintrag	ja ☐ → Abbruch
ohne Bodeneintrag	ja ☐
	nein ☐

Mindestüberdeckung vorhanden		ja ☐	nein ☐
mind. 10 x Aufweitungsmaß			
Mindestabstand zu parallel liegenden Leitungen vorhanden		ja ☐	nein ☐
bindige Böden -		mind. das dreifache des Aufweitungsmaßes, jedoch mind. 40 cm	
nichtbindige und oder steinige Böden -		mind. das fünffache des Aufweitungsmaßes, jedoch mind. 1,00 m	
Einbringvorgang			
a) einziehen	☐	zulässige Zugkraft	_____ (siehe Anlage)
b) einschieben	☐	zulässiger Druck	_____ (siehe Anlage)
Vorbereitende Leistungen			
Reinigung am:	_____	Ausführende Firma:	_____
Hindernissbeseitigung:	_____	Ausführende Firma:	_____
TV-Inspektion:	_____	Ausführende Firma:	_____
Kalibrierung am:	_____	Ausführende Firma:	_____
Art der Kalibrierung:	_____	Min. ø	_____
Abschließende Leistungen			
Anbindung Zuläufe am:	_____	Ausführende Firma:	_____
Dichtheitsprüfung DIN EN 1610 bestanden:	ja ☐ nein ☐	Ausführende Firma:	_____
Dichtheitsprüfung EN 805 bestanden:	ja ☐ nein ☐	Ausführende Firma:	_____
Sichtprüfung / TV-Abnahme durchgeführt:	ja ☐ nein ☐	Datum:	_____
Besonderheiten:			
Verantwortliche Fachkraft:	_____	Unterschrift:	_____
	Datum, Unterschrift		Datum, Unterschrift

8.2 Anlage: Protokollierung der Einzieh-/ Einschubkraft (Muster)

Baustellen Nr.: _____		von Schacht _____	
Baustelle: _____		nach Schacht _____	
		Streckenlänge _____	
Auftraggeber: _____		Modullänge _____	
Straße: _____		Einziehkraft (Soll) _____	

Rohrmodule	tatsächliche Einziehkraft/	Rohrmodule	tatsächliche Einziehkraft/	Rohrmodule	tatsächliche Einziehkraft/
1		22		43	
2		23		44	
3		24		45	
4		25		46	
5		26		47	
6		27		48	
7		28		49	
8		29		50	
9		30		51	
10		31		52	
11		32		53	
12		33		54	
13		34		55	
14		35		56	
15		36		57	
16		37		58	
17		38		59	
18		39		60	
19		40		61	
20		41		62	
21		42		63	

Besonderheiten: _____
--

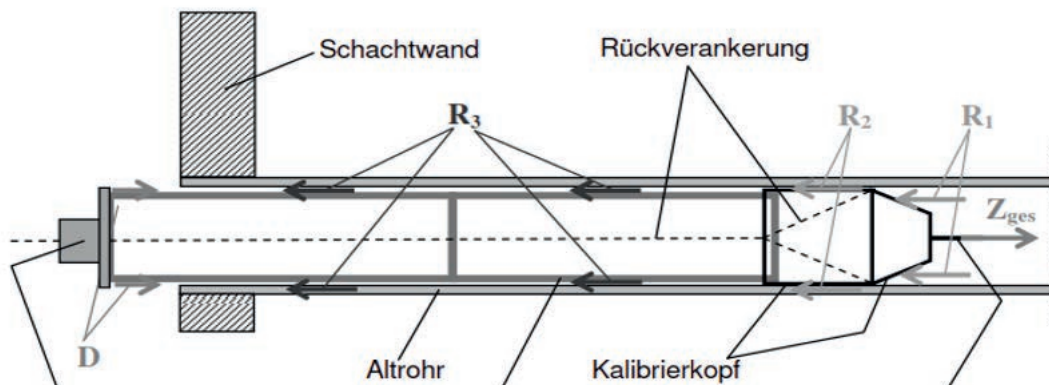
Verantwortliche Fachkraft: _____ Datum, Unterschrift	Unterschrift: _____ Datum, Unterschrift
--	---

8.3 Anlage: Einbauverfahren

Krafteinleitung unter Verspannen der Einzelrohre (Einzugverfahren)

Bei diesem Verfahren werden die Kräfte zum Einbau der Rohre in zwei Hauptkomponenten aufgeteilt. Dies ist zum einen die Kraft zum Ausgleichen der Deformationen und Versätze (R_1) und zum Überwinden der Mantelreibung (R_2) am Kalibrierkopf und zum anderen die Verspannkraft (D) an der Verspannvorrichtung, welche der Mantelreibung an den Neurohren (R_3) entgegenwirkt

Die erforderliche Zugkraft ($Z_{ges.}$), welche über das Zugelement übertragen wird, muss mindestens so groß sein, dass die Kräfte R_1 , R_2 und R_3 überwunden werden.

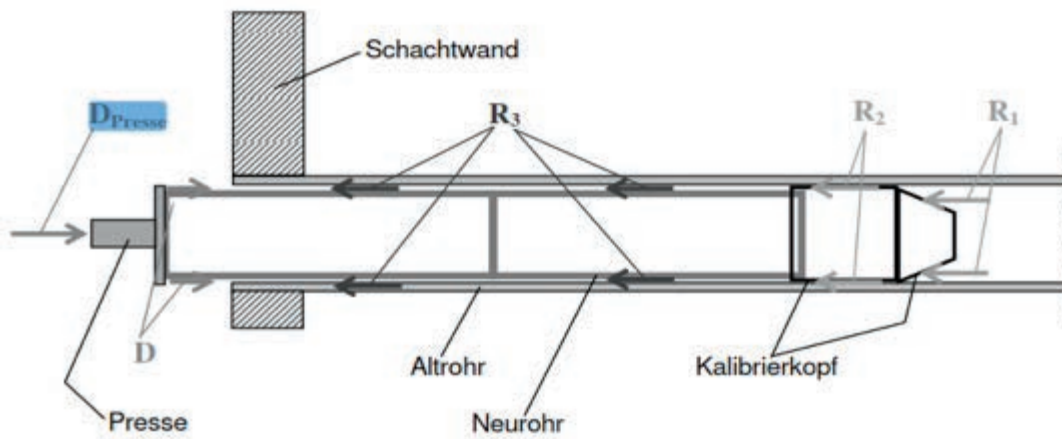


Die Verspannkraft D muss mindestens der Mantelreibung an den Neurohren (R_3) entsprechen und darf die zulässige Vortriebskraft der Neurohre nicht überschreiten.

Krafteinleitung beim Einschieben der Einzelrohre (Einschubverfahren)

Bei dieser Variante wird die Kraft zum Ausgleichen der Deformationen und Versätze (R_1) am Kalibrierkopf, die Kraft zur Überwindung der Mantelreibung (R_2) am Kalibrierkopf sowie die Kraft zur Überwindung der Mantelreibung an den Neurohren (R_3) komplett über die Neurohre als Presskraft (D) über eine Presse eingeleitet. Die Presskraft D darf die zulässige Vortriebskraft der Rohre nicht überschreiten.

Krafteinleitung beim Einschieben der Einzelrohre (Einschubverfahren)



9 Begriffe

Abwasserkanal	Meist erdverlegte Rohrleitung oder andere Vorrichtung zur Ableitung von Schmutzwasser und/ oder Regenwasser aus mehreren Quellen
Abwasserleitung	Meist erdverlegtes Rohr zur Ableitung von Schmutzwasser und/oder Regenwasser von der Anfallstelle zum Abwasserkanal
Abflusslenkung	Maßnahmen zum Sicherstellen einer ordnungsgemäßen Abwasserableitung (Hauptkanal und Anschlüsse) während der Außerbetriebnahme des betroffenen Kanalabschnitts
Einzelrohr	Einzelnes Rohrmodul, das durch eine werksseitig angebrachte Rohrverbindung mit weiteren Einzelrohren verbunden werden kann und für den grabenlosen Einbau geeignet ist
Erneuerung	Herstellung neuer Abwasserleitungen und -kanäle in der bisherigen oder einer anderen Linienführung, wobei die neuen Anlagen die Funktion der ursprünglichen Abwasserleitungen und -kanäle einbeziehen
Haltung	Strecke eines Abwasserkanals zwischen zwei Schächten und/ oder Sonderbauwerken
Hilfsschacht	Schacht, der zusätzlich genutzt wird, wenn der Start- oder Zielschacht die für den Einzug oder Einschub erforderliche Maschinenteknik nicht aufnehmen kann
Nutzungsdauer	Die Nutzungsdauer bezeichnet den Zeitraum, in dem die sanierte Rohrleitung betrieblich genutzt werden kann
Renovierung	Maßnahmen zur Verbesserung der aktuellen Funktionsfähigkeit einer vorhandenen Rohrleitung, unter vollständiger oder teilweiser Einbeziehung ihrer ursprünglichen Substanz
Restnutzungsdauer	Betriebseignung, die über die angesetzte technische Nutzungsdauer hinausgeht
Ringspalt, Ringraum	Die halbe Differenz zwischen Altrohr-Innendurchmesser und Neurohr-Außendurchmesser ergibt ein Spaltmaß. Ist dieses Spaltmaß bezogen auf das Altrohr bis einschließlich DN 450 kleiner als 5 %, ab DN 500 kleiner als 4 %, gilt das Rohr als eng anliegend und eine Verfüllung ist nicht notwendig. In diesem Fall wird die Differenz als Ringspalt bezeichnet (weitere Richtwerte siehe Tabelle 2). Bei einem größeren Spaltmaß ergibt sich ein Ringraum, der zu verfüllen ist
Rohrstrang	Rohr, das aus Stangenware oder verbundenen Einzelrohren zugkraftschlüssig hergestellt ist
Sanierung	Maßnahmen zur Wiederherstellung oder Verbesserung von vorhandenen Rohrleitungssystemen mittels Reparatur, Renovierung oder Erneuerung
Schacht	Bauwerk mit abnehmbarem Deckel, angebracht in einer Abwasserleitung oder einem Abwasserkanal, um den Einstieg von Personen zu ermöglichen
Startschacht / -baugrube	Ausgangspunkt für den Rohreinbau
Zielschacht / -baugrube	Endpunkt für den Rohreinbau

10 Literaturverzeichnis

- FRAUNHOFER UMSICHT. 2018. *KUNSTSTOFFE IN DER UMWELT: MIKRO- UND MAKROPLASTIK*. Oberhausen, Juni.
- FRAUNHOFER UMSICHT. 2021. *RECHERCHE UND BEWERTUNG DES WISSENSSTANDS ZU ABRIEB IN ABWASSERROHREN AUS KUNSTSTOFF*. Oberhausen, August.
- GSTT e. V. 2015. *Vergleich offener und grabenloser Bauweisen – direkte und indirekte Kosten im Leitungsbau*. Berlin, Januar.
- Umweltbundesamt. 2011. *Karzinogene, mutagene, reproduktionstoxische (CMR) und andere problematische Stoffe in Produkten*. Dessau-Roßlau, April.

11 Autoren

Dem RSV-Arbeitskreis 2.2 „TIP-Verfahren“ gehören folgende Mitglieder an:

Obmann

Schlenther, Nico	Karl Schöngen KG	www.schoengen.de
------------------	------------------	--

Mitarbeiter:

Alfes, Gerhold	Alfes + Sohn GmbH	www.alfesundsohn.de
Doll, Heinz, Dr.	Dr. Doll GmbH	www.rsv-ev.de/unternehmen/dr-doll
Erdmann, Dieter	Stadtentwässerung Springe	www.springe.de
Freimuth, Björn	TRACTO-TECHNIK GmbH & Co. KG	www.tracto.com
Haacker, Andreas	Siebert + Knipschild GmbH	www.siebert-testing.com
Himmelreich, Kai	Kassel Wasser	www.kasselwasser.de
Kraaibeek, Christoph	Wasserverband Leine-Süd	www.wv-ls.de
Nordmeyer, Hermann	Sanierungstechnik Dommel GmbH	www.sanierungstechnik-dommel.de
Rettberg, Karsten	Rettberg-Bau GmbH	www.rettberg-bau.de
Sommer, Jörg	Simona AG	www.simona.de
Weber, Heiko	Oppermann GmbH	www.oppermann-ingenieure.de

Weitere Informationen zu den Arbeitskreisen erhalten Sie unter www.rsv-ev.de/arbeitskreise.

Bildnachweise: RSV (1, 2, 3, 4, 5, 6, 12), Sanierungstechnik Dommel (Elisabeth Deim), TRACTO TECHNIK (8, 16, 17), Simona AG (7, 15, 18, 19, 20, 21 22), Karl Schöngen KG (9, 10, 11, 13, 14)

Bei Fragen können Sie sich gern an uns wenden!
Wir freuen uns auf Ihre Kontaktaufnahme

RSV e. V. – Geschäftsstelle

Ericusspitze 4
20457 Hamburg
Telefon: +49 40 21074167
info@rsv-ev.de
www.rsv-ev.de