ABWASSER/UMWELT

Technischer Teil
Abwasser-Rohrsysteme

FRANK

FRANK

Über diesen Katalog

Dieser Katalog bietet Ihnen einen Überblick über die Anwendungsbereiche und die Verarbeitungsmöglichkeiten unserer qualitativ hochwertigen Rohrsysteme. Die zusammengetragenen Daten und Empfehlungen beruhen auf einschlägigen Normen sowie unseren jahrzehntelangen Erfahrungen auf dem Gebiet der Kunststoffrohrsysteme. Sie erhalten somit ein in sich abgerundetes Nachschlagewerk, das Ihnen die Arbeit bei Planungs- und Konstruktionsaufgaben erleichtert.

Anwendungstechnische Beratung

Eine anwendungstechnische Beratung erfolgt nach bestem Wissen sowie dem uns bekannten Stand der Technik. Eine Beratung auf Basis Ihrer Angaben stellt keine Zusicherung von bestimmten Eigenschaften dar und begründet kein selbständiges vertragliches Rechtsverhältnis. Unsere Empfehlungen entbinden Sie nicht von der Pflicht der eigenen Prüfung.

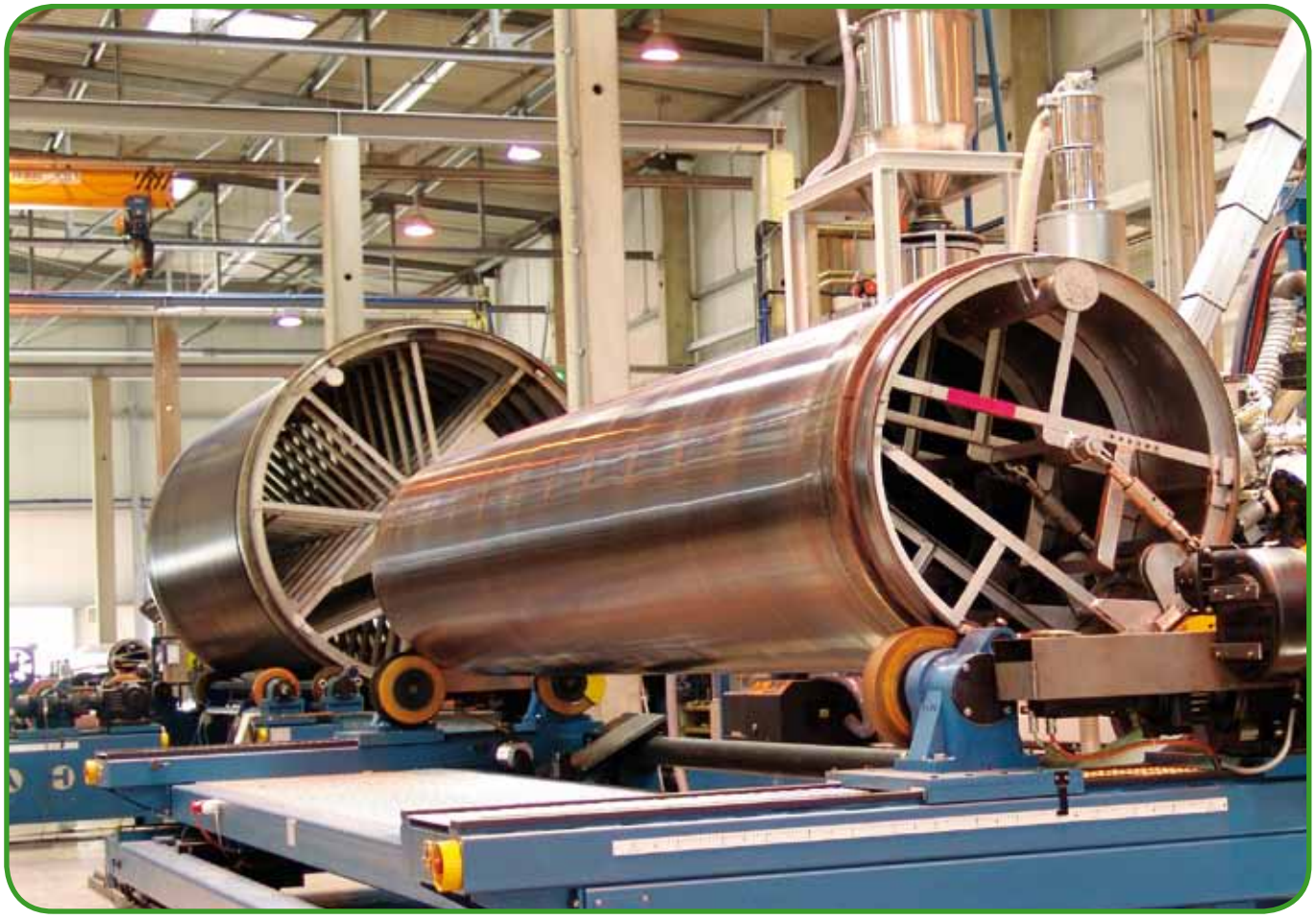


Abb. 1 - Wickelrohranlage FRANK & KRAH Wickelrohr GmbH

Copyright:
Alle Rechte vorbehalten. Jegliche Vervielfältigung dieses Katalogs, gleich nach welchem Verfahren, ist ohne vorherige schriftliche Genehmigung durch die FRANK GmbH, auch auszugsweise, untersagt.

Bei der Erstellung dieses Katalogs haben wir mit größter Sorgfalt gearbeitet, trotzdem können Fehler nicht ganz ausgeschlossen werden. Für fehlerhafte Angaben und deren Folgen übernimmt die FRANK GmbH keine Haftung.

© FRANK GmbH Stand 12/2013 Technische Änderungen vorbehalten

Inhaltsverzeichnis

1. Systeminformationen

1.1 Einleitung 5
1.2 Kanalrohrsystem PKS® 6
1.3 Kanalrohrsystem TSC 7
1.4 Kanalrohrsystem Sureline® 8
1.5 Kanalrohrsystem PKS®-Secutec 9
1.6 Herstellung der Kunststoffrohre 10
1.7 Profiltypen Wickelrohr 11
1.8 Belastungen auf ein biegeweiches Kanalrohrsystem 12
1.9 Wirtschaftlichkeit von Kunststoffrohrleitungen 13

2. Kennzeichnung

2.1 Wickelrohre (DIN 16961) 16
2.2 Druckrohre (DIN 8074/75), Rohre mit Schutzeigenschaften (PAS 1075) 17
2.3 Formteile (DIN 16963) 17

3. Qualitätssicherung

3.1 Allgemein 18
3.2 Eigenüberwachung 19
3.3 Externe Untersuchungen zur Ergänzung der Eigenüberwachung 21
3.4 Fremdüberwachung 24
3.5 QM-System nach DIN EN ISO 9001 25
3.6 Werks-/Abnahmeprüfzeugnisse nach DIN EN 10204 26

4. Formmassen

4.1 Polyethylen 27
4.2 Polypropylen 29
4.3 Werkstoffeigenschaften 30

5. Druckbelastbarkeit und Verschleißverhalten

5.1 Zeitstandkurven für Rohre aus PE 100 nach DIN 8075 31
5.2 Zeitstandkurven für Rohre aus PP-R nach DIN 8078 32
5.3 Abriebverhalten 33
5.4 Verhalten beim Hochdruckspülen 35

6. Berechnungsgrundlagen

6.1 Festlegung des Rohrquerschnittes für Freispiegelleitungen 36
6.2 Beanspruchung beim Verdämmen und bei Wasserüberstau 37
6.3 Berechnung erdverlegter Kanalrohre nach Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127 38
6.4 Berechnung der notwendigen Rohrwanddicke s_{min} bei Betriebsüberdruck 40
6.5 Beanspruchung durch äußeren Überdruck (Beuldruck) 40
6.6 Kriechmodulkurven für PE 100 nach DVS 2205-1 41
6.7 Berechnung der Längenänderung 42
6.8 Festpunkte bei nicht erdüberdeckten Rohren 43
6.9 Verweise 43

7. Statikfragebogen/Schachtdatenblatt

7.1 Statikfragebogen zur Berechnung erdverlegter Kanalrohre nach ATV-DVWK-A 127 44
7.2 Fragebogen zur Berechnung erdversetzter Kunststoffschächte in Anlehnung an ATV-DVWK-A 127 46
7.3 Erläuterung zu den Fragebögen 48
7.4 Schachtdatenblatt 50

Inhaltsverzeichnis

8. Verlegung

8.1 Allgemeine Verlegerichtlinie 51

8.2 Offene Grabenverlegung - Einbau PKS®-/TSC-Rohre 53

8.3 Grabenlose Verlegung 56

8.4 Dichtheitsprüfung für Freispiegelleitungen 58

8.5 Dichtheitsprüfung für Druckrohre 59

9. Verbindungstechniken

9.1 Überblick Schweißverfahren 60

9.2 Heizwendelschweißen für Wickelrohre nach DIN 16961 61

9.3 Heizwendelschweißen in Anlehnung an DVS 2207-1, Verfahrensbeschreibung für Profilkanalrohre nach DIN 16961 62

9.4 Extrusionsschweißen gemäß DVS 2207-4, Verfahrensbeschreibung für Profilkanalrohre nach DIN 16961 64

9.5 Heizwendelschweißen gemäß DVS 2207-1, Verfahrensbeschreibung für extrudiertes Rohr nach DIN 8074/8075 65

9.6 Heizelementstumpfschweißen gemäß DVS 2207-1, Verfahrensbeschreibung für extrudiertes Rohr nach DIN 8074/8075 67

9.7 Nachträgliche Hausanschlüsse 69

9.8 Gesteckte Verbindungen - TSC-Rohrsystem 70

9.9 Lösbare Verbindungen - Flanschverbindungen 71

10. Schächte und Sonderbauwerke

10.1 PKS®-Schächte 72

10.2 PKS®-Standardschacht - Kontrollschacht 73

10.3 PKS®-Standardschacht - Tangentialschacht 74

10.4 PKS®-Stauraumsystem 75

10.5 PKS®-Sonderbauwerke - Beispiele 77

11. Projektberichte

11.1 Neckardüker: Gewickelte Großrohre aus Polyethylen 79

11.2 Kläranlage Steinhäule 82

11.3 Sureline®-Kanalrohre für Hamburger Druckentwässerung 85

11.4 Stauraumkanal Sportlaan in Holland 86

12. Normen und Richtlinien 87

13. Index 91

Abwasserkatalog

Kunststoffrohrsysteme für den Abwassertransport

Seit 1965 beschäftigt sich FRANK mit der praktischen Anwendung von Kunststoffrohrsystemen. Die Entwicklung von PE- und PP-Rohren wurde von Anbeginn in nahezu allen Anwendungsbereichen begleitet und z. T. auch maßgeblich mit beeinflusst.

Abb. 2 - Firmensitz FRANK GmbH, Mörfelden

Heute kommen FRANK-Kunststoffrohrsysteme in den verschiedensten Anwendungsgebieten zum Einsatz:

- Abwasserrohrsysteme
- Stauraumsysteme
- Leitungen zur Be- und Entlüftung
- Deponieentgasung und -entwässerung
- Müllverbrennung
- Prozessleitungen für alle aggressiven Beanspruchungen
- Doppelrohr- und Vakuumsysteme
- Druckentwässerung
- Kraftwerke
- Biogas
- Drainageleitungen/Sickerrohre
- Sonderrohre für sandbettfreie Verlegung

Zu allen Einsatzgebieten waren zunächst der Eignungsnachweis, die Verbindungstechnik sowie die Formteilherstellung zu klären. Bei der Lösung dieser Probleme war FRANK von Beginn als kompetenter Partner eingebunden.

Aus diesen verantwortungsbewussten Aktivitäten ist ein umfangreiches Programm gewachsen, das für viele Einsatzgebiete den Weg zur breiten Anwendung geebnet hat.

Zur Abrundung unseres Lieferprogrammes bieten wir die zur Verbindung der Rohrleitungsteile notwendige Schweißtechnik, Anschlüsse an Schachtbauwerke, Übergänge auf andere Rohrwerkstoffe und ein komplettes Armaturensortiment.

Ein Partner für alle Fragen rund um das Kunststoffrohr.

Bitte sprechen Sie uns an!

Ihre FRANK GmbH

Tel: +49 6105 / 4085 - 0
Fax: +49 6105 / 4085 - 249
E-Mail: info@frank-gmbh.de
Internet: www.frank-gmbh.de

1. Systeminformationen

1.1 Einleitung

Im Abwasserbereich wurden über viele Jahrzehnte fast ausschließlich starre Rohrwerkstoffe mit anfälligen Muffenverbindungen eingesetzt. Durch Überbeanspruchung dieser starren Rohre können Risse entstehen oder es kommt zur Scherbenbildung. Infiltration von Grundwasser bzw. Exfiltration von belastetem Abwasser sind die Folge. Die FRANK GmbH setzt seit über 40 Jahren erfolgreich Kunststoffrohrsysteme in verschiedenen hochbelasteten Anwendungsgebieten ein. Insbesondere im Abwasserbereich sind flexible Werkstoffe mit dicht geschweißten Muffenverbindungen gegenüber starren und gesteckten Rohrsystemen auf dem Vormarsch. Die Erfahrungen der letzten Jahrzehnte haben zur Entwicklung des Profilkanalrohrsystems PKS® aus dem Kunststoff PE 100 für Abwasserkanäle geführt. Aus dem PKS®-System können homogene, dauerhaft dichte Abwassersysteme in allen gängigen Dimensionsbereichen hergestellt werden. Die Fertigung von Stauraumkanälen, Regenwasserspeichern, Deponieschächten, Sickerrohren und Sickerwasserspeichern ist mit PE 100-Rohren wirtschaftlich wie technisch sinnvoll zu bewerkstelligen. Die Bauteile können werkseitig vorkonfektioniert und komplettiert werden. Dies ermöglicht sehr kurze Einbauzeiten auf der Baustelle, somit kann ein erheblicher Anteil der Baukosten gespart werden.

Die Werkstoffe PE und PP

Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP) sind Thermoplaste, die neben einem niedrigen spezifischen Gewicht auch eine ausgezeichnete Verarbeitbarkeit, Schweißbarkeit und Verformbarkeit aufweisen. Beide Werkstoffe sind besonders beständig gegenüber aggressiven Medien. Des Weiteren ermöglicht der molekulare Aufbau der Werkstoffe (zusammengesetzt aus Kohlenstoff und Wasserstoff) eine Wiederverwertung, somit sind die Werkstoff Polyethylen und Polypropylen 100 % recyclebar.

Polyethylen (PE) zeichnet sich durch eine geringe Permeation, eine gute UV-Beständigkeit (rußstabilisierte Formmasse) sowie sehr gute chemische Beständigkeit und physiologische Unbedenklichkeit aus. PE eignet sich hervorragend für alle Anwendungen im Bereich der Entsorgung von Abwasser im frei- und erdverlegten Rohrleitungsbau, der Wasserversorgung sowie für den Transport von Chemikalien und Gasen (z. B. Erdgas) und hat sich dafür bereits seit Jahrzehnten bewährt. Der hochwertige Werkstoff PE 100 ist hierfür besonders geeignet. Die FRANK GmbH setzt diesen Polyethylentyp der dritten Generation seit Jahren als Standard für Bauteile und Rohre ein.

Abb. 3 - PKS®-Kanalrohr aus PE 100

Polypropylen (PP) besitzt eine höhere Wärmeformbeständigkeit im Vergleich zu vielen anderen Thermoplasten. PP zeichnet sich durch hohe mechanische Festigkeit, sehr gute chemische Beständigkeit und durch seine physiologische Unbedenklichkeit aus. PP eignet sich besonders für Anwendungen in der chemischen Industrie, die bei höheren Temperaturen größere Anforderungen an die Beständigkeit stellen.

Abb. 4 - Lüftungsleitung aus PP-R

System	Werkstoff	Dimension																				
		300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1800	2000	2300	2400	2700	3000	3500
PKS®-Kanalrohr	PE 100*	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
TSC-Pipe	PE 100/ PP	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√							
PKS®-Secutec-Rohr	PE 100*	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
PKS® erdverlegte Lüftungsleitung	PE 100*	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

System	Werkstoff	SDR-Klasse	Außendurchmesser d								
			160	180	200	225	250	280	315	355	400
Sureline-Rohr	PE 100 RC	SDR 11, SDR 17	√	√	√	√	√	√	√	√	√
SURE INSPECT RC	PE 100-RC	SDR 26	√	√	√	√	√	√	√	√	√

** alternativ/auf Anfrage in PP bzw. PE*

Tab. 1 - Verfügbare Dimensionsbereiche der FRANK-Kunststoffrohrsysteme

1. Systeminformationen

1.2 Kanalrohrsystem PKS®

PKS® - Profil Kanalrohr System

Das Profilkanalrohrsystem PKS® besteht aus leichten formstabilen Profilrohren nach DIN EN 13476, Teil 2 und 3 in den Dimensionen DN 300 bis DN 3500, den dazugehörigen Formteilen, Schächten und Anschlussformteilen, wie dem Abwassersattel für den nachträglichen Hausanschluss. PKS®-Kanalrohre zeichnen sich durch die äußere Profilierung und die helle, inspektionsfreundliche Rohrinnenfläche aus. Alle Komponenten werden aus dem widerstandsfähigen und langlebigen Werkstoff PE 100 gefertigt. Alternativ kann der Werkstoff PP-R (Polypropylen) für Abwasserleitungen mit höherer Temperaturbelastung eingesetzt werden.

Kleine Rohrdimensionen DN 150 bis DN 300 werden als coextrudiertes Vollwandrohr nach DIN 8074/8075 mit separaten Heizwendelformteilen geliefert. Ab DN 300 sind am Rohr einseitig angeformte Muffen mit integrierter Heizwendel für eine bauseitige Elektromuffenschweißung bis DN 2400 im Programm. Für Dimensionen größer DN 2400 wird die Extrusionsschweißung nach DVS 2207-4 eingesetzt.

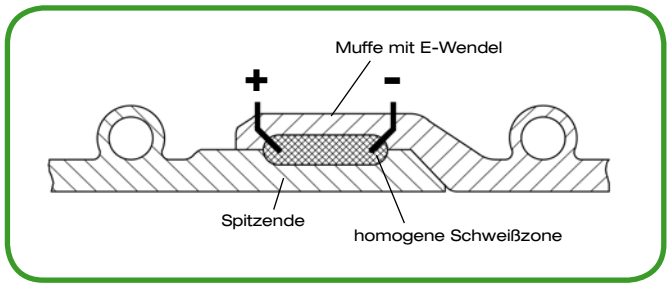


Abb. 5 - Schweißzone PKS®-Rohr

Alle Rohr-, Schacht- und Formteilkomponenten sind speziell für den Einsatz im Kanalbereich und den Anforderungen im Tiefbau ausgelegt. Die Fertigung der PKS®-Kanalrohre erfolgt auf neuesten Wickelrohranlagen auf höchstem Qualitätsniveau. Neue Techniken wie die Verwendung der Coextrusion kommen dabei zum Einsatz.

Durch die Verwendung des flexiblen Werkstoffs Polyethylen können selbst kurzzeitige Überbelastungen auf das Rohrsystem nahezu völlig kompensiert werden. Die Bauteile können werkseitig vorkonfektioniert und komplettiert werden. Sie ermöglichen dadurch sehr kurze Einbauzeiten auf der Baustelle.

Bei der Entwicklung des Profilkanalrohrsystems wurde das Ziel verfolgt, die Vorzüge von profilierten PE-100-Rohren mit einer dauerhaft dichten homogenen Rohrverbindung und einer einfachen Verlegung zu kombinieren. Die Elektroschweißmuffe für PKS®-Kanalrohre von DN 300 bis DN 2400 in Verbindung mit einer modernen Wickeltechnik ist die ideale Voraussetzung zum Bau von dauerhaft dichten, langlebigen und damit wirtschaftlichen Kanalnetzen.

Vorteile der PKS®-Rohre

- Leichtes Handling durch geringes Gewicht
- Zugfeste und dauerhaft dichte, homogene Verbindungen durch Heizwendelschweißen
- Geringer zeitlicher Aufwand der Heizwendelschweißung
- Heizwendelschweißung von DN 300 bis DN 2400, Extrusionsschweißung von 300 bis 3500 möglich
- Einfache Herstellung der Schweißverbindung unter Baustellenbedingungen
- Auch im Falle von nachträglichen Bodensetzungen dauerhaft dichte Rohrleitungen durch biegeweiche Rohrwerkstoffe
- Inspektionsfreundlich durch helle Innenoberfläche
- Hohe Abriebfestigkeit und chemische Resistenz durch antiadhäsive Oberfläche
- Erwartete Nutzungsdauer von mindestens 100 Jahren
- Recyclebar

Anwendungsgebiete PKS®-Rohre

- Hervorragend geeignet für allgemein gebräuchliche und hochbelastete Kanal- und Schachtsysteme
- Stauraumkanäle, Regenwasserspeicher
- Pumpen-, Deponieschächte
- Sickerrohre, Sickerwasserspeicher

Abb. 6 - Rohrlager Standort Wölfersheim

1. Systeminformationen

1.3 Kanalrohrsystem TSC-Pipe

TSC-Pipe - Twin Seal Connection-Pipe

Mit TSC-Pipe bieten wir ein Kanalrohrsystem mit Steckverbindung an. Die Produktion erfolgt wahlweiße in Polyethylen oder Polypropylen. Bei beiden Materialien handelt es sich um biegeweiche Werkstoffe, die TSC Rohre und Schachtbauteile können somit durch eine definierte Verformung Belastungen aufnehmen, ohne zu brechen. Durch eine integrierte verschiebesichere und geprüfte Doppeldichtung an der Verbindungsstelle wird auch bei sehr starker Belastung sowohl die Infiltration von ungewünschtem Fremdwasser als auch die Exfiltration in den Boden verhindert.

TSC-Pipe beinhaltet alle Bauteile, die in Freispiegelleitungen vorkommen. Ergänzt wird das Rohrsystem durch ein umfangreiches Angebot an Formteilen wie Abzweigen, Bögen, Böschungsstücken, Schächten und vielem mehr.

Das leichte Rohrgewicht sowie die einfache Steckverbindung ermöglichen eine schnelle, wirtschaftliche Verlegung. Die schwarze Rohraußenseite garantiert eine dauerhafte UV-Beständigkeit und die coextrudierte graue Rohrinnenfläche dient der inspektionsfreundlichen Kamerabefahrung. Wahlweise können die Rohre auch schwarz oder grau durchgefärbt hergestellt werden.

TSC-Pipe ist in den Dimensionen DN 600 bis DN 1600 mit grauer Innenoberfläche lieferbar, andere Ausführungen bieten wir auf Anfrage an.

Vorteile TSC-Pipe

- Verlegefreundlich, wirtschaftlich und umweltfreundlich
- Robust und langlebig
- Dicht (Dichtigkeit nach DIN 4060 nachgewiesen und deutlich überschritten) durch verschiebesichere Doppeldichtung
- Hochstabil - bei geringem Gewicht durch profilierte Rohrwand nach DIN 16961
- Resistent gegen aggressive Abwässer, Korrosion durch Fremdstoffe oder Bakterien, Ablagerungen durch antiadhäsive Oberfläche
- Extrem abriebfest, schlagzäh und UV–beständig
- Hydraulisch extrem leistungsstark durch glatte Innenoberfläche (k < 0,05 mm)
- Inspektionsfreundlich durch helle Innenoberfläche
- Erwartete Nutzungsdauer von mindestens 100 Jahren
- Recyclebar

Abb. 7 - TSC-Pipe

Anwendungsgebiete TSC-Pipe

- Ableitung von Regen- und Oberflächenwasser
- Ableitung von Schmutzwasser
- Freispiegelleitungen
- Straßendurchlässe

1. Systeminformationen

1.4 Kanalrohrsystem Sureline®

Sureline® - optimale Sicherheit

Sureline®-Rohre sind coextrudierte Vollwandrohre und bestehen aus hochwertigen PE-100-RC-Formmassen (RC = resistance to crack). Die Herstellung der Sureline®-Rohre im Coextrusionsverfahren gewährleistet eine hochwertige und homogene Qualität über die gesamte Wanddicke. Die in der PAS 1075 geforderten Prüfungen, wie zum Beispiel FNCT und Punktlastversuch nach Dr. Hessel, werden vom Werkstoff PE 100-RC weit übertroffen. Durch den Einsatz dieses hochwertigen, unvernetzten Kunststoffes bietet das FRANK Sureline®-Rohr den optimalen Schutz unter anderem gegenüber Punktlasten, Rissinitiierung, langsamen Risswachstum und äußerer Beschädigungen.

Kostengünstige Verlegung bei hoher Qualität

Die sehr gute Erfahrung mit Rohren aus Polyethylen führt in vielen Bereichen zur Substitution traditioneller Werkstoffe wie Guss oder Steinzeug. Dazu tragen auch die rechtlichen Rahmenbedingungen bei, die die Betreiber von schadhaften Rohrleitungen zu kurzfristigem Handeln zwingen. Häufig werden deshalb schadhafte Altrohre mit PE-Rohren saniert. Da grabenlose Verlegeverfahren wie zum Beispiel das Relining, Berstlining, Einpflügen oder Horizontalspülbohrverfahren erheblich zur Kostensenkung einer Baumaßnahme beitragen, gewinnen diese Verfahren auch bei der Neuverlegung von Rohren immer mehr an Bedeutung.

Abb. 8 - Sureline®-Rohre

Vorteile der Sureline®-Rohre

- Sureline®-Rohre sind widerstandsfähig gegen
  - Oberflächenbeschädigungen (Riefen) durch die Verlegung und den Transport,
  - Punktlasten durch Steine/Felsen,
  - Spannungen in der Rohrwand durch Verformung (Setzungen, kein optimaler Trassenverlauf)
- Leichtes Handling durch geringes Gewicht, eine Stange DN 150 (d 160, SDR 17; 6 m Länge) wiegt z. B. ca. 27 kg (duktiles Gussrohr, DN 150 ca. 171 kg) und kann auf der Baustelle durch 1 bzw. 2 Personen leicht bewegt werden
- Verfügbar in den Bereichen d 160 bis d 400
- Zugfeste Verbindungen (Heizwendelschweißen und Heizelementstumpfschweißen)
- Sichere Verbindungstechniken auch unter extremen Bedingungen (z. B. Temperatur)
- Dauerhaft dichte Rohrleitungen durch biegeweiche Rohrwerkstoffe (auch im Falle von nachträglichen Bodensetzungen)
- Hohe Abriebfestigkeit und chemische Resistenz
- Erwartete Nutzungsdauer von mindestens 100 Jahren
- Recyclefähigkeit
- Kompatibilität mit allen am Markt befindlichen PE-Rohren und PE-Formteilen

Sureline®-Rohr kann für folgende Verlegearten verwendet werden

- Sandbettfreie Verlegung
- Einpflügeverfahren
- Einfräsverfahren
- Relining bestehender Rohrleitungen (Langrohrrelining)
- Berstlining
- Verlegung mit Erdrakete
- Horizontal-Spülbohrverfahren

1. Systeminformationen

1.5 Kanalrohrsystem PKS®-Secutec (DIBt)

PKS®-Secutec - das überwachbare Rohrsystem mit DIBt-Zulassung

Gerade bei der Verlegung von Rohren im Trinkwasserschutzbereich oder bei grundwassergefährdenden Anwendungen in der chemischen Industrie sind permanent überwachbare Rohrsysteme unverzichtbar. Eine Kontrolle mittels Vakuum oder permanentem Überdruck wird hier für den kompletten Rohrstrang gefordert. PKS®-Secutec-Rohre ermöglichen durch den definierten Hohlraum eine kontinuierliche Überwachung des gesamten Rohrstranges. Bei erdverlegten Rohrsystemen können Schächte in das überwachbare System mit eingebunden werden (siehe Kapitel 10 Schachtbauwerke).

Die Überwachung kann kontinuierlich mit einem zugelassenen Leckanzeiger, einem mobilen Prüfgerät im Rahmen einer Dichtheitskontrolle im Überwachungsraum haltungsweise oder als Komplettsystem erfolgen.

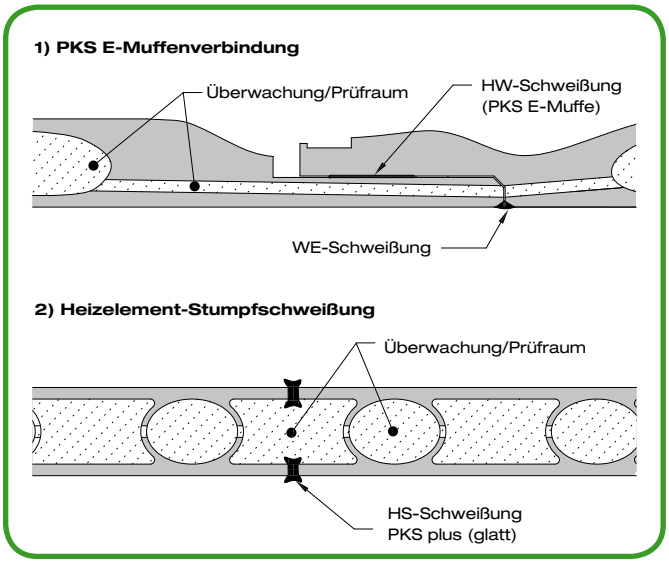


Abb. 9 - Beispiele Verbindungsarten PKS®-Secutec

PKS®-Secutec-Rohre können mittels Heizwendelschweißverfahren (integrierte Elektromuffe) verbunden werden. Durch eine zusätzliche Extrusionschweißnaht auf der Rohrinnenseite wird der Überwachungsraum für die Schweißverbindung hergestellt. Dieser wird an den Überwachungsraum der weiterführenden Rohrleitung angeschlossen. Alternativ kann mit einer inneren und äußeren Extrusionsschweißung gearbeitet werden, in diesem Fall ist keine Heizwendelschweißung erforderlich. Auch die Verbindung mittels Heizelementstumpfschweißverfahren ist möglich. Alle Verfahren garantieren eine homogene und dauerhaft Dichte Verbindung der PKS®-Secutec-Rohre.

Das Rohrsystem PKS®-Secutec verfügt über eine Zulassung des DIBt und ist in den Dimensionen DN 300 bis DN 3500 verfügbar. Die Festlegung der Grundwanddicke erfolgt auf Basis der projektspezifischen Anforderungen, Kundenwünsche können ebenfalls berücksichtigt werden.

Vorteile der PKS®-Secutec-Rohre

- DIBt-Zulassung für Rohrsystem und Schweißverbindung
- Hohes Maß an Sicherheit durch doppelwandigen Aufbau mit integriertem Überwachungsraum
- Kontrollmöglichkeit/Leckageüberwachung
- Leckageüberwachung auch für die Schweißverbindung
- Von DN 300 bis 3500 lieferbar
- Hohe chemische Beständigkeit
- Leichtes Handling durch geringes Gewicht, dadurch einfaches Verlegen möglich
- Hohe Abriebfestigkeit und chemische Resistenz
- Erwartete Nutzungsdauer von mindestens 100 Jahren
- Recyclebar

Anwendungsgebiete

- Abwasserleitungen durch Trinkwasserschutzgebiete
- Erdverlegte Transportleitungen für grundwassergefährdenden Medien
- Sickerwassertransportleitungen im Deponiebau
- Prozessleitungen für gefährliche Chemikalien
- Sonstige Leitungen, bei denen eine erhöhte Sicherheit erforderlich ist.

Abb. 10 - PKS®-Secutec-Kanalrohr

1. Systeminformationen

1.6 Herstellung der Kunststoffrohre

Wickelrohre nach DIN 16961

Die Rohre werden im Wickelverfahren nach DIN 16961 hergestellt. Hierbei wird die thermoplastische Schmelze in Profil- oder Vollwandform spiralförmig auf einen Innenkern (Stahlkern) gewickelt. Dabei wird die Profilierung gezielt über den Überlappungsbereich angeordnet, um maximale Homogenität und Fertigungsgüte zu erreichen. Durch den festen Innenkern ist ein gleichbleibender Innendurchmesser (DN) auch bei unterschiedlichen Wanddicken bzw. Beanspruchungen gegeben. Somit wird erreicht, dass von Muffe bis Spitzende eine durchgehend homogene und dichte Rohrwand entsteht.

Durch das diskontinuierliche Herstellungsverfahren sind Sonderlängen und Sonderabmessungen selbst bei Einzelanfertigungen möglich. Der Profilaufbau wird bei der Projektierung an die jeweiligen Betriebsbedingungen angepasst. Dadurch kann ein Kanalrohr produziert werden, das genau Ihren Anforderungen entspricht und zusätzlich ausreichende Sicherheitsreserven besitzt.

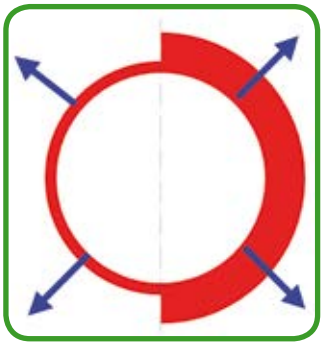


Abb. 11 - Produktionsverfahren für Wickelrohre nach DIN 16961

An erdverlegte Kanalrohre wird die Anforderung einer ausreichenden Langzeitringsteifigkeit gestellt. Dies wird beim PKS®-/TSC- und PKS®-Secutec-Kanalrohr durch die Profilkonstruktion erreicht. Dadurch ist es möglich, Kanalrohre mit einer hohen Ringsteifigkeit bei gleichzeitigem geringen Gewicht herzustellen.

Abb. 12 - Produktionsanlage bei der FRANK & KRAH Wickelrohr GmbH

Druckrohre nach DIN 8074/8075

Druckrohre nach DIN 8074/8075 werden durch das Extrusionsverfahren hergestellt. Bei der Extrusion (lat. extrudere = hinausstoßen) wird der Rohstoff in einem kontinuierlichen Verfahren durch eine definierte Düse gepresst. Das Zusammenführen von artgleichen Kunststoffschmelzen vor dem Verlassen der Profildüse wird als Coextrusion bezeichnet.

Bei der Extrusion/Coextrusion wird der Kunststoff durch einen Extruder mittels Heizung und innerer Reibung aufgeschmolzen und homogenisiert. Dabei wird der zum Durchfließen notwendige Druck aufgebaut. Nach dem Austreten des Kunststoffes aus der Düse erfolgt die Kalibrierung und Kühlung des fortlaufenden Rohrstranges.

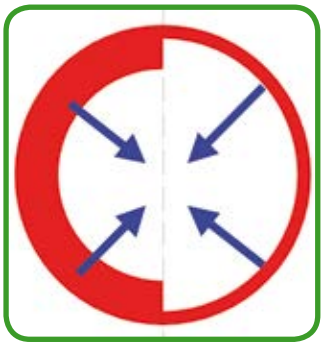


Abb. 13 - Produktionsverfahren für Druckrohre nach DIN 8074/8075

Abb. 14 - Extrusionsanlage für Druckrohr bei der AGRU-FRANK GmbH

Nach dem Abkühlen wird der Rohrstrang in entsprechende Rohrlängen geschnitten.

1. Systeminformationen

1.7 Profiltypen Wickelrohr

PKS®-Profiltyp Vollwand

Das PKS®-Vollwandrohr kann je nach statischen Vorgaben bzw. nach Kundenwunsch in unterschiedlichen Wanddicken und mit heller Innenfläche in Coextrusion hergestellt werden. Durch den homogenen Aufbau der Rohrwand und der glatten Innen- und Außenfläche ist das Vollwandrohr für die Herstellung von Schächten, Bögen und anderen Bauwerken bzw. Bauteilen bestens geeignet. Stehende zylindrische Behälter können mit zulassungskonformen abgestuften Wanddicken hergestellt werden. Dabei sind Wanddicken von bis zu 400 mm möglich.

Das Vollwandrohr kann mit Muffe oder E-Muffe und Spitzende, wie auch mit glatten Enden gefertigt werden. Bis zur Dimension DN 2400 erfolgt die Verbindung mittels Heizwendelschweißung. Eine Extrusionsschweißung ist von DN 300 bis DN 3500 möglich.

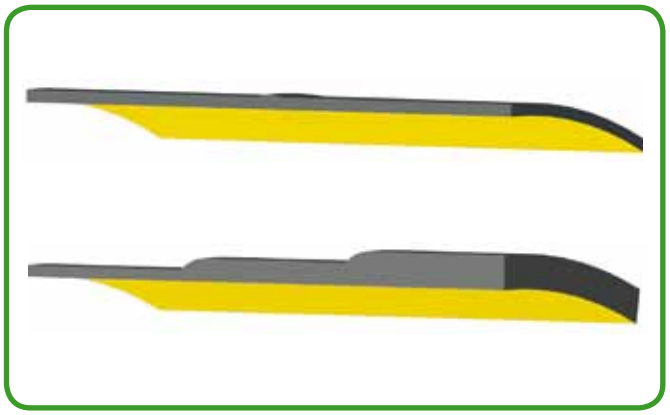


Abb. 15 - Oben Vollwandprofil, unten Vollwandprofil gestuft

PKS®-Profiltyp PR, PRO (DN 300 bis DN 3500)

Die PKS®-Profile des Typs PR zeichnen sich durch hohe Ringsteifigkeiten bei sehr geringen Rohrgewichten aus. Eingesetzt wird dieser Rohrtyp PR bei erdverlegten Kanalrohren bis zur Nennweite DN 3500. Bei außergewöhnlich schwierigen Einbaubedingungen und extremen Belastungen kann das PKS® Pro-Profil eingesetzt werden. Die Verbindung der einzelnen Rohre erfolgt mit der Heizwendelschweißung bis zur Nennweite DN 2400. Parallel zur Heizwendelschweißung kann von DN 300 bis 3500 auch die Extrusionsschweißung eingesetzt werden. Die Rohre werden mit angeformten Spitzenden und Muffen hergestellt.

Das Programm des inspektionsfreundlichen PKS®-Systems wird mit extrudierten PE-100-Rohren nach DIN 8074/75 in den Dimensionen D 160 SDR 17/SDR 11 bis D 400 abgerundet.

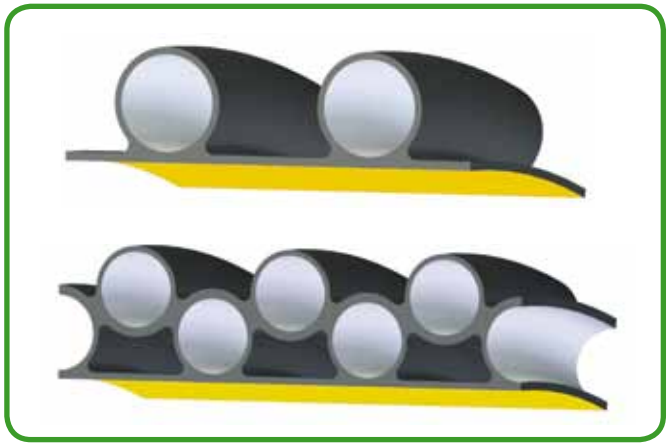


Abb. 16 - Oben PR-Profil, unten PRO-Profil

PKS®-Profiltyp PKS®$_{plus}$, SQ (DN 300 bis DN 3500)

PKS®-Profile des Typs PKS®$_{plus}$ bzw. SQ erreichen durch den kompakten Profilaufbau mit glatter und geschlossener Rohraussenseite sehr hohe Langzeitringsteifigkeiten. Sie werden daher bei sehr großen äußeren Belastungen eingesetzt.

Durch die glatte Außenwand der Rohre eignen sie sich hervorragend zur Herstellung von Schächten und anderen Bauwerken mit Rohrleitungsdurchführungen.

Die PKS®-Rohre diesen Typs können den jeweiligen Anforderungen an die Ringsteifigkeit angepasst bzw. die Grundwanddicke nach Kundenwunsch festgelegt werden. Die Verbindung der einzelnen Rohre kann bis DN 2400 mit der Heizwendelschweißung erfolgen. Von DN 300 bis DN 3500 kann die Extrusionsschweißung eingesetzt werden, wobei die Rohre standardmäßig wie bei dem Profiltyp PR mit Spitzende und Muffe hergestellt werden.

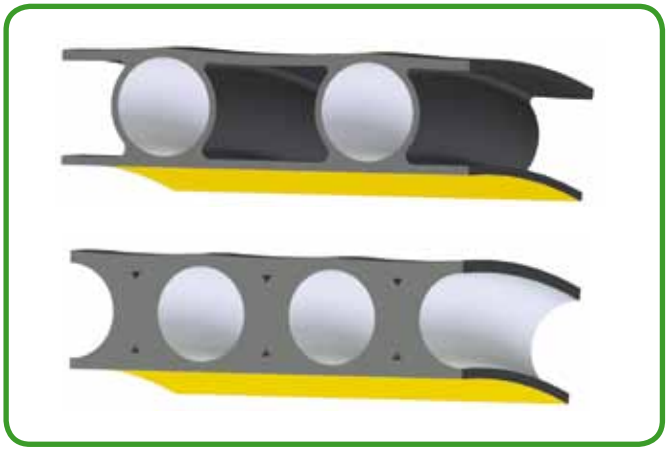


Abb. 17 - Oben PKS$_{plus}$-Profil, unten SQ-Profil

1. Systeminformationen

1.8 Belastungen auf ein biegeweiches Kanalrohrsystem

Vorteile biegeweicher Kanalrohre

Erdverlegte Rohrsysteme werden im Laufe des Betriebs unterschiedlichen bzw. wechselnden Beanspruchungen ausgesetzt. So sind Kanalrohre noch im Einsatz, die vor über 80 Jahren verlegt wurden. Die Verkehrs- und Erdlasten, die zu diesem Zeitpunkt auf die Kanalsysteme wirkten, sind aufgrund der stetig wachsenden Verkehrsdichte sowie Überbauungen nicht mehr mit den heutigen Belastungen vergleichbar. Die Belastungen, die auf unsere Kanalrohre in 50 Jahren wirken, können heute nur abgeschätzt werden. Es ist daher wichtig, Kanalrohrsysteme einzusetzen, die auch bei zukünftigen Belastungen nicht versagen.

Häufige Schadensbilder bei Rohrsystemen aus „traditionellen" Werkstoffen, die immer noch einen Großteil unseres Kanalsystems ausmachen, sind unter anderem Riss- und Scherbenbildung, Einstürze und Muffenversatz. Diese sind hauptsächlich auf Setzungen und somit Überbeanspruchung des Rohrscheitels zurückzuführen. Weitere Ursachen für undichte Kanäle sind vermehrt Wurzeleinwuchs im Bereich von Hausanschlüssen und Muffenverbindungen. Ein zukunftsicheres Kanalrohr muss diese Schadensbilder daher ausschließen können.

Abb. 18 - Biegeweiches Kanalrohr

Das klügere Rohr gibt nach

Aus der Natur ist bekannt, dass die dünnen Äste und Blätter eines Baumes sich im Wind ständig bewegen. Genauer betrachtet, verformen sie sich soweit, bis die Belastung am geringsten ist. Sie geben der Belastung nach. Wieso sollte nicht auch ein Kanalrohr eingesetzt werden, das den Belastungen durch gewünschte Verformung nachgibt? So ist das PKS®-System aufgrund der Elastizität von Polyethylen und Polypropylen in der Lage, gewollte Verformungen zu ermöglichen. Hierbei werden Spannungen im Material abgebaut. Die Gefahr einer Überbeanspruchung und damit eines Bruches ist gebannt. Bei einer Abnahme der Belastung kann sich das PKS®-Rohr aufgrund der Elastizität wieder zurückformen. PKS®-Rohre sind Kanalrohre mit eingebauter „Knautschzone".

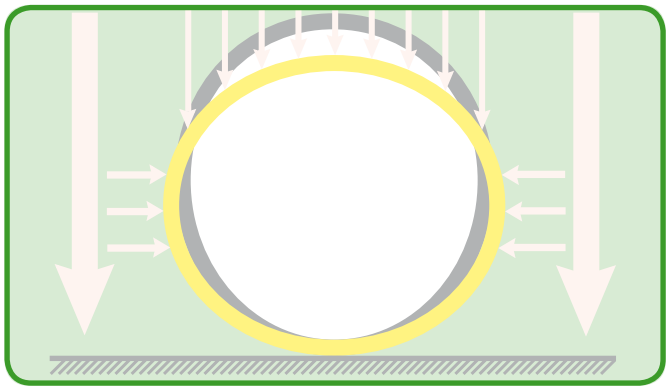


Abb. 19 - Kräfteeintrag auf ein biegeweiches Kanalrohr

Tragfähigkeit des Bodens wird ausgenutzt

Biegesteife Kanalrohre wie Beton oder Steinzeug müssen alle Auflasten aus Erdüberdeckung und Verkehrsbelastung übernehmen. Bei den PKS®-Rohren werden die Lasten durch ein Zusammenspiel von biegeweichem Kanalrohr und verdichtetem Boden getragen. Durch die Senkung des Rohrscheitels kommt es zu einer Abnahme der Lastkonzentration über dem Rohr. Durch diese gewünschte Verformung wird der Kämpfer nach außen verschoben. Hierdurch baut sich ein zusätzlicher Bettungsdruck auf, mit dem das Rohr seitlich gestützt wird. Durch die gewünschte Verformung des PKS®-Rohres wird ein Gleichgewicht der Belastungen um das Rohr hergestellt. Das PKS®-Rohr kann daher auch bei großen Belastungen eingesetzt werden, ohne dass es den Vorteil des geringen Gewichtes verliert.

Abb. 20 - PKS®-Kanalrohr

1. Systeminformationen

1.9 Wirtschaftlichkeit von Kunststoffrohrleitungen

Kostengünstige nachhaltige Lösungen

Nach der aktuellen DWA-Umfrage stehen den Kommunen jährlich Milliardeninvestitionen zur Sanierung von maroden Abwasserkanälen bevor. Angesichts leerer öffentlicher Kassen ergibt sich die Notwendigkeit einer nachhaltigen Kostensenkung in der öffentlichen Abwasserentsorgung. Dabei steht der Wunsch der Bürger nach einer minimalen Belastung durch Abwassergebühren bei gleichzeitiger Gewährleistung der Betriebssicherheit im Vordergrund.

Im Rahmen einer empirischen Untersuchung der TU Darmstadt unter deutschen Kanalnetzbetreibern wurde die Möglichkeit der Kostensenkung durch den Einsatz hochwertiger Kanalrohrsysteme aus PE analysiert. In der 2006 durchgeführten Untersuchung wurden 83 Betreiber öffentlicher Kanalnetze befragt, dies entspricht ca. 18 % der deutschen Bevölkerung. Mit über 56.600 Kanalkilometern sind außerdem fast 12 % des öffentlichen deutschen Kanalnetzes in dieser Umfrage vertreten.

Die Untersuchung ergab, dass die maßgeblichen Kostenfaktoren eines Abwasserbetriebes die Instandhaltung mit ~25 % und die Abschreibung mit ~29 % (Abb. 21) sind. Hier besteht auch das größte Potential zur Senkung der Kosten und damit zur Senkung der Abwassergebühren.

Die Höhe der kalkulatorischen Abschreibungen wird im Wesentlichen durch die erwartete Nutzungsdauer der abzuschreibenden Anlagegüter bestimmt. Etwa 70 bis 80 % der gesamten Herstellungskosten eines Bauprojekts in der Abwasserentsorgung entfallen auf die Kanalisation. Damit wird deutlich, dass die Wahl eines langlebigen Rohrwerkstoffs einen erheblichen Einfluss auf die Höhe der anzusetzenden Abschreibungssätze hat. Selbst bei geringfügig steigenden Investitionskosten könnten bei sonst gleichen Bedingungen die Gesamtkosten und damit auch die Abwassergebühren für den Endverbraucher sinken.

Der Anteil der Materialkosten des Rohres, verglichen mit den gesamten Investitionskosten, ist recht gering, so dass die Entscheidung für einen Rohrwerkstoff nicht vom Preis des Rohrsystems abhängen sollte. Vielmehr sollte die Entscheidung des Werkstoffes nach den Kriterien hohe Lebensdauer der Rohre und deren Verbindungen, den sonstige Qualitätskriterien und den Einbaubedingungen getroffen werden (Abb. 22 u. 24).

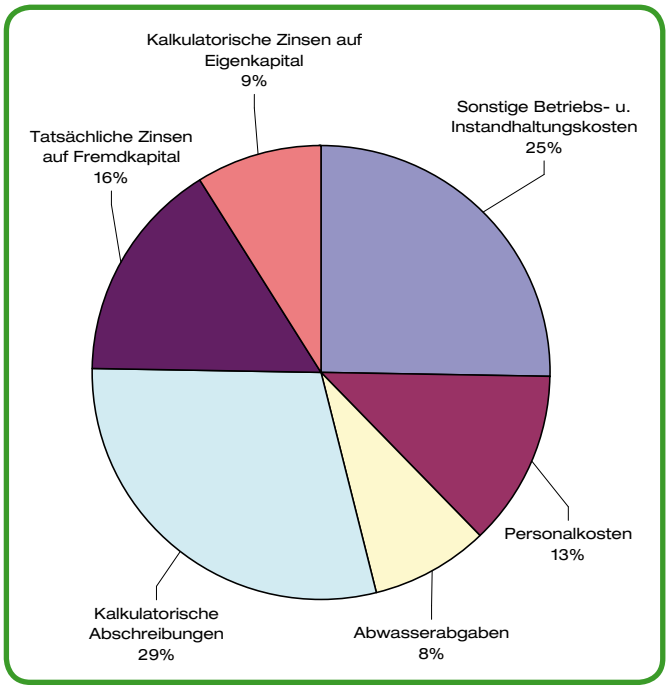


Abb. 21 - Kostenanalyse deutscher Kanalnetzbetreiber (Quelle: TU Darmstadt - Empirische Untersuchung, 2006)

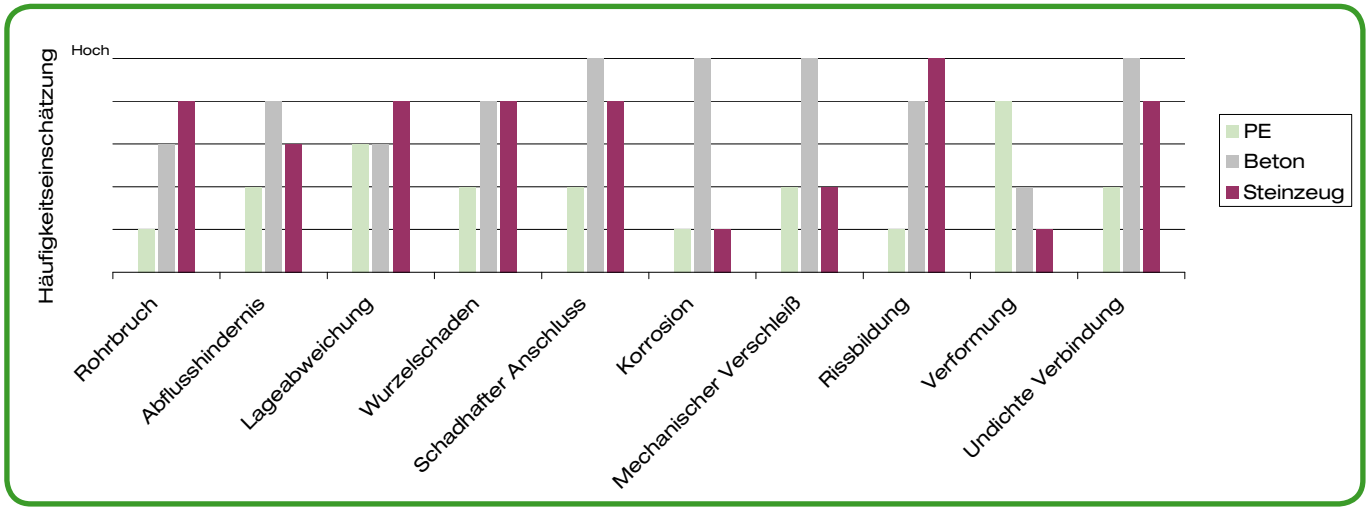


Abb. 22 - Häufigkeit verschiedener Schadensarten allgemein (Quelle: Empirische Untersuchung der TU Darmstadt, 2006)

1. Systeminformationen

1.9 Wirtschaftlichkeit von Kunststoffrohrleitungen

Sanierungskosten als Kostensenkungsmöglichkeit

Eine Einsparung bei den Sanierungskosten kann hauptsächlich dadurch erreicht werden, dass die relativ teueren Schadensarten Rohrbruch/Einsturz und schadhafter Anschluss (hier werden häufig umfangreiche Sanierungsmaßnahmen in offener Bauweise notwendig) möglichst selten auftreten. Dies kann neben einer fachgerechten Verlegung vor allem durch die Wahl des richtigen Rohrwerkstoffes erfolgen. Durch den Einsatz von PE 100 im Abwassernetz können erhebliche Einsparungen erzielt werden, da gerade diese Schadensarten seltener auftreten (Abb. 22, 23, 24).

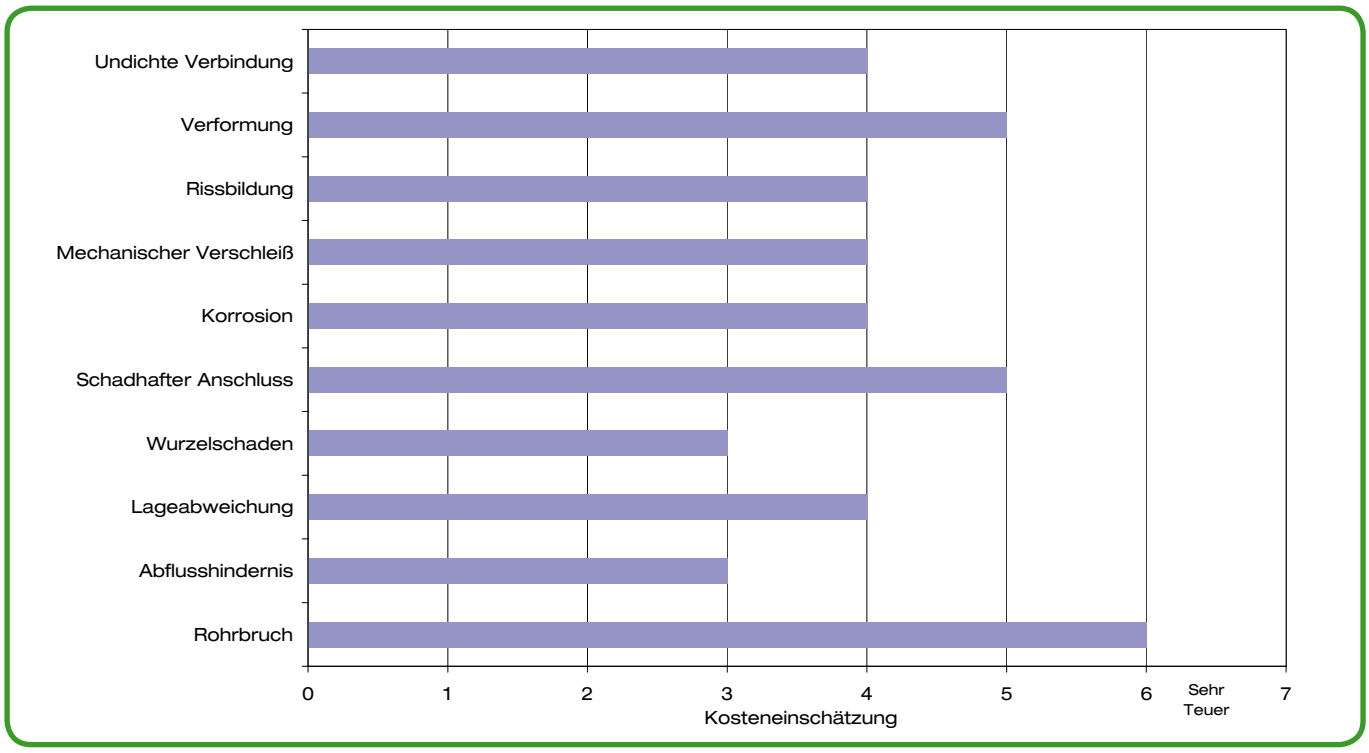


Abb. 23 - Kostenschätzung zur Behebung ausgewählter Schadensarten (Quelle: Empirische Untersuchung der TU Darmstadt, 2006)

Vergleicht man die Häufigkeit der Schadensarten (Abb. 22 u. 24) mit den Kosten, die für die Behebung dieser Schäden aufgewendet werden müssen (Abb. 23), stellt man fest, dass der Rohrwerkstoff PE gerade in den Bereichen, die sehr kostenintensiv sind, deutlich besser abschneidet als die betrachteten biegesteifen Rohrwerkstoffe.

Eine Ausnahme bildet nur die Verformung. Biegeweiche Rohre weisen demnach 0,7 Verformungsschäden pro Kanalkilometer auf. Inwieweit die Verformung des Rohres bei biegeweichen Rohren tatsächlich als Schaden angesehen werden kann, ist fraglich. So werden z. B. bei statischen Berechnungen der biegeweichen Rohrsysteme nach ATV-DVWK-A 127 von vornherein Verformungen angenommen.

Diese zulässigen Verformungen beeinträchtigen in keiner Weise die Funktionsweise der Rohrsysteme. Des Weiteren sind extreme Verformungen nicht durch den Werkstoff, sondern in einer mangelhaften Verlegung bzw. in einer deutlichen Überbelastung begründet und können im Vorfeld durch ingenieurmäßige Planung und sachgemäße Verlegung ausgeschlossen werden.

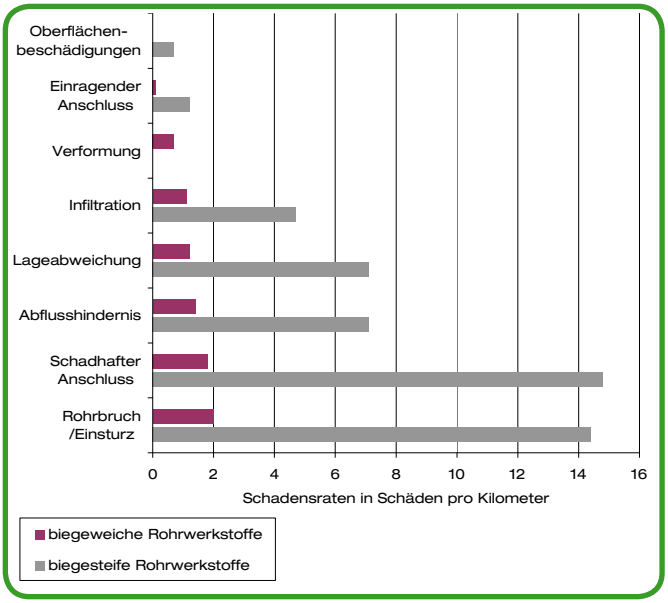


Abb. 24 - Schadensraten biegesteifer und biegeweicher Rohrwerkstoffe (Quelle: Empirische Untersuchung der TU Darmstadt, 2006)

1. Systeminformationen

1.9 Wirtschaftlichkeit von Kunststoffrohrleitungen

Gründe für den wachsenden Kunststoffanteil im Kanalnetz

Im Rahmen der von der TU Darmstadt durchgeführten empirischen Untersuchung wurden die Kanalnetzbetreiber nach denjenigen Kriterien befragt die für die Entscheidung des Rohrwerkstoffes maßgeblich sind. Dazu waren die Unternehmen angehalten, die aus ihrer Sicht fünf wichtigste Rohreigenschaften anzugeben (Abb. 25).

Die wichtigste Eigenschaft eines Abwasserrohres ist demnach die Lebensdauer vom Rohr und dessen Verbindung mit 72 Nennungen. Annähernd 90 % der Befragten sehen in einer möglichst hohen Nutzungsdauer eine unverzichtbare Werkstoffanforderung für die Zukunft. Ebenfalls als wichtig eingestuft werden von mehr als 40 % der Befragten Korrosionsbeständigkeit, Dichtigkeit an den Verbindungsstellen, geringe Betriebs- und Instandhaltungskosten und geringes Risiko von Einbaufehlern. Interessanterweise beeinflussen die genannten Eigenschaften besonders die Abschreibungen und die Betriebskosten (Abb. 21).

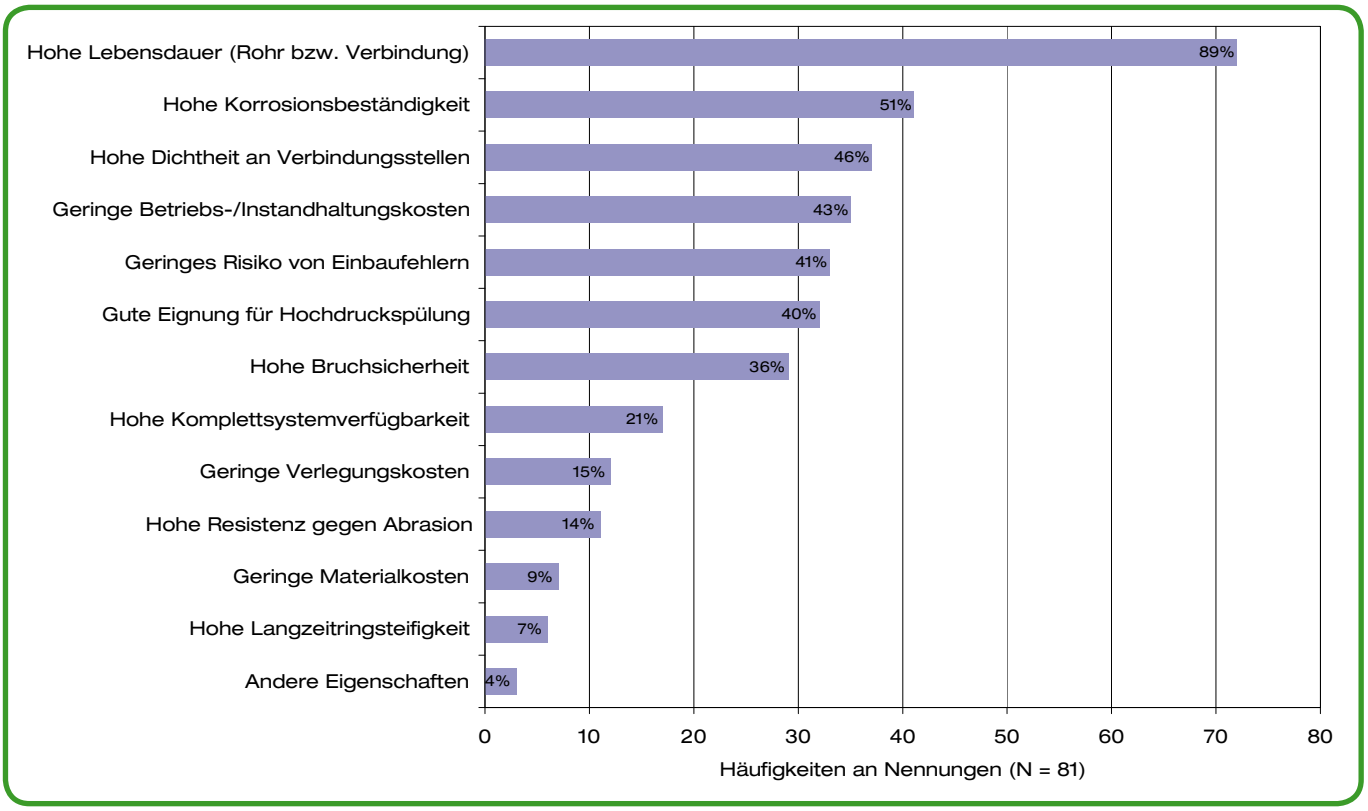


Abb. 25 - Gewichtung von Rohreigenschaften der Kanalnetzbetreiber (Quelle: Empirische Untersuchung der TU Darmstadt, 2006)

Gründe, die von den Kanalnetzbetreibern bei der Kaufentscheidung für ein Kanalrohrsystem aus PE 100 berücksichtigt werden, sind die geringen Folgekosten für den wartungsfreien Betrieb, der günstigere Unterhalt und die hohe Gebrauchstauglichkeit des Netzes von 100 Jahren und mehr. Darüber hinaus wird die Langlebigkeit und Dichtheit eines Abwassernetzes aus PE zusätzlich durch die Tatsache unterstützt, dass die Rohrsysteme im gesamten Durchmesserbereich in geschweißter Ausführung angeboten werden. Im Unterschied hierzu bestehen bei biegesteifen konventionellen Rohrwerkstoffen potentielle Schwachstellen im Bereich der Steckverbindung, die zu erheblichen zusätzlichen Instandhaltungskosten führen können.

Ein Vergleich der biegeweichen und biegesteifen Rohrwerkwerkstoffe in der Schadensart Rohrbruch/Einsturz, die als häufigste Ursache für kostenintensive Reparaturen angegeben wurde, zeigt deutlich, dass die Wahrscheinlichkeit des Rohrbruches bei einem biegeweichen Rohrwerkstoff wie PE 100 weit geringer ist. Aus den praktischen Erfahrungen mit PE-Kanalrohren liegt der zu erwartende Instandhaltungsaufwand deutlich unter 10 % von den gesamten Kosten. Die Lebenserwartung vom Rohrwerkstoff PE wird in der DIN 8074/8075 mit mindestens 100 Jahren angegeben, somit kann der Kostenfaktor Abschreibung ebenfalls drastisch reduziert werden. Für ökonomisch sinnvolle und nachhaltige Lösungen in einem modernen Kanalsystem fällt die Entscheidung für den zukunftssicheren Werkstoff Polyethylen daher leicht.

2. Kennzeichnung

2.1 Wickelrohre (DIN 16961)

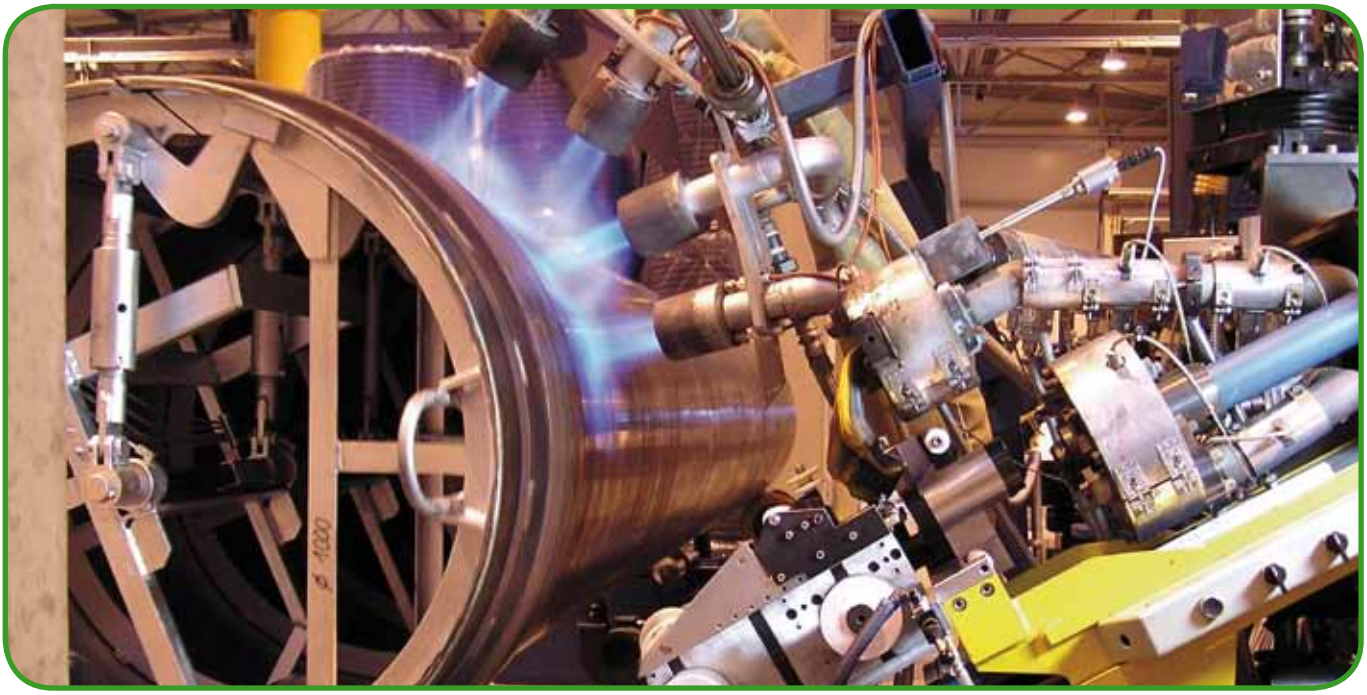


Abb. 26 - Produktionsanlage der FRANK & KRAH Wickelrohr GmbH

Normkennzeichnung

Die Kennzeichnung erfolgt während der Produktion mit Hilfe eines rohrspezifischen Prägestempels, der alle Informationen zum Rohr enthält. Die Normkennzeichnung umfasst folgende Angaben bei Wickelrohren, so dass eine lückenlose Rückverfolgbarkeit gewährleistet wird:

- DIN 16961
- Herstellername
- Profiltyp (z. B. PR 75-17.4)
- Werkstoffklasse
- Dimension (Innendurchmesser)
- MFR-Gruppe
- Produktionsdatum
- Rohrreihe
- Laufende Rohrnummer

Abb. 27 - Rohrsignierung

2. Kennzeichnung

2.2 Druckrohre (DIN 8074/75), Rohre mit Schutzeigenschaften (PAS 1075)

Während der Produktion werden die Rohre kontinuierlich in einem Abstand von einem Meter mittels Prägesignierung gekennzeichnet.

Die Kennzeichnung wird je nach Werkstoff unterschiedlich ausgeführt. Die Normkennzeichnung umfasst folgende Angaben:

- Herstellername
- Kurzbezeichnung des Werkstoffes
- Dimension (Außendurchmesser x Wanddicke)
- Rohrreihe (ISO-, SDR-Bezeichnung)
- Nenndruck (PN ..)
- Erzeugungsjahr
- Normbezeichnung
- Interne Chargenkennzeichnung

Für die Kennzeichnung aller Druckstufen wird eine zur Farbe des Rohrwerkstoffes abweichende Farbe verwendet, wobei eine dem Rohrdurchmesser angepasste deutlich lesbare Schriftgröße eingesetzt wird.

Abb. 28 - Kennzeichnung extrudiertes Kanalrohr

2.3 Formteile (DIN 16963)

Die Kennzeichnung der Formteile wird durch spezielle Einsätze in der Spritzgussform bei der Produktion realisiert.

Die Kennzeichnung enthält folgende Angaben:

- Herstellername
- Kurzbezeichnung und Klassifizierung des Werkstoffes
- Dimension (Außendurchmesser x Wanddicke)
- ISO- bzw. SDR-Bezeichnung
- Interne Seriennummer (Produktionsjahr ist in dieser Nummer enthalten)

Auf den Heizwendelformteilen und auf Formteilen mit langen Schweißenden ab d 110 ist neben dem Schweißcode ein Bauteil–Rückverfolgbarkeitscode angebracht. Dieser Barcode (128 Typ C*) enthält alle chargenbezogenen Daten des Formteils.

Abb. 29 - Bauteil–Rückverfolgbarkeitscode

Abb. 30 - Elektroschweißmuffe DA 160 und DA 560

* Barcode entspricht ISO/FDIS 1276-4 (November 2003)

3. Qualitätssicherung

3.1 Allgemein

Rohstoff

Vor der Markteinführung eines Produktes werden alle im Zuge des Pflichtenheftes definierten Prüfungen abgeschlossen und dokumentiert. Die zur Verwendung kommenden Werkstoffe werden vor einem Serieneinsatz im Rahmen von Versuchsproduktionen erprobt und in Langzeitprüfungen untersucht. Bei Erfüllung unserer Werkskriterien, die deutlich über den Normanforderungen liegen, werden mit den Rohstoffherstellern Lieferspezifikationen vereinbart, die für alle späteren Lieferungen verbindlich sind.

Erst nach einer Erprobungsphase in der Fertigung wird die Werkstofftype als Standardmaterial freigegeben. Parallel dazu werden Vergleichsprüfungen im Rahmen der Fremdüberwachung durchgeführt, um die Prüfergebnisse abzusichern.

Sämtliche eingehenden Rohmaterialien sowie Halbfertigprodukte werden vor der Produktionsfreigabe einer umfassenden Eingangskontrolle unterzogen, in deren Verlauf die Eignung nachgewiesen wird.

Produkt

Bei der Ableitung von Abwässern durch erdverlegte Rohrleitungen werden die Kanalrohre durch immer aggressivere Medien belastet. Gleichzeitig wächst die Notwendigkeit des Schutzes unserer Umwelt. In Bezug auf Herstellung, Entwicklung und Einsatz sind daher Rohrleitungssysteme erforderlich, die gehobene Qualitätsanforderungen erfüllen.

Im Rahmen der betrieblichen Eigenkontrolle während der Produktion werden die in den einschlägigen Normen und Richtlinien angegebenen Prüfungen und Kontrollen regelmäßig durch qualifizierte Personen durchgeführt. Parallel dazu entnimmt das Laborpersonal von jeder Produktionsserie eine repräsentative Probenmenge für weitergehende physikalische Prüfungen, wobei auch hier die entsprechenden Produktnormen zugrundegelegt werden.

Abb. 31 - Ultraschallmessgerät

Abb. 32 - Pendelschlagmessgerät

Folgende Prüfungen werden im Rahmen der Eigenüberwachung durchgeführt:

- **Eingangskontrolle Rohstoffe**
  - Schmelzindex
  - Homogenität
  - Feuchtigkeitsgehalt
  - Werkstoffdichte
  - Farbe
- **Produktionskontrolle**
  - Farbe
  - Kennzeichnung
  - Oberflächenbeschaffenheit
  - Lieferzustand
  - Röntgenprüfung (spritzgegossene Formstücke)
  - Abmessungen
- **Qualitätskontrolle für extrudierte Vollwandrohre**
  - Abmessungen
  - Schmelzindex
  - Homogenität
  - Verhalten nach Wärmebehandlung
  - Zeitstand-Innendruckprüfung
- **Qualitätskontrolle für Profilkanalrohre**
  - Abmessungen
  - Schmelzindex
  - Ringsteifigkeit
  - Zugfestigkeit Rohrverbindung
  - Zugfestigkeit zwischen den Profilen
- **Ausgangskontrolle**
  - Verpackung
  - Lieferzustand
  - Maßkontrollen
  - Widerstand E-Wendel

3. Qualitätssicherung

3.2 Eigenüberwachung

Abb. 33 - MFR-Messgerät

MFR - Melt flow rate gemäß ISO 1133

Die Viskositäten der verschiedenen Polyethylenschmelzen werden mit Hilfe geeigneter Fließprüfgeräte im Rahmen der Wareneingangsprüfungen sowie der Überwachungsprüfungen ermittelt. Üblicherweise geschieht dies für PE bei einer Temperatur von 190° C und einer Belastung von 5 kg (MFR 190/5).

Abb. 34 - Feuchtemessung

Feuchtigkeitsgehalt

Im Rahmen der Wareneingangskontrolle wird an jeder Rohstoffcharge vor der Verarbeitungsfreigabe der Feuchtigkeitsgehalt (die flüchtigen Bestandteile) nach einer internen Prüfanweisung mittels Infrarot-Messgerät ermittelt. Das Ergebnis wird bei dem der Verarbeitung vorgeschalteten Trocknungsvorgang berücksichtigt.

Abb. 35 - Dichtemessung

Dichte gemäß DIN EN ISO 1183

Die Dichte von Kunststoffen ist eine schnell zu bestimmende Eigenschaft, die dazu verwendet werden kann, physikalische und chemische Veränderungen bei Kunststoffen festzustellen. Die Dichte hat maßgeblichen Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften und wird im Rahmen der Wareneingangskontrolle festgestellt.

Abb. 36 - Zugprüfung Messanlage

Zugprüfung gemäß ISO 527-1/-2

Im Rahmen der Bestimmung der mechanischen Eigenschaften im Zugversuch können Streckgrenze sowie Bruchspannung und -dehnung ermittelt werden.

3. Qualitätssicherung

3.2 Eigenüberwachung

Abb. 37 - Zeitstand-Innendruckmessgerät

Zeitstand-Innendruckprüfung gemäß DIN 8075

Zur Abschätzung der Lebensdauer der Rohre werden chargenbezogene Zeitstand-Innendruckprüfungen durchgeführt. Je nach Werkstoffklasse werden die in den gültigen Regelwerken verankerten Prüfparameter angewendet.

Abb. 38 - SR/SN Prüfanlage

Prüfung der Ringsteifigkeit SR (DIN 16961)

Die Prüfung „constant load“ dient zur Bestätigung der theoretisch berechneten Ringsteifigkeit SR durch eine konstante Belastung des Prüfkörpers durch eine linienförmige Last auf den Rohrscheitel.

Prüfung der Ringsteifigkeit SN (ISO 9969)

Bei der Untersuchung „constant speed“ wird das zu prüfende Wickelrohr vertikal um 3 % (bezogen auf den Innendurchmesser) verformt. Ermittelt wird die hierzu nötige Verformungskraft, welche dann über eine Formel in den entsprechenden SN-Wert des Rohres umgerechnet wird.

Abb. 39 - Ultraschallmessung

Ultraschallprüfung der Wanddicken gemäß Werksnorm

Im Rahmen der Eigenüberwachung werden mit Hilfe einem Ultraschall-Messgerätes die Wanddicken der Profilkanalrohre gemessen. Mit Hilfe der Ultraschallprüfung wird sichergestellt, dass die Mindestanforderungen der Wanddicken zwischen und unterhalb der Profile eingehalten werden.

Abb. 40 - Zugprüfmaschine

Zugprüfung am Profil gemäß DIN EN 1979

Diese Prüfung dient zur Bestimmung der Kurzzeit-Zugfestigkeit der Überlappungsnaht, speziell für thermoplastische Wickelrohre mit profilierter Wandung. Hierbei wird der Prüfkörper senkrecht zur Überlappungsnaht in festgelegter Form und Größe entnommen und in eine Zugprüfmaschine eingespannt. Die Höchstkraft N (Newton), die bis zum Bruch der Naht führt, stellt die Zugfestigkeit der Überlappungsnaht dar.

3. Qualitätssicherung

3.3 Externe Untersuchungen zur Ergänzung der Eigenüberwachung

Vorbemerkungen

Bei langen Beanspruchungszeiten und/oder hohen Temperaturen können kleine Fehlstellen bzw. Kerben zu einem spröden Versagen von PE-/PP-Rohren führen. Dieser Versagensmechanismus wird durch den Prozess des langsamen Risswachstums beschrieben. In der Vergangenheit wurden verschiedene Prüfverfahren entwickelt, die diese Vorgänge nachempfinden und eine Materialentwicklung unter dem Aspekt „hoher Widerstand gegenüber langsamem Risswachstum“ ermöglichen. In diesem Zusammenhang finden heutzutage vorwiegend der Notchtest und der FNCT (Full Notch Creep Test) seine Anwendung.

Rohrleitungen können abhängig vom Verfahren bei der Verlegung bzw. im späteren Betrieb hohen Belastungen ausgesetzt werden. Diese Belastungen können im Labor durch beschleunigende Tests nachgestellt werden.

Hintergrund für die Prüfungen ist der Umstand, dass Rohre bei Anwendung alternativer Verlegeverfahren durch Berührung mit Stein, Fels oder ähnlichem oberflächlich beschädigt werden können. Da diese Beschädigungen (z. B. Riefen) auch scharfkantig auftreten können, führen sie zu einer Spannungskonzentration, die durch den Rohrwerkstoff zusätzlich zu den „üblichen“ Belastungen (Innendruck, Verkehrslast, Setzungen usw.) ertragen werden müssen.

Der sichere Betrieb von Rohren aus Polyethylen, die mit Hilfe von alternativen Verlegeverfahren eingebaut werden, setzt besondere Eigenschaften hinsichtlich der Spannungsrissbeständigkeit der Rohre voraus. Die Definition dieser Eigenschaften übernimmt die PAS 1075. Diese öffentlich verfügbare Spezifikation ist eine Ergänzung der bestehenden Normen und Regelwerke. Sie beschreibt die technischen Anforderungen und Prüfungen solcher Rohrsysteme und der verarbeiteten Rohstoffe.

Punktlastversuch nach Dr. Hessel an extrudierten Vollwandrohren (PA PLP 2.2-2 2004.05)

Bei diesem nach DAP (Dt. Akkreditierungssystem für Prüfwesen GmbH) akkreditierten Prüfverfahren handelt es sich um eine Kombination aus Innendruckprüfung mit zusätzlich von außen aufgebrachter Punktbelastung. Diese simuliert z. B. den in der Praxis anzutreffenden spitzen Stein in einem Sandbett und wird durch einen 10-mm-Auflagestempel im Labor nachgestellt.

Die Prüfung wird unter Verwendung eines Netzmittels (z. B. Arkopal N-100) bei erhöhter Temperatur (80°C) durchgeführt. Die Anforderungen für Rohre unter Punktbelastung ergeben sich aus der Forderung, dass die Rohre trotz der zusätzlichen Belastung durch das Entstehen von Spannungsrissen nicht ausfallen dürfen.

Notchtest (DIN EN ISO 13479)

Der Notchtest wird an extrudierten Vollwandrohren durchgeführt und ist eine abgeänderte Zeitstand-Innendruckprüfung, bei der die Versagensstelle durch eine definierte Kerbe (Öffnungswinkel 60°, Kerbtiefe entspricht 20 % der Wanddicke) vorgegeben ist. Von diesen Kerben werden vier Stück gleichmäßig über den Umfang verteilt. Die Prüfung erfolgt bei 80°C und einer Prüfspannung von 4,6 N/mm².

Die Normanforderung für Rohre aus PE 100 liegt bei > 500 h (DVGW Arbeitsblatt 335-A2), die für Rohre mit Schutzeigenschaften bei > 5.000 h. Die zur Zeit laufenden Prüfungen zeigen folgenden Stand:

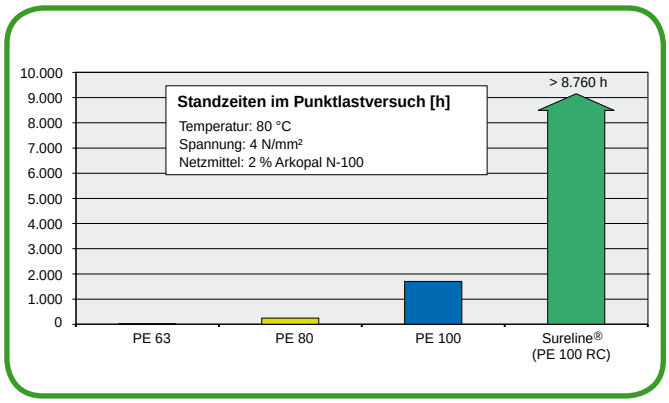


Abb. 41 - Standzeiten im Punktlastversuch

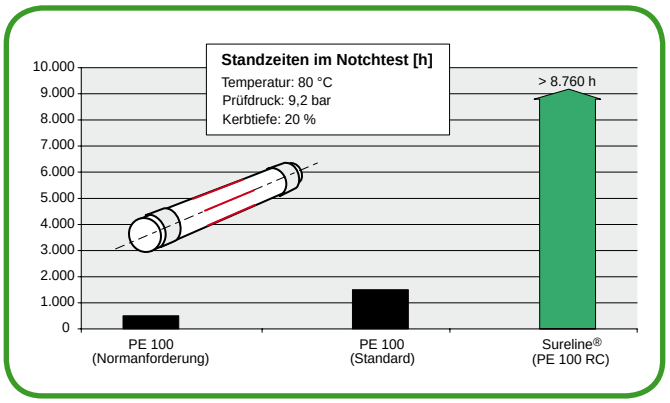


Abb. 42 - Standzeiten im Notchtest

3. Qualitätssicherung

3.3 Externe Untersuchungen zur Ergänzung der Eigenüberwachung

FNCT „Full Notch Creep Test“ DIN EN 12814-3; DVS 2203-4 Beiblatt 2

Bei dieser Prüfung werden an Probestäben (Probekörper axial aus der Rohrwand entnommen), mit einer definierten umlaufenden Kerbe, Zeitstand-Zugversuche unter Netzmitteleinfluss (z. B. Arkopal N-100) bei erhöhter Temperatur (80 oder 95°C) durchgeführt. Dieses Prüfverfahren erlaubt bei relativ kurzen Prüfzeiten eine deutliche Differenzierung einzelner Formmassen. Naturgemäß erreichen zähe Werkstoffe in diesem Test deutlich höheren Standzeiten.

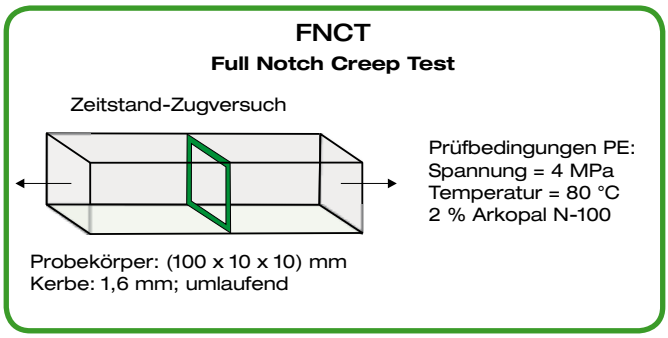


Abb. 43 - Darstellung FNCT

Standzeit bei 80°C MPa in Wasser		
Werkstoff	ohne Netzmittel	mit Netzmittel Arkopal 100N
PE-HD*		keine Anforderung
PE 80	600 h	≥ 100 h
PE 100	1900 h	≥ 300 h

Tab. 2 - FNCT-Mindestanforderungen gemäß DIBt

*Rohre aus Polyethylen hoher Dichte (PE-HD) sind ausschließlich für den Einsatz als Kabelschutzrohre geeignet. Aus diesem Grund werden keine Anforderungen im Zeitstand-Innendruckversuch gestellt. Im Hinblick auf die Vorgabe, qualitativ hochwertige Werkstoffe im Kanalbereich einzusetzen, „verbietet“ sich die Verwendung von Rohstoffen, die lediglich als „PE-HD“ bezeichnet werden.

Besonderheit PE 100-RC

Durch verfahrenstechnische Optimierung bei der Herstellung der Polyethylen-Werkstoffe bzw. durch Copolymerisation mit geeigneten Alpha-Olefinen wurden PE-100-Rohstoffe mit herausragender Spannungsrissbeständigkeit entwickelt. Diese PE-100-Rohstoffe bezeichnet man mit „PE 100-RC“. Sie sind in der PAS 1075 im Zusammenhang mit alternativen Verlegeverfahren beschrieben. Das Kürzel „RC“ ist aus dem englischen „resistance to crack“ abgeleitet und bedeutet „Widerstandsfähig gegenüber Rissen“. FRANK Sureline®-Rohre werden aus diesem Rohstoff hergestellt und sind im Sinne der PAS 1075 für konventionelle Verlegeverfahren hervorragend geeignet. Die beim PKS®-Kanalrohr eingesetzte helle Rohrinnenfläche aus F100+ gehört ebenfalls zu der Gruppe der hoch spannungsrissbeständigen PE-100-RC-Werkstoffe (DIBt-Zulassung Z40.25-399). Die Vorteile dieses hochwertigen Werkstoffes als helle inspektionsfreundliche Innenschicht liegen auf der Hand, lange Lebensdauer, geringes Abriebverhalten und niedrige Rauigkeit K_b-Wert bringen für den Abwassertransport klare Vorzüge.

Gemäß der PAS 1075 ist eine chargenbezogene Prüfung des FNCT-Wertes eine Bedingung, dass der verarbeitete Rohstoff als PE 100-RC eingestuft werden darf. Dazu werden bei der Hessel Ingenieurtechnik GmbH beschleunigte Prüfungen bei erhöhten Temperaturen durchgeführt.

Ergebnis der externen Untersuchungen

Die bei unabhängigen Prüfinstituten durchgeführten Prüfungen (Kerbprüfungen, Zeitstand-Innendruckprüfungen, Punktlastversuche) belegen die herausragende Materialqualität der von FRANK eingesetzten Formmassen. Besonderen Stellenwert nimmt hier der Rohstoff PE 100-RC ein, der dem Sureline-Rohr erhebliche Vorteile in der Verlegung bringt, so dass das Sureline-Rohr im Sinne der PAS für alternative Verlegearten geeignet ist.

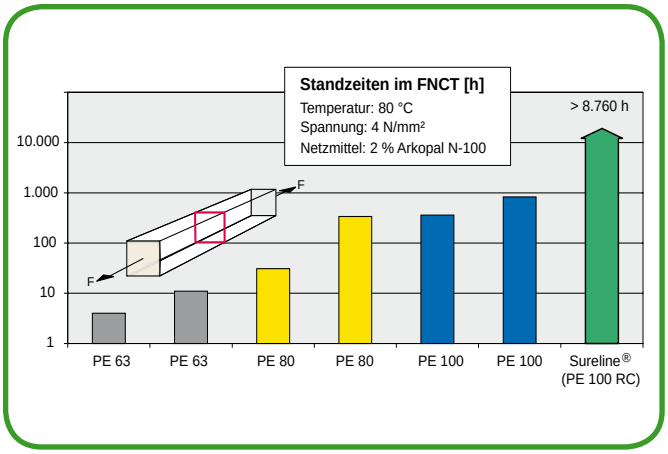


Abb. 44 - Standzeiten verschiedener Rohstoffe im FNCT

3. Qualitätssicherung

3.3 Externe Untersuchungen zur Ergänzung der Eigenüberwachung

Zugversuch der Schweißnaht

Um die Sicherheit der Heizwendelschweißung zu belegen, wurden durch ein unabhängiges Prüfinstitut Zeitstand-Zugversuche an Heizwendel-Schweißverbindungen senkrecht zur Fügeebene durchgeführt. Die Prüfungen erfolgten nach der DVS-Richtlinie 2203-4 Beiblatt 1 bei 80°C und einer Prüfspannung von 3,0 N/mm² (in der Richtlinie gefordert 2,0 N/mm²).

Die Prüfungen wurden für jede Rohrdimension durchgeführt, wobei der Bruch ausschließlich in der Heizwendelebene erfolgte. Hierbei wurden Standzeiten von über 500 Stunden bei PKS®-Rohren erreicht. Damit wurden die vorgeschriebenen Prüfparameter erfüllt und es ist sichergestellt, dass die Schweißverbindung auch langfristig den Anforderungen entspricht und dauerhaft dicht ist.

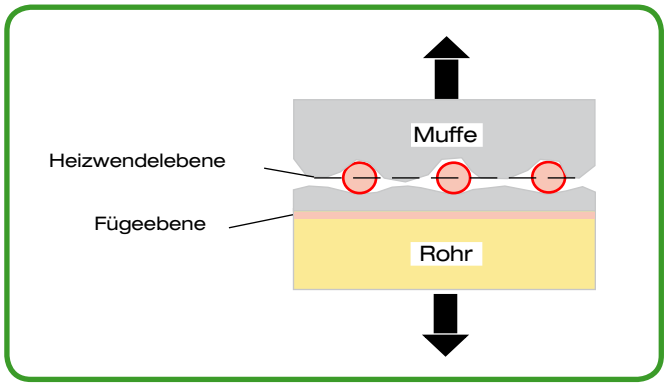


Abb. 45 - Darstellung Zugversuch in Heizwendelebene

Abb. 47 - Probe Bruchverlauf im Zugversuch

HESSEL
Ingenieurtechnik

Bericht Nr. R06 04 1107

Thema: Prüfungen an der Schweißverbindung eines PKS-Rohres mit gelber Innenschicht

Auftraggeber: Frank & Krah Wickelrohr GmbH
Dieselstraße 11
61200 Wölfersheim

Amtlich anerkannte Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungs-Stelle für Behälter, Rohre und Abdichtungsbahnen aus Thermoplasten (NRW 37).

HESSEL Ingenieurtechnik GmbH
Am Vennstein 1a
D-52159 Roetgen
Tel.: +49 2471/ 920 220
Fax: +49 2471/920 2219
E-Mail: info@hessel-ingtech.de
Net: www.hessel-ingtech.de

DAP-PL-3760.00
Nach DIN EN ISO/IEC 17025 durch die DAP Deutsches Akkreditierungssystem Prüfwesen GmbH akkreditiertes Prüflaboratorium.

Datum: 17.03.2006
Zeichnungsberechtigter: Dr.-Ing. Joachim Hessel

Die in diesem Bericht enthaltenen Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände.

Dieser Bericht darf ohne schriftliche Genehmigung der HESSEL Ingenieurtechnik nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Dok. Nr.: R06 04 1107 Seite 1 von 7

Abb. 46 - Hessel - Zeitstandprüfung Heizwendelschweißverbindung

Schlussfolgerungen

Der an allen Heizwendelmuffen-Schweißverbindungen aufgetretene Bruchverlauf in der Heizwendelebene lässt den Schluss zu, dass die Festigkeit in der Fügeebene größer ist als die Festigkeit in der Heizwendelebene.

Demnach wird die Standzeit dieser Verbindungen von den durch die Heizwendeldrähte erzeugten Lochkerben und der Kerbempfindlichkeit des Werkstoffs für die Muffe im Verarbeitungszustand bestimmt.

Im Vergleich zu Heizwendelschweißverbindungen von Gas- bzw. Wasserrohren aus bisher eingesetzten Polyethylen-Werkstoffen liegt die Standzeit der PKS®-Schweißung um ca. den Faktor 3 höher.

3. Qualitätssicherung

3.4 Fremdüberwachung

Die regelmäßige Fremdüberwachung der Produkte erfolgt durch staatlich geprüfte Prüfstellen auf Basis von Überwachungsverträgen gemäß den Normen und Prüfbescheiden für die jeweiligen Produktgruppen.

Derzeit sind mit der Fremdüberwachung für die Produktion von Druckrohren und PKS®-Rohren beauftragt:

- Staatliche Materialprüfungsanstalt, Darmstadt (MPA)
- Hessel Ingenieurtechnik GmbH, Rötgen

Der hohe Qualitätsstandard unserer Produkte ist durch eine Reihe von Zulassungen dokumentiert.

Grundsätzlich werden nur Formmassen verarbeitet, für die eine DIBt-Zulassung vorliegt. Dabei wird besonderer Wert auf eine hinreichende Oxidationsstabilität (OIT-Wert) und auf einen hohen Widerstand gegenüber langsamem Risswachstum gelegt.

Durch erhöhte Prüfanforderungen gegenüber den einschlägigen Normen sowie den zusätzlichen Prüfungen, die nicht in Richtlinien und Normen für Kanalrohre gefordert sind, gewährleisten wir eine hohe Systemsicherheit.

Die Programme aus den Werkstoffen PE und PP sind gemäß den Bau- und Prüfgrundsätzen des DIBt Berlin unter folgenden Registriernummern zugelassen:

Werkstoff/ Produkt	Rohrprogramm	Formteilprogramm
PE	Z-40.23-231	Z-40.23.232
PP	Z-40.23.233	Z-40.23.234
F100+	Z-40.25.399	
PE-Wickelrohr	Z-40.26.359	
PP-Wickelrohr	Z-40.26.343	

Tab. 3 - DIBt-Zulassungsnummern

HESSEL

Überwachungsvertrag

Zwischen

Frank & Kraft Wickelrohr GmbH
Dieselstraße 11
61200 Wölfersheim – Berstadt
Tel.: 06036 – 98 98 541
Fax: 06036 – 98 98 579

als Hersteller des in § 1 bezeichneten Bauprodukts - im folgenden Hersteller genannt - und der

HESSEL Ingenieurtechnik GmbH
Am Vennstein 1a
D-52159 Roetgen
Tel.: 02471 - 920 220
Fax: 02471 - 920 22 19
Kennziffer: NRW 37

als bauaufsichtlich anerkannte Überwachungsstelle für die Fremdüberwachung - im folgenden Überwachungsstelle genannt - wird folgender Überwachungsvertrag geschlossen:

§1

Gegenstand der Überwachung

Bauprodukt: - im Extrusionswickelverfahren hergestellte Rohre und Formstücke mit und ohne verfahrensspezifischen inneren und äußeren Hohlprofilen und glatten Innenwänden nach DIN 16961 Teil 1 und Teil 2 sowie

- im Extrusionswickelverfahren hergestellte Vollwandrohre und Formstücke,

beide aus PE-HD und PP-Formmassen, die für die Behälterherstellung beim Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) zugelassen sind.

Der Anwendungsbereich dieser Wickelrohre umfaßt Behälter und ähnliche Bau- und Anlagenteile mit Gütenachweisen.

Herstellwerk: Frank & Kraft Wickelrohr GmbH
Dieselstraße 11
61200 Wölfersheim – Berstadt
Tel.: 06036 – 98 98 541
Fax: 06036 – 98 98 579

Abb. 48 - Hessel - Überwachungsvertrag

DIBt

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

21.08.2013 II 22-1.40.26-78/12

Zulassungsnummer:
Z-40.26-359

Geltungsdauer
vom: 21. August 2013
bis: 21. August 2018

Antragsteller:
Frank & Kraft
Wickelrohr GmbH
Dieselstraße 11
61200 Wölfersheim

Zulassungsgegenstand:
Frank & Kraft Wickelrohre aus Polyethylen (PE 100) und
Frank & Kraft Wickelrohre aus Polyethylen (PE 100-RC)

Der oben genannte Zulassungsgegenstand wird hiermit allgemein bauaufsichtlich zugelassen.
Diese allgemeine bauaufsichtliche Zulassung umfasst sechs Seiten und drei Anlagen mit acht Seiten.
Der Gegenstand ist erstmals am 3. November 2004 allgemein bauaufsichtlich zugelassen worden.

DIBt

Abb. 49 - DIBt-Zulassung PKS®-Secutec und Wickelrohr aus PE 100

3. Qualitätssicherung

3.5 QM-System nach DIN EN ISO 9001

Schon seit Jahren sind alle relevanten Abläufe und Verfahren der FRANK GmbH in einem Qualitätsmanagementsystem gemäß DIN EN ISO 9001 beschrieben. Das QM-System unterliegt der ständigen Überwachung durch den TÜV Rheinland und ist konsequent darauf ausgelegt, die Kundenerwartungen schnell und umfassend zu erfüllen.

Dabei spielt nicht nur die Produktqualität und die Weiterentwicklung der Produktprogramme eine bedeutende Rolle, sondern auch die ständige Verbesserung unserer Serviceleistungen. Regelmäßige Schulungen unserer Mitarbeiter und eine Vielzahl von Verbesserungsprozessen sind darauf ausgerichtet, die Lieferbereitschaft und unsere Kompetenz in Sachen Kunststoffrohrsysteme weiter zu stärken.

Den hohen Qualitätsmaßstab, den wir an uns stellen, müssen auch unsere Lieferpartner erfüllen. Die Pflege eines Qualitätsmanagementsystems nach DIN EN ISO 9001 ist dabei nur ein Kriterium. Mit der sorgfältigen Auswahl der Zulieferer und einer fortlaufenden Lieferantenbewertung wird die Basis für eine langjährige, partnerschaftliche Zusammenarbeit geschaffen.

Eine wichtige Rolle spielen dabei unsere Produktionsstätten, in denen auf modernsten Fertigungsanlagen und in den Produktionsprozess integrierte Prüf- und Messeinrichtungen die hohe Produktqualität sichergestellt wird.

Das Kunststoff-Zentrum

SKZ

Zertifikat

Die SKZ-Cert GmbH Zertifizierungen bescheinigt dem Unternehmen

FRANK
Der Vorsprung.
Starkenburgstrasse 1
64546 Mörfelden-Walldorf

mit den Standorten:

AGRU-Frank GmbH
Dieselstraße 1 - 7
61200 Wölfersheim – Berstadt

XORELLA-FRANK AG
Hardstraße 41
CH-5436 Wettingen

FRANK & KRAH Wickelrohr GmbH
Dieselstraße 11
61200 Wölfersheim - Berstadt

die Einführung und Anwendung eines Qualitätsmanagementsystems gemäß
DIN EN ISO 9001:2008

Geltungsbereich: siehe Anlage 1

Der Nachweis wurde durch ein Qualitätsaudit erbracht.

Dieses Zertifikat ist gültig vom: **01.12.2011** bis: **30.11.2014**
Zertifikat Nr.: **1958/11.N**

Würzburg, 21.11.2011

Zertifizierungsstelle

IAF

QMS-TGA-ZM-06-93-D
UMS-TGA-ZM-06-93-D

Abb. 50 - Zertifikat nach DIN EN ISO 9001

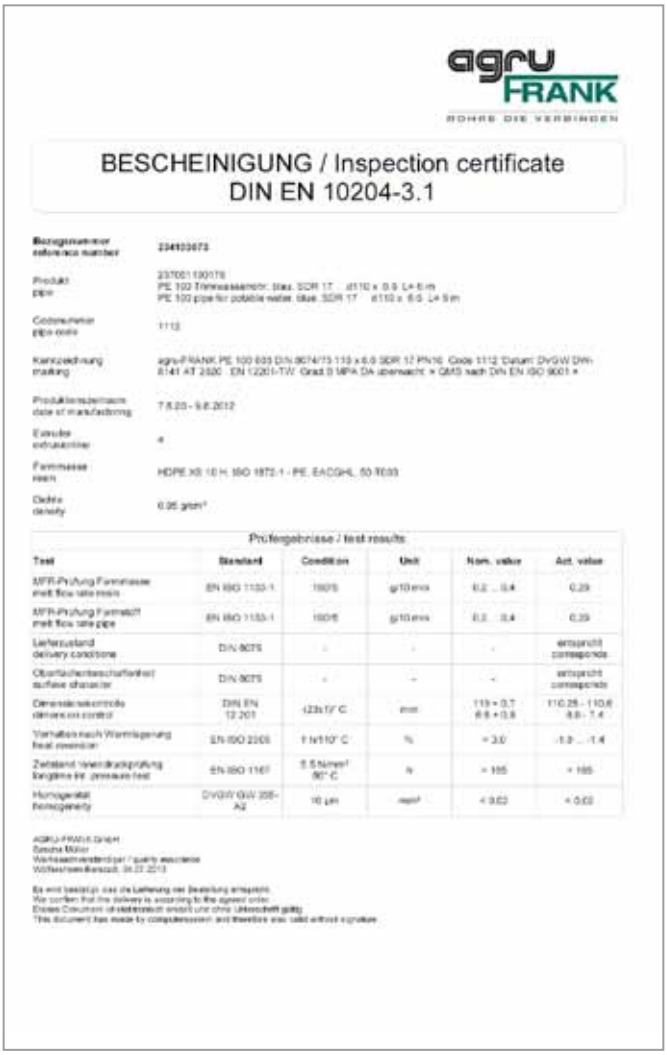
3. Qualitätssicherung

3.6 Werks-/Abnahmeprüfzeugnisse nach DIN EN 10204

Durch die Kennzeichnung der Rohre und Formteile mit einer Seriennummer ist es möglich, beginnend von der verwendeten Rohmaterialcharge bis zur Ausgangskontrolle des Fertigproduktes, sämtliche Prüfungen durch ein Werks- bzw. Abnahmeprüfungszeugnis gemäß DIN EN 10204 zu dokumentieren.

Diese Abnahmeprüfzeugnisse werden von unserer Qualitätssicherung auf Verlangen ausgestellt.

Aufgrund der über 40 jährigen Erfahrung in der Produktion von Halbzeugen aus Polyolefinen und einer sehr konsequenten Eigenüberwachung überschreitet die Qualität unserer Produkte die Mindestanforderungen der einschlägigen internationalen Normen erheblich.



BESCHEINIGUNG / Inspection certificate
DIN EN 10204-3.1

Prüfergebnisse / test results

Test	Standard	Condition	Unit	Nom. value	Act. value
MFR-Prüfung Fließmasse/ melt flow rate resin	EN ISO 1133-1	190/5	g/10 min	0,2 ... 0,4	0,29
MFR-Prüfung Formteil/ melt flow rate pipe	EN ISO 1133-1	190/5	g/10 min	0,2 ... 0,4	0,29
Lieferzustand/ delivery condition	DIN 8075	-	-	-	entspricht/ corresponds
Oberflächenbeschaffenheit/ surface character	DIN 8075	-	-	-	entspricht/ corresponds
Dimensionskontrolle/ dimension control	DIN EN 12 201	-(23±1)° C	mm	119 + 0,7 6,6 + 0,6	110,26 - 110,6 6,6 - 7,4
Verhalten nach Wärmelagerung/ heat resistance	EN ISO 2505	1 h/110° C	%	< 3,0	-1,0 ... -1,4
Zeitstand-Verzweigungsprüfung/ long time int. pressure test	EN ISO 1167	5,5 N/mm² 80° C	h	> 165	> 165
Homogenität/ homogeneity	DVGW GW 355-A2	10 µm	mm²	< 9,0	< 9,0

AGRU-FRANK GmbH
Sascha Müller
Werkszeugverantwortlicher / quality assurance
Wolfertschwenden, 04.07.2013

Es wird bestätigt, dass die Lieferung den Vereinbarungen der Bestellung entspricht.
We confirm that this delivery is according to the agreed order.
Dieses Dokument ist elektronisch erstellt und ohne Unterschrift gültig.
This document has been made by computer/word and therefore also valid without signature.

Abb. 51 - Werkszeugnis AGRU-FRANK GmbH

FRANK&KRAH

Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach DIN EN 10204
Inspection Certificate 3.1 according to DIN EN 10204

Bestellerl customer: Frank GmbH, Starkenburgstraße 1, D 64546 Mörfelden, Marco Seitz

Ihre Bestellnummer/ your order number: 13303 Stuttgart 21 vom 20.08.13
Unsere Auftrags-Nr./ our order number: 63210 964 1
Anzahl/ quantity: 1 stk./ pcs
Produkt/ product: PE 100 Wickelrohr/ PE 100 spiral pipe PR 54.4 S
Maße/ dimensions: DN 1000 x 6030 mm
Rohrenden/ pipe ends: E-Muffe/ el. furior socket / Spitzende/ spigot end

Farbe/ colour (außen/ outer*) / (innen/ inner) Syrax: schwarz/ black / gelb/ yellow
ähnlich RAL/ similar to RAL: 9004 / 1034
Werkstoffe/ materials: Rtitex 1UR121N0303 / FRANK 100 plus / ---

Prüfergebnisse/ test results

Art der Prüfung/ test method	Norm/ test standard	Bedingungen/ conditions	Einheit/ unit	Istwert/ result
MFR-Prüfung Fließmasse/ melt flow rate resin	ISO 1133	190 °C/5 kg	g/10min	< 0,2 ... 0,4
Dichte Fließmasse/ density resin	ISO 1183	(23 ± 2) °C	g/cm³	> 0,950
MFR-Prüfung Formteil/ melt flow rate pipe	ISO 1133	190 °C/5 kg	g/10min	< 0,2 ... 0,4
Dichte Formteil/ density pipe	ISO 1183	(23 ± 2) °C	g/cm³	> 0,960
Oberflächenbeschaffenheit/ surface character	DIN 10901	-	-	entspricht/ corresponds
Maße/ dimensions	DIN 10961	(23 ± 2) °C	-	entspricht/ corresponds
Schweißbarkeit/ weldability	DVS 2201	nach DVS 2207/ acc. to DVS 2207	-	gegeben/ given
theoretische Ringsteifigkeit/ theoretical ring stiffness	DIN 10931	18	kN/m²	≥ 16

Frank & Krah Wickelrohr GmbH
i. A. Walter Eck
Abnahmebeauftragter/ authorized inspector
Wolfersheim-Berstadt, 27.08.2013

*) Prüfergebnisse wurden an vergleichbaren Rahmen aus dem o. g. Werkstoff ermittelt.
*) Test results have been determined at similar pipes made of the a. m. material.

Es wird bestätigt, dass die Lieferung den Vereinbarungen der Bestellung entspricht.
We herby confirm that the delivered pipes comply with the agreement of the order.

Dieses Dokument ist elektronisch erstellt und ohne Unterschrift gültig.
This document has been made by EDP and is valid without signature.

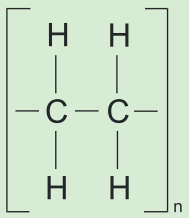
Abb. 52 - Werkszeugnis FRANK & KRAH Wickelrohr GmbH

4. Formmassen

4.1 Polyethylen

Allgemeine Eigenschaften von Polyethylen

Strukturformel von PE



Durch die permanente Weiterentwicklung der PE-Formmassen in den letzten Jahren wurde die Leistungsfähigkeit von PE-Rohren und -Formteilen erheblich verbessert.

Polyethylen (PE) wird seit einigen Jahren nicht mehr nach der Dichte eingeteilt (PELD, PEMD, PEHD), sondern nach Festigkeitsklassen gemäß ISO 9080 eingestuft (PE 63, PE 80, PE 100).

Die bisher als PEHD bezeichneten Formmassen sind heute bis auf wenige Ausnahmen, die technisch keine Bedeutung mehr besitzen, als PE 80 eingestuft.

Im Vergleich zu anderen Thermoplasten weist PE eine ausgezeichnete chemische Beständigkeit auf und wird daher seit vielen Jahren für den sicheren Transport von Abwässern verwendet.

Weitere wesentliche Vorteile dieses schwarz eingefärbten Materiales sind die UV-Stabilität und die Flexibilität des Werkstoffes.

PE 100

Diese Materialien werden auch als Polyethylentypen der dritten Generation bzw. auch als MRS-10-Materialien bezeichnet. Es handelt sich hierbei um eine Weiterentwicklung der PE-Materialien, die durch ein modifiziertes Polymerisationsverfahren eine geänderte Molmassenverteilung aufweisen. Dadurch haben PE-100-Typen eine höhere Dichte und auch verbesserte mechanische Eigenschaften, wie eine erhöhte Steifigkeit und Härte. Die Zeitstandfestigkeit sowie der Widerstand gegen langsame und schnelle Rissfortpflanzung konnten deutlich verbessert werden.

Somit eignet sich dieses Material hervorragend für die Herstellung von Abwasserrohren größerer Dimensionen.

Wir als FRANK GmbH stehen stets für beste Qualität und Verarbeitung. Daher haben wir die Produktion der Abwasserdruck- und PKS®- Rohre sowie sämtliche Bauteile schon seit einigen Jahren generell auf den Werkstoff PE 100 umgestellt.

Physiologische Unbedenklichkeit

Polyethylen (sowie auch Polypropylen) entspricht in seiner Zusammensetzung den einschlägigen lebensmittelrechtlichen Bestimmungen (nach BGA und KTW-Richtlinien). Weiterhin sind die PE-Rohre und Formteile auf Trinkwassertauglichkeit überprüft und zugelassen.

Vorteile von PE

- Niedriges spezifisches Gewicht von 0,95 g/cm³ (dadurch geringes Rohr-Bauteilgewicht)
- Günstige Transportmöglichkeiten (z. B. Ringbunde)
- Sehr gute chemische Beständigkeit
- Witterungsbeständigkeit
- Strahlenbeständigkeit
- Sehr gute Schweißbarkeit
- Sehr gute Abrasionsbeständigkeit
- Keine Ablagerungen und kein Zuwachsen möglich
- Durch geringen Reibungswiderstand geringere Druckverluste als z. B. bei Metallen
- Unempfindlichkeit gegen Frost
- Sehr gut thermoplastisch verformbar (z. B. durch Tiefziehen)
- Nagetierbeständig
- Beständig gegen jegliche mikrobielle Korrosion
- Einsetzbar bis 60°C

UV-Beständigkeit

Rohre aus PE besitzen eine dauerhafte Witterungsbeständigkeit und sind gegen UV-Strahlung beständig (schwarze PE-Rohre). Schwarze PE-Rohre können somit im Freien eingesetzt und gelagert werden, ohne dass eine Schädigung des Rohrmaterials eintritt.

Verhalten bei Strahlenbelastung

Rohre aus Polyethylen können grundsätzlich im Bereich energiereicher Strahlung eingesetzt werden. So haben sich Rohre aus PE seit vielen Jahren zur Ableitung radioaktiver Abwässer aus heißen Laboratorien und als Kühlwasserleitungen in der Kernenergietechnik bewährt.

Die üblichen radioaktiven Abwässer enthalten Beta- und Gammastrahlen. PE-Rohrleitungen werden selbst nach jahrelangem Einsatz nicht radioaktiv. Auch in Umgebung höherer Aktivitäten werden Rohre aus PE nicht geschädigt, wenn sie während ihrer gesamten Betriebszeit keine größere, gleichmäßig verteilte Strahlendosis als 10^4 Gray erhalten.

4. Formmassen

4.1 Polyethylen

Hydraulische Eigenschaften

Die hydraulischen Eigenschaften der PE-Rohre zeichnen sich durch die glatte, antiadhäsive Rohrinnenoberfläche aus, wobei als Bemessungsgrundlage zur Festlegung des Rohrquerschnittes die Wandrauhigkeit mit k < 0,01 mm angesetzt werden kann.

Abriebverhalten

In den heutigen Abwässern sind zum Teil abrasive Durchflussstoffe wie Sand oder Splitt enthalten. PE 100 (sowie auch PP) besitzt einen hervorragenden Abrasionswiderstand. Dies ist unter anderem durch Abrasionsversuche nach dem Darmstädter Verfahren nachgewiesen (siehe Kapitel 5.3 Abriebverhalten S. 35).

Chemische Beständigkeit

Infolge seiner unpolaren Struktur weist PE eine sehr hohe Beständigkeit gegen Chemikalien und andere Medien auf. Es ist widerstandsfähig gegenüber wässrigen Lösungen von Salzen und nicht oxidierenden Säuren und Alkalien.

Bis 60° C ist PE gegen viele Lösungsmittel beständig. Detaillierte Angaben sind unserem Katalog Kunststoff-Rohrsysteme zu entnehmen oder im Bedarfsfall bei unserer anwendungstechnischen Abteilung anzufragen.

Abb. 53 - SURE INSPECT RC - Kanalrohr aus PE 100-RC mit gelber inspektionsfreundlicher Innenschicht

Modifiziertes Polyethylen PE-el

(Polyethylen, elektrisch leitfähig)

Für die Förderung von Stäuben oder leichtentzündbaren Medien ist es erforderlich, die Rohrleitung elektrostatisch zu erden. Durch das Herstellen der Innenschicht im Coextrusionsverfahren ist es möglich, die PKS®-Kanalrohre (PE 100) mit einer elektrischen leitfähigen Innenschicht zu versehen. Der Oberflächenwiderstand sowie der Durchgangswiderstand entsprechen den in den allgemeinen Richtlinien geforderten Werten für elektrisch nicht aufladbare Flächen.

Die Ausführung der Erdung an PKS®-el-Rohren ist mit unserer anwendungstechnischen Abteilung abzustimmen.

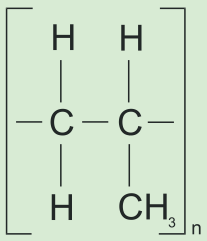
Abb. 54 - PKS®-Rohr mit elektrisch leitfähiger Innenschicht

4. Formmassen

4.2 Polypropylen

Allgemeine Eigenschaften von Polypropylen

Strukturformel von PP



Beim Transport von Medien mit erhöhten Temperaturen kann statt Polyethylen auch der Werkstoff Polypropylen zum Einsatz kommen.

Rohre aus Polypropylen (PP) sind hochwärmestabilisiert und bestens geeignet für den Einsatz bei Kanalrohren, die mit höheren Temperaturen bis zu 95°C beaufschlagt werden können.

Verhalten bei Strahlenbelastung

Gegenüber energiereicher Strahlung ist Polypropylen im Allgemeinen nicht dauerhaft beständig.

Bei Einwirkung energiereicher Strahlen auf Polypropylen kann es zu einer vorübergehenden Festigkeitserhöhung durch Vernetzung der Molekularstruktur kommen. Bei dauerhafter Strahlenbelastung kommt es aber zu einem Bruch der Molekülketten und damit durch die Schädigung des Werkstoffes zu einer erheblichen Festigkeitsminderung. Diesem Verhalten ist durch einen Abminderungsfaktor Rechnung zu tragen, der experimentell ermittelt werden muss.

Bei einer absorbierten Energiedosis von weniger als 10^4 Gray sind Polypropylenrohrleitungen ohne wesentliche Festigkeitsminderung einsetzbar.

Chemische Beständigkeit

Grundsätzlich gilt PP als beständig gegenüber einer Vielzahl von Säuren und Laugen. Alkalilaugen, Phosphorsäure, Salzsäure sind nur ein Auszug dessen, wogegen PP resistent ist. Gegenüber Kohlenwasserstoffen ist PP hingegen nur bedingt beständig, da es zu einer Quellung > 3 % führen kann. Als Folge dessen ist PP gegen Benzin weniger geeignet. Gleiches gilt auch gegenüber freiem Chlor und Ozon.

Durch seine hohe Temperaturbeständigkeit gilt PP als ideal für den Einsatz in Beizanlagen, in der chemischen Industrie wie auch bei hoch aggressiven Abwässern.

Die chemische Beständigkeit ist jedoch immer im Zusammenspiel mit der Betriebstemperatur, dem Betriebsdruck und den eventuell von außen wirkenden Beanspruchungen zu betrachten, da sich dadurch Einschränkungen ergeben können.

Konkrete Anwendungsfälle können mit unserer technischen Abteilung geklärt werden.

Vorteile von Polypropylen

- Niedrige Dichte von 0,91 g/cm³ (PVC: 1,40 g/cm³) (dadurch geringes Rohr-Bauteilgewicht)
- Hohe Zeitstandfestigkeit
- Sehr gute chemische Beständigkeit
- TiO_2-Pigmentierung
- Hohe Alterungsbeständigkeit
- Gute Schweißbarkeit
- Sehr gute Abrasionsbeständigkeit
- Glatte Rohrinnenoberfläche, daher keine Ablagerungen möglich
- Durch geringen Reibungswiderstand geringere Druckverluste als z. B. bei Metallen
- Nicht leitend, daher keine Beeinträchtigung der Struktur durch Kriechströme
- Sehr gut thermoplastisch verformbar (z. B. durch Tiefziehen)
- PP ist ein schlechter Wärmeleiter - daher ist in vielen Fällen keine Wärmeisolation bei Heißwasserleitungen notwendig
- Einsetzbar bis 95°C
- Nagetierbeständig
- Beständig gegen jegliche mikrobielle Korrosion

Verhalten von PP bei UV-Strahlung

Rohrleitungen aus grauem Polypropylen sind nicht UV-stabilisiert und müssen daher vor intensiver Sonneneinstrahlung geschützt werden. Bei erdverlegten Kanalrohren wird kein zusätzlicher UV-Schutz der PP-Rohre benötigt. Werden diese Rohre im Freien verlegt, so sind Schutzmaßnahmen erforderlich. Bei der Lagerung der PP-Rohre über einen längeren Zeitraum im Freien sind die Rohre mit lichtundurchlässiger Folie abzudecken.

Rohre der TSC Reihe haben eine schwarze Rohraußenseite, damit wird eine dauerhafte UV-Beständigkeit gewährleistet.

4. Formmassen

4.3 Werkstoffeigenschaften

Die für das Abwassersystem eingesetzten Werkstoffe zeichnen sich durch die folgenden Eigenschaften aus (Richtwerte):

	Eigenschaft	Norm	Einheit	PE 100	PE 100-RC	PE-el	PP-R	PP-B
Mechanische Eigenschaften	Dichte bei 23°C	DIN EN ISO 1183	g/cm³	0,96	0,96	0,99	0,91	0,91
	E-Modul (Zugversuch) Kurzzeit Langzeit (50 Jahre)	DIN EN ISO 178	N/mm²	 1100 200	 1100 200	 1400 -	 900 287	 1850 290
	Streckspannung	DIN EN ISO 62:2008-05	N/mm²	23	23	26	25	33
	Reißfestigkeit	DIN EN ISO 62:2008-05	N/mm²	38	-	30	-	-
	Reißdehnung	DIN EN ISO 62:2008-05	%	> 600	-	-	-	-
	Kugeldruckhärte	DIN EN ISO 2039	N/mm²	46	-	40	-	-
	Kerbschlagzähigkeit bei 23°C (nach Charpy)	DIN EN ISO 179/ DIN EN ISO 180	kJ/m²	-	22	5	20	50
	Spannungsriss-beständigkeit (FNCT)	DIN EN 12814-3	h	> 300	> 8760	-	-	-
Thermische Eigenschaften	Schmelzindex MFR 190/5 (°C/kg) MFR 190/21,6 (°C/kg) MFR 230/2,16 (°C/kg) MFI-Gruppe	DIN EN ISO 1133 Code T Code G Code M	g/10 min	 0,3 - - T005	 0,25 - -	 - 4,5 - M003	 - - 0,25	 - - 0,30
	Längenausdehnungs-koeffizient	DIN 53752	k-1 x 10-4	1,8	1,8	-	-	-
	Brandklasse	UL94 DIN 4102	-	94-HB B2	94-HB B2	94-HB B2	94-HB B2	94-HB B2
	Wärmeleitfähigkeit (bei 20 °C)	DIN 52612	W/mK	0,38	0,38	0,43	0,24	-
Elektrische Eigenschaften	spezifischer Durchgangswiderstand	DIN IEC 60093 DIN IEC 60167	Ohm cm	$> 10^{15}$	$> 10^{15}$	$> 10^{5}$	-	-
	Oberflächenwiderstand	DIN IEC 60093 DIN IEC 60167	Ohm	$> 10^{13}$	$> 10^{13}$	$> 10^{4}$	-	-
	Farbe	-	-	Schwarz/ Gelb	Schwarz	Schwarz	Grau (RAL 7032)	Schwarz/ Grau
	MRS-Klassifizierung	DIN EN ISO 9080	N/mm²	10	10	-	-	-
	Durchschlagfestigkeit	DIN EN VDE 0303	kV/mm	70	70	-	-	-

Tab. 4 - Werkstoffeigenschaften von Kunststoffen (Richtwerte)

5. Druckbelastbarkeit und Verschleißverhalten

5.1 Zeitstandkurven für Rohre aus PE 100 nach DIN 8075

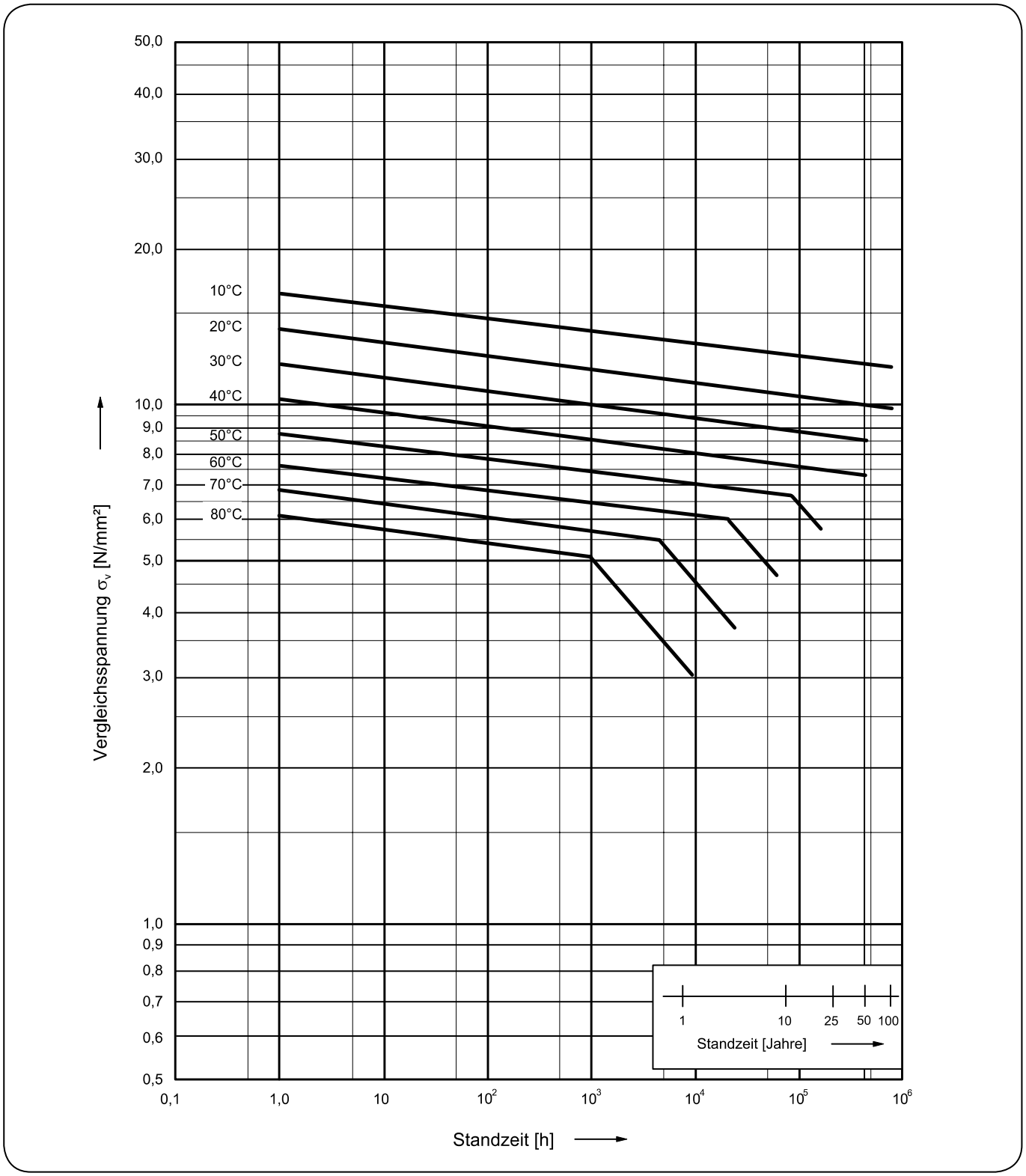


Abb. 55 - Zeitstandkurve PE 100

5. Druckbelastbarkeit und Verschleißverhalten

5.2 Zeitstandkurven für Rohre aus PP-R nach DIN 8078

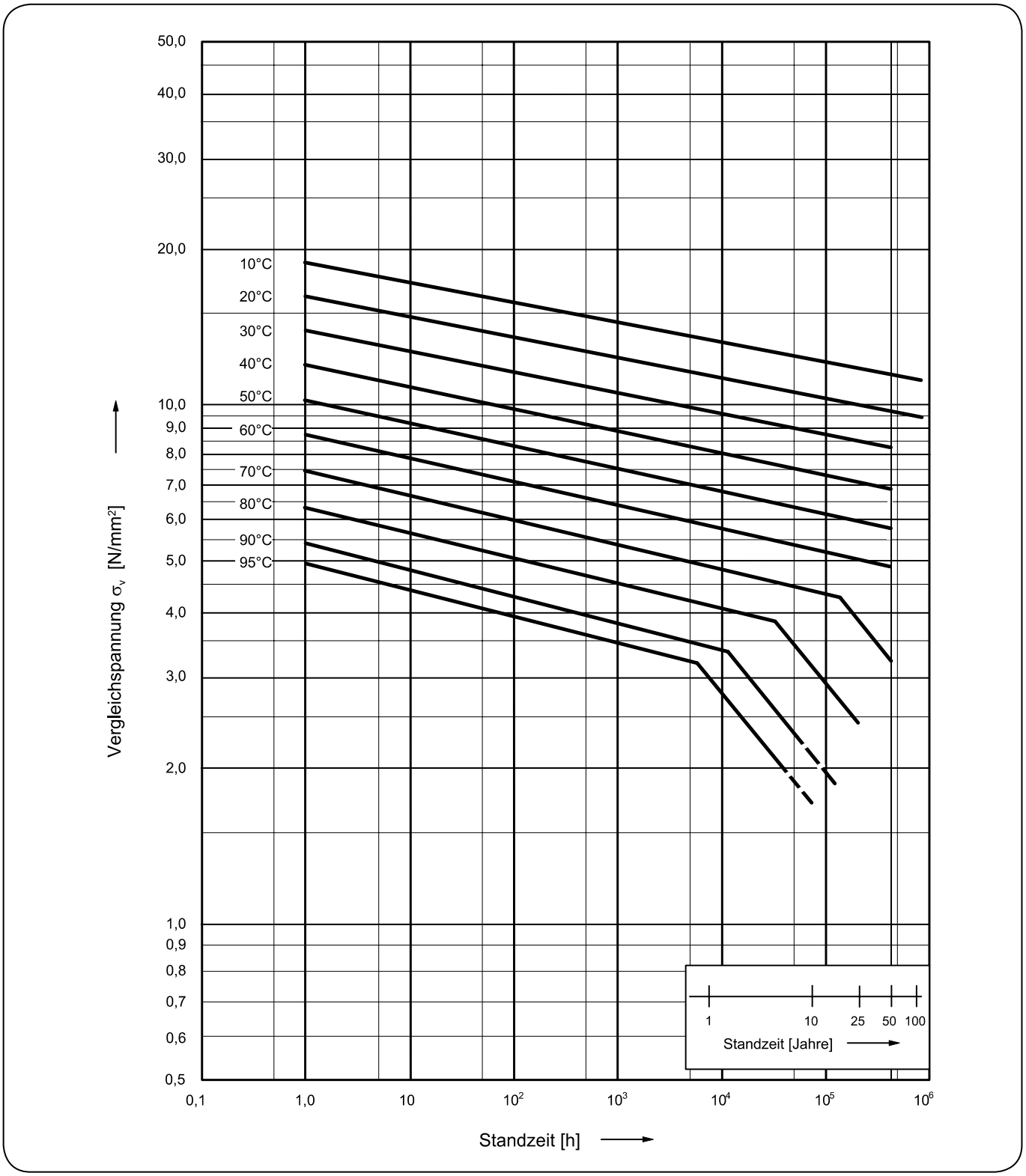


Abb. 56 - Zeitstandkurve PP-R

5. Druckbelastbarkeit und Verschleißverhalten

5.3 Abriebverhalten

Allgemeine Angaben

Abwasserkanäle dienen zur Ableitung von Schmutz- und Regenwasser. Dabei werden abrasive Durchflussstoffe wie Sand oder Splitt transportiert. Da Abwasserkanäle eine wichtige Aufgabe im Umweltschutz erfüllen und ihre Erstellung außerdem hohe Investitionen erfordert, muss ihre einwandfreie Funktion stets gewährleistet sein. Dies wird durch dauerhaft dichte Rohrsysteme, den Einsatz qualitativ hochwertiger Rohrwerkstoffe und die Instandhaltung durch Kanalreinigungen erfüllt.

Aufgrund der im Abwasser enthaltenen Feststoffe muss ein Rohrwerkstoff mit hervorragendem Abrasionswiderstand eingesetzt werden, um ein frühzeitiges Verschleißverhalten der Rohrleitung zu vermeiden. Die von der FRANK GmbH eingesetzten Rohstoffe PE 100 und PP besitzen einen hohen Abrasionswiderstand, der unter anderem durch Abrasionsversuche nach dem Darmstädter Verfahren nachgewiesen ist.

Prüfung nach dem Darmstädter Verfahren

Als Prüfmethode der Abriebfestigkeit wird für das Widerstandsverhalten von Rohren gegen mechanischen Verschleiß, nach der geltenden Norm, das sogenannte Darmstädter Verfahren angewandt.

Versuchsaufbau:

Bei diesem Prüfverfahren wird eine Rohrhalbschale von 1000 mm Länge in die Versuchseinrichtung eingebaut. Die Rohrhalbschale wird mit Stirnplatten seitlich geschlossen und mit einem Sand-Kies-Gemisch gefüllt. Als Prüfmittel wird natürlicher, ungebrochener, rundkörniger Quarzkies vorgeschrieben. Die Halbschale wird nun mit einem Deckel verschlossen und im Anschluss wechselweise um 22,5° in Längsrichtung gekippt, so dass durch die Bewegung des Prüfmaterials die zu prüfende Abriebwirkung erzeugt wird.

Der Prüfvorgang erfordert eine Anzahl von durchschnittlich 400 000 Lastspielen, d. h., das Prüfmittel muss sich in 400 000 Rutschvorgängen in der Rohrhalbschale bewegen.

Auswertung:

Die Messung des Abriebes erfolgt mit einer Messuhr (Skaleneinteilung 0,01 mm) entlang der Sohllinie. Die Abriebtiefe wird dabei auf der Sohllinie über eine Prüflänge von 700 mm gemessen, wobei an beiden Enden der Halbschale 150 mm unberücksichtigt bleiben. Die Messungen werden in Abständen von höchstens 10 mm vorgenommen und anschließend wird die mittlere Tiefe berechnet. Dieser Wert ist der mittlere Abrieb und bedeutet die Wanddickendifferenz des Ursprungszustands zum Endstand der Messung. Die gegenüber anderen Werkstoffen deutlich besseren Ergebnisse können nachfolgender Abbildung entnommen werden:

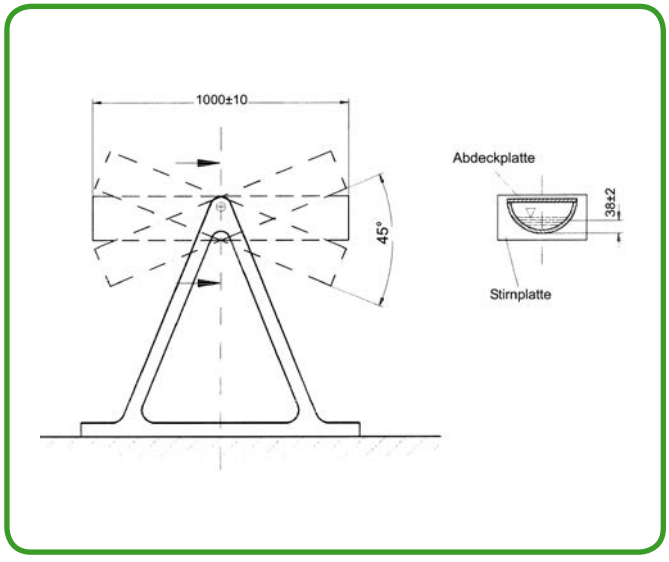


Abb. 57 - Versuchsanordnung für die Abriebprüfung

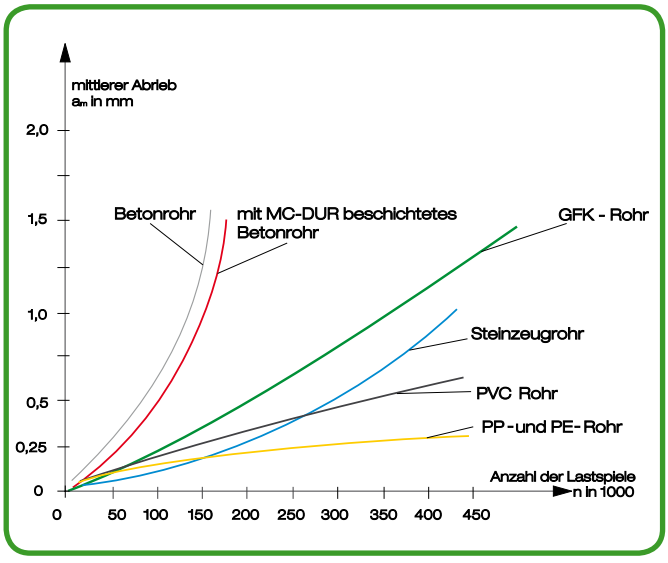


Abb. 58 - Diagramm mittlerer Abrieb

5. Druckbelastbarkeit und Verschleißverhalten

5.3 Abriebverhalten

Im Rahmen unserer Eigen- und Fremdüberwachung lassen wir von unabhängigen Prüfinstituten unter anderem auch die Abriebfestigkeit der von uns eingesetzten Rohstoffe/Formmassen prüfen. Die Prüfkörper werden in der Regel in DN 300 aus der laufenden Produktion unserer Produktionsstätten entnommen.

Für die Auswertung der Messergebnisse werden die Werte bei 100 000 Lastspielen aufgezeigt. Dabei zeigt ein Abrieb bei 100 000 Lastspielen ein Abriebverhalten bei einer Rohrnutzungsdauer von 25 Jahren.

Ergebnisse

PKS®-Kanalrohre nach DIN 16961, FRANK & KRAH

Für diesen Abriebversuch wurde ein Profilkanalrohr (PE 100) der Dimension DN 300 verwendet. Der minimale Materialabtrag kann durch eine leichte farbliche Veränderung am Rohr festgestellt werden.

PP-Rohr nach DIN 16961, FRANK & KRAH

Weitere Versuche wurden an einem Rohr aus PP-Material der Dimension DN 300 durchgeführt. Die Ergebnisse des Abriebverhaltens werden durch Bild 2 verdeutlicht.

Abb. 59 - PKS®-Rohr (PE 100), DN 300 im Abriebversuch, FRANK & KRAH Wickelrohr GmbH,

Abb. 60 - PP-Rohr , DN 300 im Abriebversuch, FRANK & KRAH Wickelrohr GmbH,

Spuren des durch die Versuchsdurchführung erzeugten Abriebs sind auf der Abbildung durch den helleren Innenbereich der Rohrhalbschalen zu erkennen.

Aus den Ergebnissen der beiden Untersuchung geht hervor, dass der Abrieb nahezu linear mit der Lastspielzahl zunimmt. Die Messwerte ergeben bei beiden geprüften Rohren einen mittleren Abriebwert von 0,09 mm bei 100 000 Lastspielen. Dieser Wert liegt deutlich unter dem anderer Materialien.

5. Druckbelastbarkeit und Verschleißverhalten

5.4 Verhalten beim Hochdruckspülen

Vorbemerkungen

Da Abwasser keine homogene Flüssigkeit ist und in den meisten Kanälen instationäre Abflusszustände herrschen, ist davon auszugehen, dass Ablagerungen in unterschiedlicher Struktur vorliegen. In der Mehrheit setzen sich Ablagerungen aus Gemischen von mineralischen und organischen Bestandteilen und kleineren Steinen zusammen. Deshalb führt der Kanalnetzbetreiber regelmäßig Kanalreinigungen durch. Dazu wurden in der Vergangenheit eine Vielzahl unterschiedlicher Verfahren entwickelt. Das zur Zeit wirtschaftlichste und gebräuchlichste Verfahren ist die Hochdruckspülung. Die Hochdruckspülung übt dabei hohe Belastungen auf ein Kanalsystem aus. Um ein einwandfreies Rohrsystem nachweisen zu können, werden Versuche nach dem Hamburger Hochdruckspülverfahren nachgestellt.

Bei der Reinigung von Abwasserkanälen erfolgt eine Beanspruchung des Rohrmaterials auf unterschiedliche Art. Eine Art des Verschleißes kann dadurch entstehen, dass die Düse und der Hochdruckschlauch während des Reinigungsvorganges auf der Kanalsohle entlang gleiten. Dabei wird die Rohrsohle durch die Reibungskraft der bewegenden Düse und des Schlauches beansprucht. Da sich auf der Kanalsohle von Abwasserleitungen in der Regel immer Feststoffe befinden oder fortbewegen, muss bei einer Kanalreinigung mit einem erhöhten Verschleiß in Form von Materialabtrag gerechnet werden.

Aus den genannten Gründen werden Versuche durchgeführt, um die Auswirkungen der Betriebsparameter des Hochdruckspülvorganges auf das Rohrmaterial festzustellen. Um einen realistischen Vergleich zu bekommen, werden im Labor praxisnahe Untersuchungen in Anlehnung an das Hamburger Verfahren nachgestellt. Das Institut für unterirdische Infrastruktur - IKT Gelsenkirchen veröffentlichte 2004 zu diesem Thema einen Forschungsbericht, in dem verschiedene Rohrmaterialien dem HD- Systemversuch unterzogen wurden. Der komplette Bericht kann beim IKT Gelsenkirchen nachgelesen werden.

HD-Systemversuch - Aufbau

Für die Versuchsdurchführung werden Reinigungsfahrzeuge, Spülschläuche und Spüldüsen eingesetzt. Die Versuche sind charakterisiert durch einen Druck von 120 bar an der Düse und einen Durchfluss von 320 l/min. Das Rohrsystem wird mit 1 m/s Einlass- und 0,1 m/s Rückzugsgeschwindigkeit belastet. Dies sind Betriebsbedingungen, die bei üblichen Kanalreinigungssystemen im oberen Leistungsbereich auftreten können. Darüber hinaus kann z. B. Prüfgeschiebe zugegeben werden, das durch die Hochdruckwasserstrahlen und die mitgerissene Luft beschleunigt wird, auf die Rohrwandung schlägt und schließlich aus den Prüfrohren geschleudert wird. Dadurch sollen mit der Praxis vergleichbare Geschiebewirkungen an den Rohrwandungen, den Rohrverbindungen und an den Zuläufen simuliert werden.

Alle Rohrstränge werden auch einer punktuellen Dauerbelastung (stationary test) ausgesetzt. Dabei wird für jeden zu prüfenden Rohrstrang die arbeitende Düse an drei Stellen angehalten und die Rohrleitung jeweils über drei Minuten stationär belastet.

Die Düsen-Strahlversuche unterliegen hinsichtlich Düsentyp und Reinigungsanzahl identischen Versuchsrandbedingungen. Es wird eine rundumstrahlende, achtstrahlige Düse mit einem Abstrahlwinkel von 30° (Prüfdüse D1 8 x 30°) eingesetzt. Die Versuchsdurchführung wird in 50 Reinigungszyklen (Vor- und Rückzugsbewegung der Düse) durchgeführt. Dies entspricht der Häufigkeit an Spüldurchgängen, die eine Abwasserleitung während einer Lebensdauer von 100 Jahren bei einer zweijährlich durchgeführten Reinigung erfährt.

Ergebnis der Untersuchungen

Das IKT Gelsenkirchen verwendete Im Bereich der Hochdruckspülversuche als Prüfrohr PKS®-Kanalrohre und glatt extrudierte Vollwandrohre aus PE 80 mit inspektionsfreundlicher Innenoberfläche der Nennweite DN 300 bzw. da 355 ein.

Bei den vergleichenden HD-Systemversuchen ohne Splitt waren nach der Belastung mit dem beweglichem Düsenstrahl an den PE-Rohren lediglich leichte Schleifspuren in der Rohrsohle der Verbindungsbereiche feststellbar. Erst nach Zugabe von 5 Liter Splitt je Reinigungszyklus war im Sohlbereich der Rohre und an den Rohrverbindungen der Abrieb etwas ausgeprägter bzw. aufgerauter. Der Materialabtrag lag dabei unterhalb von 1 mm.

Die Rohrstränge wurden im Rahmen der HD-Systemversuche auch einer stationären Belastung, d. h. einer punktuellen Dauerbelastung durch eine über drei Minuten ortsfest gehaltene Düse ausgesetzt. Infolge dieser Belastung waren keine Materialveränderungen feststellbar.

Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass die nachgestellte Lebensdauer von 100 Jahren ohne größere Beschädigungen am PE-Rohr abgeschlossen werden konnte. Somit ist das Verschleißverhalten der PE-Rohre weit besser als bei konventionellen Werkstoffen, die teilweise massiven Abrieb zeigen.

6. Berechnungsgrundlagen

6.1 Festlegung des Rohrquerschnittes für Freispiegelleitungen

Die guten hydraulischen Eigenschaften von Kunststoffrohren erlauben es, Abwasserleitungen auch mit geringem Gefälle herzustellen. Die hydraulische Bemessung von PE-Rohren geschieht nach den Richtlinien der DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall). Durch die glatte wachsartige Oberfläche an der Innenwand der PE-Rohre werden Inkrustationen verhindert.

Es werden teilgefüllte und vollgefüllte Leitungen unterschieden. Üblicherweise betrachtet man die maximal mögliche Durchflussmenge, also die Vollfüllung.

Betriebliche Rauigkeit k_b

Für Abwasserleitungen wird entsprechend den Richtlinien der DWA die "betriebliche Rauigkeit k_b" angesetzt, die den Verlust durch Schächte und Formteile berücksichtigt. Für Rohre aus PE wird mit dem empfohlenen Wert k_b = 0,1 mm eine hohe Sicherheit erreicht.

Die maximale Abwasserfließgeschwindigkeit **v** ergibt sich nach **PRANDTL** und **COLEBROOK:**

$$v = \left(-2 \cdot \lg \left[\frac{2{,}51 \cdot \nu}{d \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot J_E \cdot DN}} + \frac{k_b}{3{,}71 \cdot DN} \right] \right) \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot J_E}$$

v	...	Fließgeschwindigkeit	[m/s]
J_E	...	Energieliniengefälle	
k_b	...	betriebliche Rauigkeit	[mm]
g	...	Erdbeschleunigung	[Nm/s²]
n	...	kinematische Zähigkeit	[m²/s]
		(1,31 x 10^{-6}, für Abwasser bei 12°C)	
DN	...	Innendurchmesser	[mm]

Der maximale **Durchfluss Q** einer vollgefüllten Rohrleitung beträgt:

$$Q = v \cdot A$$

Q	...	Durchfluss	[l/s]
A	...	Fließquerschnitt	[mm²]
v	...	Fließgeschwindigkeit	[m/s]

Pauschale mittlere Rauigkeit k_b für verschiedene Betriebszustände

Die k_b-Werte beinhalten Einflüsse von Rohrstößen, Lageungenauigkeiten und -änderungen, Wandrauigkeit, Zulaufformstücken und Schachtbauwerken.

Betriebszustände	für PE empfohlen k_b	nach DWA-A 110 k_b
Drosselstrecken, Druckrohrleitungen, Düker und Relining-strecken ohne Schächte	0,10 mm	0,25 mm
Transportkanäle mit Schächten gemäß DVWK M 241 Punkt 1.1.5, z. B. PKS®- Tangentialschacht aus PE 100	0,25 mm	0,50 mm
Sammelkanäle und -leitungen mit Schächten gemäß DVWK M 241 Punkt 1.1.5 bis DN 1000, mit angeformten Schächten gemäß DVWK M 241 Punkt 8.1.2.3 für alle DN, Transportkanäle mit Sonderschächten bzw. angeformten Schächten für alle DN	0,50 mm	0,75 mm
Sammelkanäle mit Zuleitungen, Sonderschächten sowie Winkelabweichnungen	0,75 mm	1,50 mm

Tab. 5 - Mittlere Rauigkeit k_b für PE

6. Berechnungsgrundlagen

6.2 Beanspruchung beim Verdämmen und bei Wasserüberstau

In bestimmten Einzelfällen sind Rohrleitungssysteme einem äußeren Überdruck ausgesetzt:

- bei der Verlegung im Wasser (Düker) oder im Boden unterhalb der Grundwasserlinie
- beim Verdämmen einer im Reliningverfahren sanierten Rohrleitung
- auf der Saugseite von Rohrleitungen mit Pumpenanschluss (Unterdruck im Rohr)

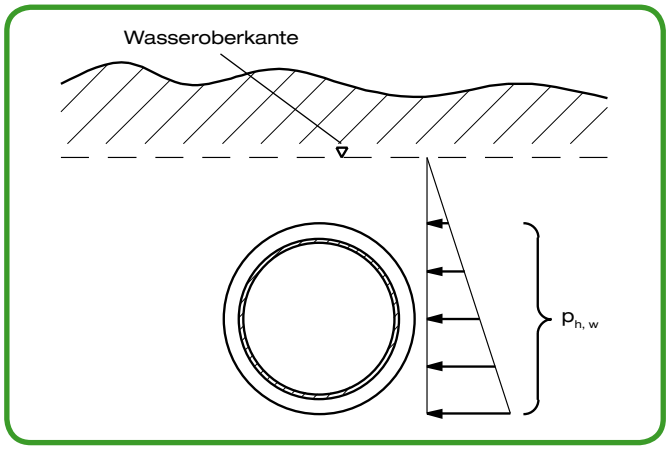


Abb. 61 - Belastung durch den hydrostatischen Druck bei Wasserüberstau (z. B. im Grundwasserbereich)

Bei verdämmten Rohren übt der Dämmer eine Stützwirkung auf das Rohr aus, d. h. , er erhöht dessen Beuldruck gegenüber dem eines freiliegenden Rohres. Eine statische Berechnung eines mit PE-Rohren sanierten Abwasserkanals kann nach der p_k-Formel, wie folgt, berechnet werden:

Für PE-Rohre ist der **Beuldruck p_k**:

$$p_k = \frac{10 \cdot E_C}{4 \cdot (1-\mu^2)} \cdot \left[\frac{s}{r_m}\right]^3$$

p_k	...	kritischer Beuldruck	[bar]
E_C	...	Kriechmodul (siehe Seite 41)	[N/mm²]
m	...	Querkontraktionszahl (für Thermoplaste generell 0,4)	
s	...	äquivalente Wanddicke	[mm]
r_m	...	mittlerer Rohrradius	[mm]

Die Einflüsse durch Exzentrizität und Unrundheit sind durch einen Abminderungsfaktor f_r zu berücksichtigen, der üblicherweise mit 0,9 bis 0,95 anzusetzen ist.

Bei Stabilitätsberechnungen, wie zum Beispiel bei Berechnungen des Beuldruckes, ist eine Mindestsicherheit von 2 zu berücksichtigen.

Der **zulässige Beuldruck** ergibt sich demnach:

$$p_{k,zul} = p_k \cdot \frac{f_r}{S}$$

$p_{k,zul}$		zulässiger kritischer Beuldruck	[bar]
f_r	...	Abminderungsfaktor (0,9 bis 0,95)	
S	...	Sicherheitsfaktor (≥ 2)	

Die **Beulspannung** kann anschließend direkt berechnet werden

$$\sigma_k = 0{,}1 \cdot p_k \cdot \frac{r_m}{s}$$

s_k	...	Beulspannung	[N/mm²]
p_k	...	zulässiger kritischer Beuldruck	[bar]
r_m	...	mittlerer Rohrradius	[mm]
s	...	Wanddicke	[mm]

Werden PE-Rohre verdämmt, so besteht die Gefahr, dass die Rohre aufschwimmen und nicht mehr in ihrer definierten Lage verbleiben. Die Rohrleitung kann mit Abstandhaltern am Aufschwimmen gehindert werden. Hierfür sind die auftretenden Belastungen auf die Halterungen zu berechnen. Der Halterungsabstand ist so zu wählen, dass die zulässige Durchbiegung nicht überschritten wird.

Auftriebskraft bei ungefüllten PE-Rohren:

$$F_V \approx \frac{\pi \cdot da_R^{\,2}}{400} \cdot l_R \cdot \gamma_D$$

Auftriebskraft bei mit Wasser gefüllten PE-Rohren:

$$F_V \approx \left[\frac{\pi \cdot da_R^{\,2}}{400} \cdot l_R\right] \cdot \gamma_D - 1$$

F_V	...	Auftriebskraft	[N]
da_R	...	Rohraußendurchmesser	[mm]
DN	...	Rohrinnendurchmesser	[mm]
γ_D	...	spezifische Dichte des Dämmers	[kg/dm³]
l_R	...	Stützweite	[m]

Maximaler Stützabstand

$$L_A = f_{LA} \cdot \sqrt[3]{\frac{E_C \cdot J_R}{q}}$$

L_A	...	maximaler Stützabstand	[mm]
f_{LA}	...	Faktor für die Durchbiegung (0,80)	
E_C	...	Kriechmodul (siehe Seite 41)	[N/mm²]
J_R	...	Rohrträgheitsmoment	[mm⁴]
q	...	Auftriebslast	[N/mm]

6. Berechnungsgrundlagen

6.3 Berechnung erdverlegter Kanalrohre nach Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127

ATV-DVWK-A 127

Kunststoffrohre aus Polyethylen oder Polypropylen werden überwiegend als erdverlegte Rohrleitungen ausgeführt. Da hierbei eine Vielzahl von Belastungen auf das Rohr einwirken können, werden Stabilitätsberechnungen überwiegend mit Computerprogrammen durchgeführt. Grundsätzlich sollten diese Berechnungen nach dem Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127 „Statische Berechnung von Abwasserkanälen und -leitungen“ durchgeführt werden. Um eine vollständige exakte Berechnung eines erdverlegten PKS®-Rohres zu erstellen, ist es notwendig, die genauen Einbaubedingungen zu kennen.

Ein entsprechender Fragebogen ist im Kapitel 7 ab Seite 44 zu finden. Auf Wunsch kann von der FRANK GmbH anhand des ausgefüllten Fragebogens eine prüfbare Berechnung durchgeführt werden.

Lasten

Bei Berechnungen nach dem Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127 können die unterschiedlichen Belastungen untersucht werden, wie zum Beispiel:

- Straßenverkehrslasten
- Eisenbahnverkehrslasten
- Erdlasten aus Überdeckung
- Flächenlasten aus Bebauung
- Äußerer Wasserdruck

Straßenverkehrslasten

Straßenverkehrslasten sind neben den Erdlasten aus Überdeckung die häufigsten Lasten bei erdverlegten Kanalrohren, da bei fast jedem Kanal mit dem Überfahren von Fahrzeugen zu rechnen ist. Aus diesem Grund muss nach dem Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127 selbst außerhalb von Verkehrsflächen bei der Berechnung für die Verkehrslast mindestens LKW 12 eingesetzt werden.

Das Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127 unterscheidet folgende Regelfahrzeuge zur Lastermittlung:

Regelfahrzeug	Gesamtlast	Radlast	Radaufstand	
	[KN]	[KN]	Breite [m]	Länge [m]
SLW 60	600	100	0,6	0,2
SLW 30	300	50	0,4	0,2
LKW 12	120	vorn 20 hinten 40	0,2 0,3	0,2 0,2

Tab. 6 - Lastannahmen für Regelfahrzeuge

Einbau

Bei der Berechnung wird neben den äußeren und inneren Belastungen auch die Bauausführung berücksichtigt. Einen wesentlichen Einfluss auf die Verformung der erdverlegten Kanalrohre hat die Ausbildung der Bettung der Rohre. Generell sollte der Bettungswinkel möglichst groß gewählt werden. Mögliche Auflagewinkel sind 120° und 180°.

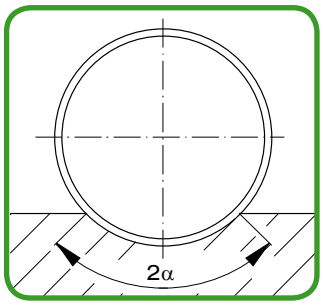


Abb. 62 - Auflagerwinkel

Die häufigste Einbausituation ist, dass erdverlegte Kanalrohre im Graben verlegt werden. Je nach den Erfordernissen kommen unterschiedliche Grabenformen zum Einsatz. Für die Berechnung der Rohre wird die Grabengeometrie (nachfolgende Beispiele) benötigt.

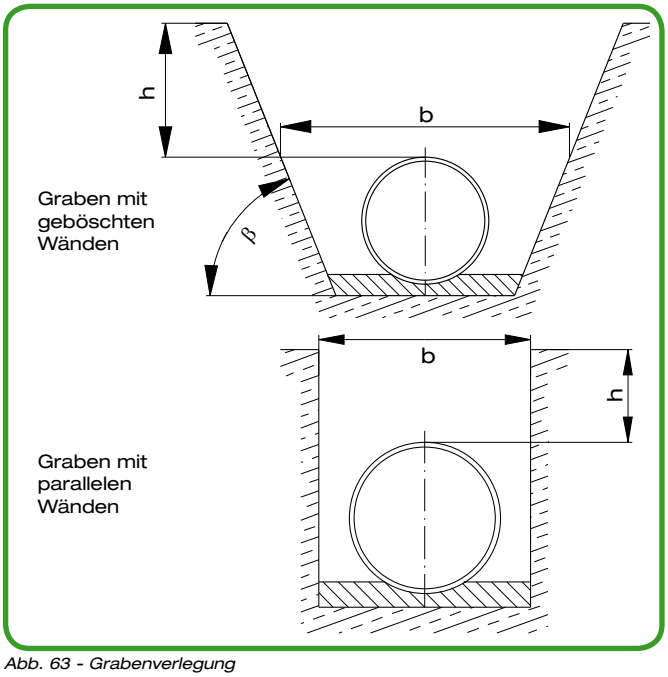


Abb. 63 - Grabenverlegung

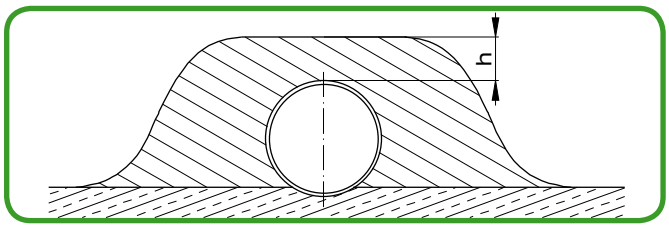


Abb. 64 - Dammverlegung

6. Berechnungsgrundlagen

6.3 Berechnung erdverlegter Kanalrohre nach Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127

Überschüttungs- und Einbettungsbedingungen

Bei der Einbettung in der Leitungszone und der Grabenverfüllung oberhalb der Leitungszone, unterscheidet das Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127 jeweils vier Überschüttungs- (A) und vier Einbettungsbedingungen (B):

A1/B1. Lagenweise gegen den gewachsenen Boden bzw. lagenweise in der Dammschüttung verdichtete Grabenverfüllung/Einbettung (ohne Nachweis des Verdichtungsgrades), gilt auch für Trägerbohlwände (Berliner Verbau).

A2/B2. Senkrechter Verbau des Rohrgrabens mit Kanaldielen oder Leichtspundprofilen, die erst nach dem Verfüllen gezogen werden. Verbauplatten oder -geräte, die bei der Verfüllung des Grabens schrittweise entfernt werden. Unverdichtete Grabenverfüllung. Einspülen der Verfüllung/Einbettung (nur geeignet bei Böden der Gruppe G1).

A3/B3. Senkrechter Verbau des Rohrgrabens mit Spundwänden, Leichtspundprofile, Holzbohlen, Verbauplatten oder Geräten, die erst nach dem Verfüllen entfernt werden, ohne dass nach dem Ziehen eine wirksame Nachverdichtung erfolgt.

A4/B4. Lagenweise gegen den gewachsenen Boden verdichtete bzw. lagenweise in der Dammschüttung verdichtete Grabenverfüllung/Einbettung mit Nachweis der nach ZTVE-StB erforderlichen Proctordichte, gilt auch für Trägerbohlwände (Berliner Verbau). Die Überschüttungs-/Einbettungsbedingung A4/B4 ist nicht anwendbar bei Böden der Gruppe G4.

Bodengruppen

Die Bodengruppen, die für die Berechnung benötigt werden, sind der DIN 18196 zu entnehmen:

G1: nichtbindige Böden (Kies, Sand)
[GE, GW, GI, SE, SW, SI]

G2: schwachbindige Böden (Kies-Ton-, Kies- Schluff-, Sand-Ton-, Sand-Schluff-Gemische)
[GU, GT, SU, ST]

G3: bindige Mischböden, Schluff (bindiger Sand und Kies, bindiger, steiniger Verwitterungsboden)
[GU, GT, SU, ST, UL, UM]

G4: bindige Böden (Ton, Lehm)
[TL, TM, TA, OU, OT, OH, OK, UA]

Grabenzonen

Der Rohrleitungsgraben wird in die folgenden Zonen unterteilt:

Zone 1: Überschüttung über dem Rohrscheitel

Zone 2: Leitungszone seitlich und unter dem Rohr

Zone 3: anstehender Boden neben dem Graben bzw. eingebauter Boden neben der Leitungszone

Zone 4: Boden unter dem Rohr (Baugrund)

Für die Berechnung nach ATV-DVWK-A 127 ist es notwendig, dass für die o. g. Zonen der Verdichtungsgrad (Proctordichte) und die Bodenart bekannt sind (Angabe im Fragebogen, Seite 45).

Abb. 65 - PKS®-Kanalrohr verlegt im Rohrgraben

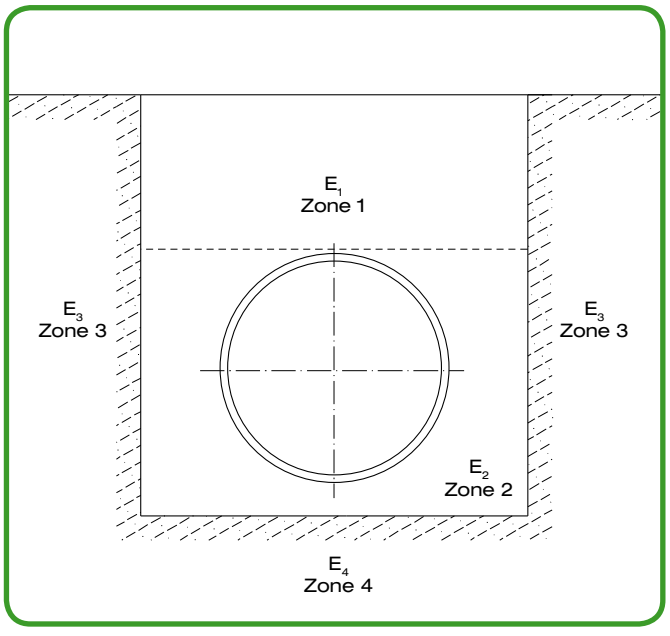


Abb. 66 - Zonen des Rohrgrabens

6. Berechnungsgrundlagen

6.4 Berechnung der notwendigen Rohrwanddicke s_{min} bei Betriebsüberdruck

Für die Berechnung der notwendigen Rohrwanddicke wird die **Kesselformel** verwendet. Zur Ermittlung der **Berechnungsspannung (σ_{zul})** ist die Vergleichsspannung (σ_V) aus den entsprechenden Zeitstandkurven (Seite 31, 32) zu entnehmen und mit dem Sicherheitsfaktor C (gemäß DIN 8077) abzumindern. Je nach Anwendungsfall kann für alle Werkstoffe noch ein Systemabminderungsfaktor (0,8) berücksichtigt werden. Mit diesem Sicherheitsfaktor kann z. B. der Einfluss von zusätzlichen Beanspruchungen an Verbindungsstellen (z. B. Schweißverbindung) berücksichtigt werden:

$$\sigma_{zul} = \sigma_V \cdot \frac{1}{C}$$

Für gefährliche Durchflussstoffe ist die zulässige Spannung mit den zugehörigen Abminderungsfaktoren zu reduzieren.

Die **Mindestwanddicke** kann mit folgender Formel berechnet werden:

$$s_{min} = \frac{p \cdot d}{20 \cdot \sigma_{zul} + p}$$

s_{min}....	Mindestwanddicke	[mm]
p	Betriebsüberdruck	[bar]
d	Rohraußendurchmesser	[mm]
σ_{zul}	Berechnungsspannung	[N/mm²]

Aus diesem Zusammenhang kann man bei gegebener Wanddicke s, falls erforderlich, die auftretende **Spannung σ_{tat}** bzw. den **maximalen Betriebsüberdruck p** errechnen:

$$\sigma_{tat} = \frac{p \cdot (d - s_{min})}{20 \cdot s_{min}} \qquad p = \frac{20 \cdot \sigma_{zul} \cdot s_{min}}{d - s_{min}}$$

Für fest eingespannte Rohrleitungssysteme ist die zu wählende **Mindestrohrwanddicke s_{min}** nach folgender Formel zu berechnen:

$$s_{min} = \frac{p \cdot d}{20} \cdot \sqrt{\frac{1}{\sigma_{zul}^2 - (E_C \cdot \varepsilon)^2}}$$

E_c	Kriechmodul *(siehe Seite 41)*	[N/mm²]
ε	Dehnung = $\Delta L/L_0$	
ΔL	Längenänderung	[mm]
L_0	Rohrlänge	[mm]

6.5 Beanspruchung durch äußeren Überdruck (Beuldruck)

In bestimmten Einzelfällen sind Rohrleitungssysteme einem äußeren Überdruck ausgesetzt:

- Verlegung im Wasser oder im Boden unterhalb des Grundwasserspiegels
- Leitungen für Unterdruck, z. B. Saugleitungen

Der **zulässige Unterdruck** wird wie folgt berechnet:

$$p_B = \frac{10 \cdot E_C}{4 \cdot (1 - \mu^2)} \cdot \left[\frac{s}{r_m}\right]^3$$

p_B	zulässiger Beuldruck	[bar]
E_c	Kriechmodul	[N/mm²]
	(Der Kriechmodul ist aus den Diagrammen auf Seite 41 zu ermitteln und um den Faktor 2 abzumindern)	
μ	Querkontraktionszahl	
	(für Thermoplaste generell ~0,4)	
s	Wanddicke	[mm]
r_m	mittlerer Rohrradius	[mm]

Die **Mindestwanddicke** wird wie folgt berechnet:

$$s_{min} = \sqrt[3]{\frac{p_B \cdot 4 \cdot (1 - \mu^2)}{10 \cdot E_C}} \cdot r_m$$

p_B	zulässiger Beuldruck	[bar]
E_c	Kriechmodul	[N/mm²]
	(Der Kriechmodul ist aus den Diagrammen auf Seite 41 zu ermitteln und um den Faktor 2 abzumindern)	
s_{min}....	Mindestwanddicke	[mm]
r_m	mittlerer Rohrradius	[mm]

Die **Beulspannung** wird wie folgt berechnet:

$$\sigma_B = 0{,}1 \cdot p_B \cdot \frac{r_m}{s}$$

σ_B	Beulspannung	[N/mm²]
p_B	zulässiger Beuldruck	[bar]
r_m	mittlerer Rohrradius	[mm]
s	Wanddicke	[mm]

6. Berechnungsgrundlagen

6.6 Kriechmodulkurven für PE 100 nach DVS 2205-1

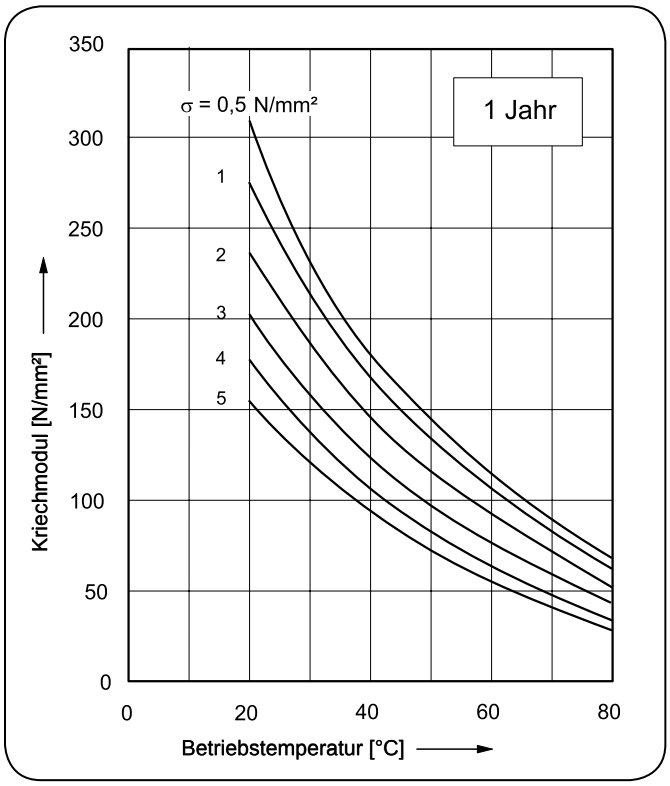


Abb. 67 - Kriechmodulkurve für PE 100, 1 Jahr

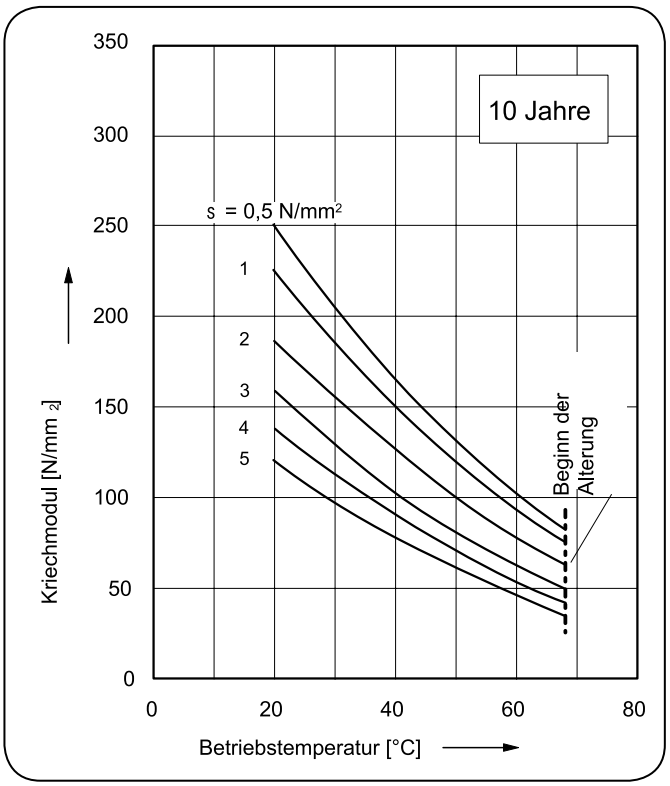


Abb. 68 - Kriechmodulkurve für PE 100, 10 Jahre

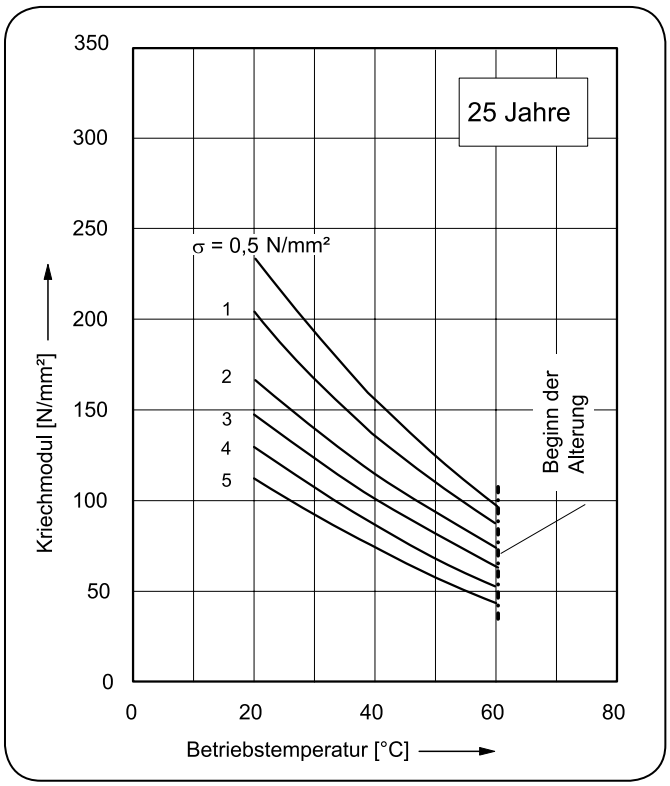


Abb. 69 - Kriechmodulkurve für PE 100, 25 Jahre

Abminderung des Kriechmoduls

Der aus den hier abgebildeten Diagrammen ermittelte Kriechmodul ist für Stabilitätsberechnungen noch mit einem Sicherheitsfaktor von ≥ 2 abzumindern. Einflüsse durch chemische Beanspruchung oder durch Exzentrizität und Unrundheit sind gesondert zu berücksichtigen.

Kriechmodulkurven für PP

Kriechmodulwerte sind stark abhängig von den verwendeten Rohstoffen. Bei Rohren aus PP kommen spezielle Rohstoffe mit zum Teil höheren Kriechmodulwerten, als in der DVS 2205-1 angegeben, zur Anwendung. Zur überschlägigen Berechnung können die Werte aus der DVS-Richtlinie 2205-1 herangezogen werden. Den exakten Kriechmodul erhalten Sie auf Anfrage.

6. Berechnungsgrundlagen

6.7 Berechnung der Längenänderung

Längenänderung durch Temperaturdifferenz

Für die Berechnung der temperaturabhängigen Längenänderung wird folgende Formel verwendet:

$$\Delta L_T = \alpha \cdot L \cdot \Delta T$$

ΔL_T....	Längenänderung infolge Temperaturänderung	[mm]
α	linearer Ausdehnungskoeffizient	[mm/m·K]
L	Rohrlänge	[m]
ΔT	Temperaturdifferenz	[K]

Für die Ermittlung von Δ**T** wird die größte Differenz von Verlegetemperatur zur höchsten (niedrigsten) Betriebstemperatur herangezogen.

Mittelwert für α:

PP ~ 0,16 mm/m·K = 1,6·10-4	1/K
PE ~ 0,18 mm/m·K = 1,8·10-4	1/K

Tatsächlich sind die Ausdehnungskoeffizienten temperaturabhängig und können den Diagrammen des Kataloges „Kunststoff-Rohrleitungssysteme“ entnommen werden.

Hinweis:

Die Längenänderungen sowie die dazugehörige Biegeschenkellänge können auch aus den Nomogrammen unseres Kataloges „Kunststoff-Rohrleitungssysteme“ abgelesen werden.

Längenänderung durch Innendruckbelastung

Die durch den inneren Überdruck hervorgerufene Längsdehnung einer geschlossenen und reibungsfrei gelagerten Rohrleitung beträgt:

$$\Delta L_p = \frac{0{,}1 \cdot p \cdot (1 - 2\ \mu)}{E_C \cdot (d^2 / d_i^2 - 1)} \cdot L$$

L ...	Rohrleitungslänge	[mm]
p ...	Betriebsdruck	[bar]
μ ...	Querkontraktionszahl	
E_C ...	Kriechmodul	[N/mm²]
d ...	Rohraußendurchmesser	[mm]
d_i ...	Rohrinnendurchmesser	[mm]

Längenänderung durch chemische Einwirkung

Unter Einwirkung chemischer Durchflussstoffe (z. B. Lösemittel) kann es zu einer Längenänderung (Quellung) der Rohrleitung sowie auch zu einer Vergrößerung des Rohrdurchmessers kommen. Gleichzeitig kommt es zu einer Reduktion der mechanischen Festigkeitseigenschaften.

Die erwartete Längenänderung bei Lösemitteleinwirkung kann mittels einem Quellungsfaktor angenähert ermittelt werden. Aufgrund umfangreicher Untersuchungen an lösemittelbeaufschlagten Abwasserrohrleitungen aus PE und PP wird empfohlen, bei der Auslegung der Rohrleitung einen Quellungsfaktor von:

$$f_{Ch} = 0{,}025 \ldots 0{,}040$$

heranzuziehen.

Die Längenänderung durch Quellung ergibt sich daher näherungsweise:

$$\Delta L_{Ch} = f_{Ch} \cdot L$$

L ...	Rohrleitungslänge	[mm]
f_{Ch} ...	Quellungsfaktor	

Hinweis:

Für exakte Berechnungen muss im Einzelfall der Quellungsfaktor durch Werkstoffuntersuchungen ermittelt werden.

6. Berechnungsgrundlagen

6.8 Festpunkte bei nicht erdüberdeckten Rohren

Festpunkte sollen ein Verschieben oder ein Bewegen der Rohrleitung in jeder Richtung verhindern. Sie dienen außerdem zur Aufnahme von Reaktionskräften bei Verwendung von Kompensatoren bzw. Schiebe- und Steckmuffen. Der Festpunkt ist für alle auftretenden Kräfte zu dimensionieren:

- Kräfte durch behinderte Längenänderung
- Gewicht bei senkrechten Rohrleitungen
- Spezifisches Gewicht des Durchflussmediums
- Betriebsdruck
- Eigenwiderstand der Dehnungsausgleicher

Frei wählbare Festpunkte sind so zu legen, dass Richtungsänderungen im Leitungsverlauf zur Aufnahme der Längenänderung ausgenutzt werden können.

Als Festpunkte haben sich Muffenkanten von Formstücken oder spezielle Festpunktformstücke bewährt. Beim Einsatz von Profilkanalrohren können die Profile an der Rohraußenseite als Festpunktkonstruktion dienen (z. B. Betonwiderlager).

Fest eingespanntes System

Wird die Längenänderung innerhalb einer Rohrleitung verhindert, so entsteht ein fest eingespanntes System. Die starr oder fest eingespannte Rohrstrecke erhält keinerlei Kompensationselemente und muss hinsichtlich ihrer Dimensionierung als Sonderfall betrachtet werden.

Folgende Systemgrößen sind daher rechnerisch zu bestimmen:

- Festpunktbelastung
- Zulässiger Führungslagerabstand unter Berücksichtigung der kritischen Knicklänge
- Auftretende Zug- und Druckspannungen

Bei Sonderwerkstoffen wie PE-el oder PP-s-el ist ein fest eingespanntes System nur möglich bei geringen Zugbeanspruchungen. In anderen Fällen empfehlen wir die Längenänderung durch Dehnungsbögen aufzunehmen.

Festpunktbelastung bei eingespannten Systemen

Die größte Festpunktbelastung tritt am geraden, eingespannten Rohrstrang auf. Sie beträgt in allgemeiner Form:

$$F_{FP} = A_R \cdot E_C \cdot \varepsilon$$

F_{FP} ...	Festpunktkraft	[N]
A_R ...	Rohrwandringfläche	[mm²]
E_C ...	Kriechmodul	[N/mm²]
ε ...	verhinderte Längsdehnung aus Wärmedehnung, Innendruck oder Quellung	

6.9 Verweise

Weitere Grundlagen für Auslegungen und Berechnungen für Kunststoffrohrleitungen entnehmen Sie bitte unserem Katalog „Kunststoff-Rohrleitungssysteme“.

Folgende Auslegungen und Berechnungen sind darin enthalten:

- Zulässige Bauteil-Betriebsüberdrücke p_B für PE 100 und PP in Abhängigkeit von Temperatur und Betriebsdauer
- Vergleich der Anwendungsgrenzen für Rohrleitungen aus PE 100 und PP für eine Betriebsdauer von 25 Jahren
- Applikationsfaktoren f_{AP} für wassergefährdende Medien und Abminderungsfaktor A1 für die spezifische Zähigkeit durch niedrige Temperaturen (in Anlehnung an DVS 2205-1)
- Medienliste für chemische Resistenzfaktoren f_{AZ}=1 (nach DVS 2205-1)
- Chemische Resistenzfaktoren f_{AZ} für den Chemikalienfluss (nach DVS 2205-1)
- Allgemeine chemische Beständigkeit in Bezug auf Säuren und Laugen
- Berechnungsgrundlagen zur Festlegung des Rohrquerschnittes von Druckrohrleitungen
- Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der hydraulischen Verluste
- Widerstandsbeiwert von Rohrformteilen
- Durchflussnomogramm (für Medium Wasser) zur groben Ermittlung von Strömungsgeschwindigkeit, Druckverlust und Fördermenge

7. Statikfragebogen/Schachtdatenblatt

7.1 Statikfragebogen zur Berechnung erdverlegter Kanalrohre nach ATV-DVWK-A 127

Projektdaten:

Bauvorhaben: _____

Bauort: _____

Bauherr: _____

Sachbearbeiter: _____ Tel.: _____

Rohr:

PKS®-Profilkanalrohr:	Rohrinnendurchmesser	DN:	mm
Extrudiertes Vollwandrohr:	Rohraußendurchmesser	da:	mm
	Wanddicke	s:	mm
Rohrleitungslänge			m

Rohrmaterial: ☐ PE 100 ☐ PP-R

Belastungen:

Durchflussmedium: _____

Dichte: _____ g/cm³

Mediumtemperatur: im Betrieb T_B: _____ °C

maximal T_{max}: _____ °C

Betriebsüberdruck $p_ü$: _____ bar

Standzeit: ☐ 50 Jahre oder Jahre: _____

Verkehrslast: ☐ ohne ☐ SLW 60 ☐ SLW 30 ☐ LKW 12

zusätzliche Flächenlast _____ N/mm²

Grundwasserstand über Sohle: _____ mm

Wasserfüllung z. B. Staukanal: ☐ ja ☐ nein

Sonstiges: _____

_____

_____

7. Statikfragebogen/Schachtdatenblatt

7.1 Statikfragebogen zur Berechnung erdverlegter Kanalrohre nach ATV-DVWK-A 127

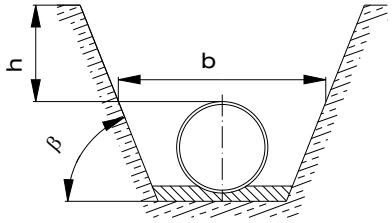
Einbau:

☐ Graben

Grabenbreite (b): _____ mm

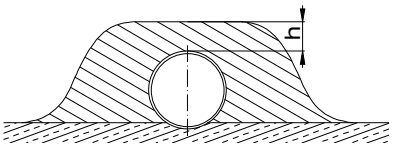
Böschungswinkel (β): _____ °

Überdeckungshöhe (h): _____ mm



☐ Damm

Überdeckungshöhe (h): _____ mm

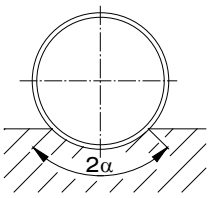


Überschüttungs- und Einbettungsbedingungen:

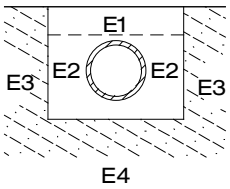
Überschüttung	Einbettung
☐ A1	☐ B1
☐ A2	☐ B2
☐ A3	☐ B3
☐ A4	☐ B4

Lagerung:

Auflagerwinkel 2α: ☐ 120° ☐ 180°



Boden:

Boden	Bodenart	E1	E2	E3	E4
Zonen: 	Gruppe:				
	G1 - nicht bindig (Sand, Kies)	G1 ☐	G1 ☐	G1 ☐	G1 ☐
	G2 - schwach bindig (Sand, Kies)	G2 ☐	G2 ☐	G2 ☐	G2 ☐
	G3 - bindige Mischböden, Schluff	G3 ☐	G3 ☐	G3 ☐	G3 ☐
	G4 - Ton, Lehm	G4 ☐	G4 ☐	G4 ☐	G4 ☐
	Anmerkung: In der Leitungszone (E2) ist vorzugsweise Sand (G1) zu verwenden!				
	Dichte [g/cm³]	.....	.....	.....	.....
	Verdichtungsgrad (85 % bis 100 %), % D_{pr}, vorzugsweise > 97 %	.....	.....	.....	.....
	E-Modul E_B [N/mm²]	.....	.....	.....	.....

7. Statikfragebogen/Schachtdatenblatt

7.2 Fragebogen zur Berechnung erdversetzter Kunststoffschächte in Anlehnung an ATV-DVWK-A 127

Projektdaten:

Bauvorhaben: _____

Bauort: _____

Bauherr: _____

Sachbearbeiter: _____ Tel.: _____

Einbaubedingungen:

Schachtinnendurchmesser: _____ mm

Einbautiefe (h_1) _____ mm

Länge Schachtrohr (h_2) _____ mm

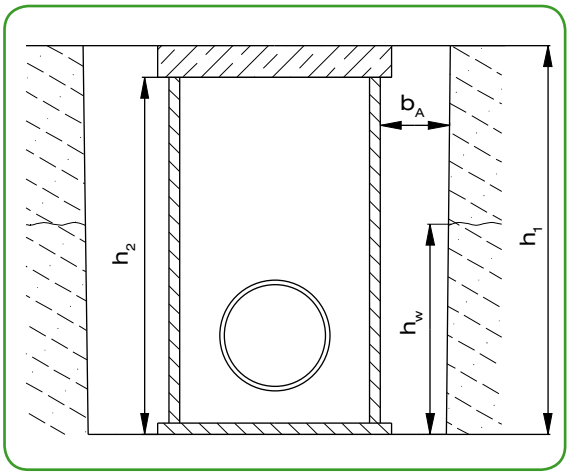
Höhe Grundwasser (h_w) _____ mm

Arbeitsbereich(b_A) _____ mm

Dichte Bettungsmaterial: _____ g/cm³

Geländeneigung: _____ °

Schachtmantelmaterial ☐ PE 100 ☐ PP-R



Boden:

	Einbettung	anstehender Boden
Bodengruppe	☐ G1 ☐ G2	☐ G1 ☐ G2 ☐ G3 ☐ G4
Proctordichte	_____ %	_____ %
bekannter E-Modul	_____ N/mm²	_____ N/mm²

Verkehrslast:

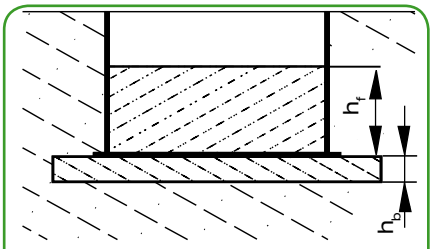
	auf dem Deckel	neben dem Schacht
keine Verkehrslast	☐	☐
SLW 30	☐	☐
SLW 60	☐	☐
freie Angabe	_____ kN	_____ kN
Stoßfaktor	_____	_____

7. Statikfragebogen/Schachtdatenblatt

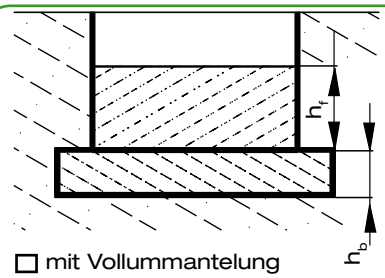
7.2 Fragebogen zur Berechnung erdversetzter Kunststoffschächte in Anlehnung an ATV-DVWK-A 127

Schachtboden:

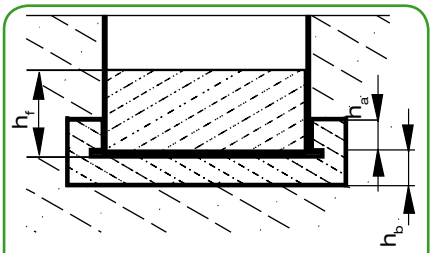
☐ ohne Bodenplatte



☐ einfache Bodenplatte



☐ mit Vollummantelung



☐ mit Betonaufkantung

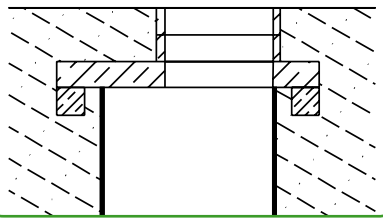
Dicke der Betonplatte (h_b)	.....	mm
Durchmesser Beton-Bodenplatte	.....	mm
Höhe der Betonaufkantung (h_a)	.....	mm
Betongüte Bodenplatte	.....	
Betonfüllung (h_f)	.....	mm

Stutzen:

	Durchmesser	Wanddicke	Position
Durchgangsrohr	mm	mm	°
1. Stutzen	mm	mm	°
2. Stutzen	mm	mm	°
3. Stutzen	mm	mm	°
4. Stutzen	mm	mm	°

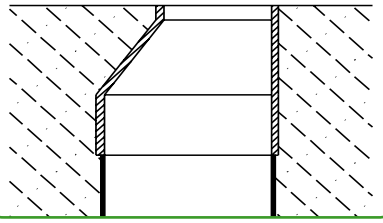
Schachtdeckel:

☐ separat aufgelagerter Deckel

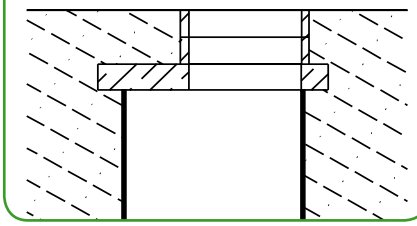


☐ ohne Deckel

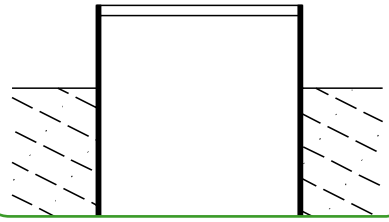
☐ Standard-Beton-Konus



☐ aufliegender Deckel



☐ mit PE-Flachdach



7. Statikfragebogen/Schachtdatenblatt

7.3 Erläuterung zu den Fragebögen

Sicherheitsklasse

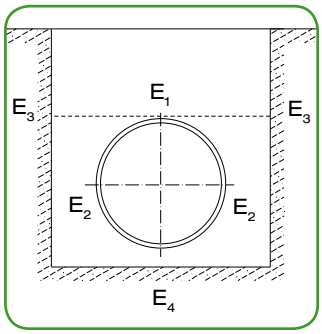
Sicherheitsklasse A (Regelfall)

- Gefährdung des Grundwassers
- Beeinträchtigung der Nutzung
- Versagen hat beachtliche wirtschaftliche Folgen

Sicherheitsklasse B (Sonderfall)

- Keine Gefährdung des Grundwassers
- Geringe Beeinträchtigung der Nutzung
- Versagen hat geringe wirtschaftliche Folgen

Bodenarten



E1 Überschüttung über dem Rohrscheitel

E2 Leitungszone seitlich des Rohres

E3 Anstehender Boden neben dem Graben bzw. eingebauter Boden neben der Leitungszone

E4 Boden unter dem Rohr

Gruppe	Wichte B	Innerer Reibungswinkel	Verformungsmodul E_B in N/mm² bei Verdichtungsgrad D_{pr} in %					
	kN/m³		85	90	92	95	97	100
G1	20	35	2,4	6	9	16	23	40
G2	20	30	1,2	3	4	8	11	20
G3	20	25	0,8	2	3	5	8	13
G4	20	20	0,6	1,5	2	4	6	10

Folgende Bodenarten können unterschieden werden (in Klammern sind die Kurzzeichen nach DIN 18196 angegeben):

Gruppe 1: Nichtbindende Böden (GE, GW, GI, SE, SW, SI)

Gruppe 2: Schwachbindende Böden (GU, GT, SU, ST)

Gruppe 3: Bindende Mischböden, Schluff (bindiger Sand und Kies, bindiger, steiniger Verwitterungsboden), (GU, GT, SU, ST, UL, UM)

Gruppe 4: Bindige Böden (Ton, Lehm), (TL, TM, TA, OU, OT, OH, OK)

Überschüttungsbedingungen für die Grabenverfüllung

Bei der Grabenverfüllung oberhalb der Leitungszone werden vier Überschüttungsbedingungen A1 bis A4 unterschieden:

A 1: Lagenweise gegen den gewachsenen Boden verdichtete Grabenverfüllung (ohne Nachweis des Verdichtungsgrades)

A 2: Senkrechter Verbau des Rohrgrabens mit Kanaldielen oder Lichtspundprofilen, die erst nach dem Verfüllen gezogen werden. Verbauplatten oder -geräte, die bei der Verfüllung des Grabens schrittweise entfernt werden. Unverdichtete Grabenverfüllung. Einspülen der Verfüllung (nur geeignet bei Böden der Gruppe G1)

A 3: Senkrechter Verbau des Rohrgrabens mit Spundwänden, Holzbohlen, Verbauplatten oder -geräten, die erst nach dem Verfüllen entfernt werden.

A 4: Lagenweise gegen den gewachsenen Boden verdichtete Grabenverfüllung mit Nachweis der nach ZTVE-StB erforderlichen Proctordichte. Die Überschüttungsbedingung A4 ist nicht anwendbar bei Böden der Gruppe G1.

7. Statikfragebogen/Schachtdatenblatt

7.3 Erläuterung zu den Fragebögen

Einbettungsbedingungen für die Rohrleitungen

Für die Einbettung in der Leitungszone werden vier Einbettungsbedingungen B1 bis B4 unterschieden:

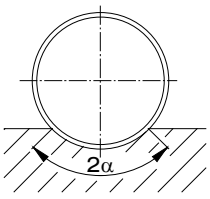
B 1: Lagenweise gegen den gewachsenen Boden bzw. lagenweise in der Dammschüttung verdichtete Einbettung (ohne Nachweis des Verdichtungsgrades)

B 2: Senkrechter Verbau innerhalb der Leitungszone mit Kanaldielen oder Lichtspundprofilen, die erst nach dem Verfüllen gezogen werden. Verbauplatten und -geräte, unter der Voraussetzung, dass die Verdichtung des Bodens nach dem Ziehen des Verbaues sichergestellt ist. Einspülen der Einbettung (nur geeignet bei Böden der Gruppe G1)

B 3: Senkrechter Verbau innerhalb der Leitungszone mit Spundwänden, Holzbohlen, Verbauplatten oder -geräten, ohne dass nach dem Ziehen eine wirksame Nachverdichtung erfolgt.

B 4: Lagenweise gegen den gewachsenen Boden bzw. lagenweise in der Dammschüttung verdichtete Einbettung mit Nachweis der nach ZTVE-StB erforderlichen Proctordichte. Die Einbettungsbedingung B4 ist nicht anwendbar bei Böden der Gruppe G4.

Lagerung



Lagerungsfall 1

Bauausführung

Grundlage für die Anwendung des Berechnungsverfahrens ist in der DIN 4033 festgelegte Einbau der Rohrleitung, insbesondere Auflagerung und Einbettung.

Lasten und Aufstandsflächen der Regelfahrzeuge

Regelfahrzeug	Gesamtlast	Radlast	Aufstandfläche eines Rades	
kN	kN		Breite m	Länge m
SLW 60	600	100	0,60	0,20
SLW 30	300	50	0,40	0,20
LKW 12	20	hinten 40	0,30	0,20
		vorn 20	0,20	0,20

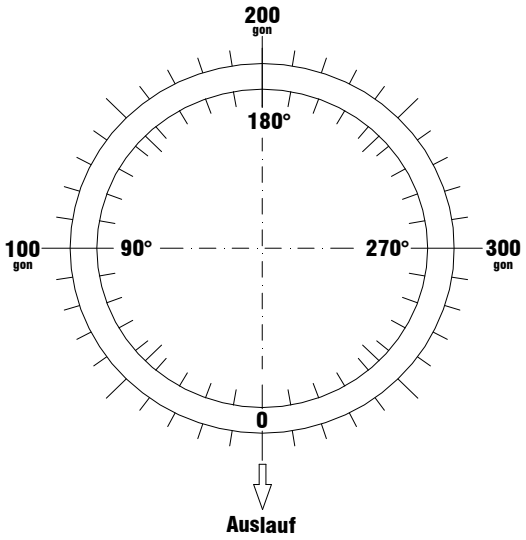
Außerhalb von Verkehrsflächen ist der LKW 12 als Mindestbelastung anzusetzen.

7. Statikfragebogen/Schachtdatenblatt

7.4 Schachtdatenblatt

Firma:	Bauvorhaben:	Stück:	Bauteil:
		geplanter Liefertermin:	
Schachtbezeichnung:		Datum:	Sacharbeiter:
		bestellt durch:	

	Tangentialschacht DN: _____ mm	
	Kontrollschacht DN: _____ mm	



GOK		m ü. NN
Grundwasserstand		m ü. NN
Abdeckplatte / Konus		mm
OK PE-Schacht		m ü. NN

	Mittlere Schachthöhe
	Steigtritte
	Steigkästen im Gerinne
	Leiter B: _____ Wst: _____
	Einstiegshilfe
	Hebeösen
	Berme
	Pumpensumpf DN: _____ h = _____ mm
	Gerinne Scheitelhoch
	Gerinne Kämpferhoch
	Hinweis: Wahlweise kann eine Skizze eingereicht werden.

Bemerkungen:

								Ende						
	DN	DA	° AltGrad	Profil / SDR	Stutzenlänge von innen	Innen-hell	Sohlhöhe m ü. NN	Elektro-Muffe	Spitzende	Glatt	Vorschweißbund + Losflansch	Reduktion	Aufwicklung auf DA	Bemerkung
(1) Auslauf														
(2) Zulauf														
(3) Zulauf														
(4) Zulauf														
(5) Zulauf														

8. Verlegung

8.1 Allgemeine Verlegerichtlinie

Vorwort

Kanalrohrleitungen sind Ingenieurbauwerke, bei deren Verlegung eine Vielzahl von Richtlinien und Normen zu beachten ist. Hierzu zählt unter anderem die aktuelle Verlegerichtlinie für Rohrsysteme, die DWA-A 139, die die fachgerechte Ausführung und Verlegung beschreiben.

Das geringe Gewicht von Rohren und Schächten aus PE und PP im Verhältnis zur Rohrstabilität ermöglicht ein einfaches Handling mit leichten Geräten am Lager und auf der Baustelle. Besonders in engen Straßen oder in topografisch ungünstigem Gelände bietet sich daher der Einbau von Kunststoffrohren als eine sehr wirtschaftliche Lösung an.

Transport

PKS®-Kanalrohre, -Formteile, Schächte und Sonderbauwerke sind mit geeigneten Fahrzeugen zu befördern. Sie müssen beim Transport gegen das Verschieben auf der Ladefläche gesichert werden. Andere Gegenstände auf der Ladefläche dürfen nicht gegen die Rohre schlagen. Die Auflagefläche muss eben und frei von spitzen Gegenständen sein, die die Rohrwand schädigen können. Besondere Sorgfalt gilt beim Be- und Entladen, um die Bauteile vor Beschädigungen zu schützen.

Handling

Beim Be- und Entladen von Kunststoffrohren und -Formteilen sind geeignete Hebezeuge zu verwenden. Das Herunterwerfen oder Fallenlassen der Rohre ist nicht zulässig. Die Rohre dürfen nicht über den Boden gezogen werden. Beim Handling von Profilkanalrohren ist besondere Aufmerksamkeit auf die Muffe und das Spitzende zu legen. Vorgefertigte Bauteile (z. B. Stauraumkanäle) sind über angebrachte Hebe- und Transportösen anzuheben, damit unzulässige Biegebeanspruchungen infolge des Eigengewichtes vermieden werden.

Abb. 70 - Verladen PKS®-Kanalrohr DN 2300, Abzweig DN 2300

Abb. 72 - Abladen und Einbringen PKS®-Rohr DN 1800

Abb. 71 - Transport PKS®-Rohr DN 2400, Kopfschacht DN 2400

Abb. 73 - Einbau PKS®-Sonderbauteil

8. Verlegung

8.1 Allgemeine Verlegerichtlinie

Lagerung

Kunststoffrohre aus PE/PP sollten auf ebenem Untergrund gelagert werden, der frei von Steinen oder scharfkantigen Gegenständen ist. Die Rohre sind so zu lagern, dass sie nicht deformieren werden oder verschmutzen und vor mechanischen Beschädigungen und Punktbelastungen geschützt sind.

Bei extremer Hitze sind die Rohre und Formteile vor starkem Aufheizen zu schützen. Die Lagerung im Schatten oder unter einer hellen, lichtundurchlässigen Folie oder auch einem Geotextil ist daher sinnvoll.

Generell ist bei der Lagerung und dem Transport zu beachten, dass die Rohre nicht beschädigt werden oder eine wesentliche Verformung erleiden. Durch Transport oder Lagerung beschädigte Rohre sind vom Einbau auszuschließen.

Lagerung Wickelrohre nach DIN 16961

Eine Zwischenlagerung der Rohre muss so erfolgen, dass eine Beschädigung ausgeschlossen ist. Besonders das Spitzende und die Muffe dürfen weder verschmutzt noch deformiert werden, um eine ordnungsgemäße Verbindung zu gewährleisten.

Die Zwischenlagerung auf der Baustelle soll in Abhängigkeit der Boden- und Lagerverhältnisse erfolgen:

- Die Rohre müssen durch Unterlegen von Kanthölzern, seitl. Keilen gegen Wegrollen gesichert bzw. stabilisiert werden.
- Unter die erste Rohrlage sind Kanthölzer zu legen.
- Generell darf die Stapelhöhe 3 m nicht überschreiten

Bei Lagerung verschiedener Nennweiten dürfen PKS®-Rohre unter Beachtung, dass die E-Muffe und das Spitzende unbeschädigt bleiben, auch teleskopiert gelagert werden.

Um eine spätere qualitätsgerechte Schweißung zu gewährleisten, ist vor der Lagerung zu kontrollieren, dass die Originalverpackung der Rohre nicht beschädigt ist. Sollte eine Beschädigung der Verpackung vorliegen, ist zunächst auf Sauberkeit zu kontrollieren und eventuelle Verschmutzungen sind zu beseitigen. Anschließend sind die gereinigten Stellen mit Folie neu zu schützen. Hierbei darf keine Klebefolie in Kontakt mit der Heizwendel bzw. dem Spitzende kommen.

Lagerung PE-Rohre nach DIN 8074/8075

PE-Rohre sind in Rohrbündeln nach der Werksnorm „Verpackung“ der AGRU-FRANK GmbH verpackt. Die Anlieferung von Bündeln erfolgt in Paletten. Einzelne Rohrmengen werden lose angeliefert.

Rohrbündel und Einzelrohre sind mit geeigneten Vorrichtungen, wie z. B. breitflächigen Textilgurten, auf- und abzuladen und vor schädigenden mechanischen Einwirkungen zu schützen.

Für die Zwischenlagerung der PE-Rohre auf der Baustelle ist eine entsprechende Lagerfläche vorzusehen. Folgende Kriterien sollte die Lagerfläche erfüllen:

- Breite mindestens 12 m, 6 m oder 5 m (je nach Rohrlängen)
- Ebener, steinfreier Untergrund (Sandplanum, Betondecke...)
- Geschützt gegen mechanische Beschädigungen
- Sicherung vor Durchhängen und Verschieben durch Anfertigen von Zwischenlagen

Bei palettierten Rohren sind die Rohrpaletten so zu stapeln, dass die axialen Holzverschläge aufeinander liegen.

Stapelhöhen sind so zu wählen, dass keine Beschädigungen oder bleibende Verformungen an den Rohren auftreten können. Punkt- und Linienauflagen der Rohre sind auszuschließen.

Erhebliche Verschmutzungen von Rohrleitungen und Rohrleitungsteilen sind zu vermeiden.

Abb. 74 - Lagerung PKS®-Kanalrohr

Abb. 75 - Lagerung Sureline® Rohre

8. Verlegung

8.2 Offene Grabenverlegung - Einbau PKS®-/TSC-Rohre

Gemäß DIN EN 1610 ist für erdverlegte Abwasserleitungen und -kanäle vor Beginn der Bauausführung die Tragfähigkeit der einzubauenden Rohre nachzuweisen. Dieser Nachweis wird bei PKS®-/TSC-Rohren mit der statischen Berechnung nach dem Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127 erbracht. Die Rohre sind gemäß den Angaben aus der Berechnung der Statik einzubauen. Für die Erfassung der notwendigen Informationen (Bodenverhältnisse, Einbaubedingungen usw.) zur Berechnung der Statik wird vom Kunden ein entsprechender Fragebogen ausgefüllt (siehe Seite 44 ff.).

Biegeweiche Rohre müssen „lose“ aufgelagert werden, was zu wesentlich geringeren Spannungen im Rohr führt. Hierbei ist der Auflagerwinkel entscheidend für die statischen Berechnungen. In der Regel wird mit einen Auflagerwinkel von 120° gerechnet.

Nach DIN EN 1610 muss die untere Bettung eine Dicke von 10 bis 15 cm unterhalb der Rohrsohle aufweisen. Es darf nur verdichtungsfähiges, steinfreies Material der Gruppe G1 oder G2 gemäß DIN EN 1610 verwendet werden. Die Einbettung ist mit dem gleichen Material bis 15 cm über Rohrscheitel auszuführen. Die Verdichtung der Einbettung erfolgt lagenweise. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Verdichtungsgeräte das Rohr nicht berühren. Direkt über dem Rohr darf die Verdichtung erst ab einer Schicht von mindestens 30 cm über dem Rohrscheitel erfolgen. Das Einbringen und Verdichten der Überschüttung hat ebenfalls lagenweise zu erfolgen. Bis 1 m Überdeckung können leichte bis mittlere Verdichtungsgeräte verwendet werden. Schwere Verdichtungsgeräte dürfen erst darüber zum Einsatz kommen.

Bei großen Temperaturschwankungen kann es, insbesondere bei direkter Sonneneinstrahlung im offenen Graben, zu einer Längenänderung der Rohre kommen. Bei erdeingebauten PKS®-Rohren übernimmt die Profilierung die Funktion eines Festpunktes. Es ist daher ausreichend, den Rohrgraben zu verfüllen, um Längenänderungen großer Rohrstrecken zu verhindern.

Empfehlungen

- Die Leitungszone sollte steinfrei und die verwendenten Baustoffe müssen „verdichtungsfähig“ sein.
- Durch geeignete Maßnahmen ist zu verhindern, dass der anstehende Boden in die Leitungszone eindringen bzw. eine Verlagerung der Materialien aus der Leitungszone in den anstehenden Boden auftreten kann.
- Der Boden ist beidseitig der Leitung lagenweise einzubauen und zu verdichten. Durch unsachgemäße Verdichtung mit schwerem Gerät ohne seitliche Verdichtung können die Rohre beim Einbau „verdrückt“ werden, z. B. durch Überfahren der Rohre mit Walzenzug ohne qualifizierte seitliche Verdichtung.
- Während der Verlegearbeiten sind die Gräben frei von Wasser zu halten, Auftriebssicherheit ist zu gewährleisten.
- Beim Anschluss biegeweicher Rohre (PKS®-/TSC-Rohre) an Betonschächte ist auf einen besonders sorgfältigen Einbau zu achten, da es in diesem Bereich unter Umständen zu Setzungen der Schächte kommen kann.
- Dichtheitsprüfungen sollten in jedem Fall vor dem Verfüllen der Rohrleitung durchgeführt werden, da nur dann eine eventuelle Leckage schnell und kostengünstig lokalisiert und repariert werden kann.

Abb. 76 - Einbau Leitungszone

Abb. 77 - seitliche Verdichtung des Bodens

8. Verlegung

8.2 Offene Grabenverlegung - Bauwerkseinbindung

Aufgrund der Oberflächenstruktur von PE/PP findet beim Betonieren von PE-Rohren keine Verbindung von Beton und Rohr statt. Zwischen dem Beton und der Rohrwand entsteht dadurch ein Kapillarspalt, über den Flüssigkeiten durch die Betonwand dringen können. Für die Einbindung der PE-Rohre in Betonwände ist es daher erforderlich, die FRANK-Wandeinbindung, Schachtfutter bzw. Schachtanschlussmuffe, die speziell für diesen Einsatzzweck entwickelt wurden, zu verwenden.

FRANK Schachtanschlussmuffe (SAM)

Die FRANK Schachtanschlußmuffe (SAM) bietet die Möglichkeit, eine geschweißte, zugfeste Anbindung der Druckrohrleitung an Betonschächte herzustellen. Verfügbar ist die SAM für den Dimensionsbereich DN 150 bis DN 500 für extrudiertes Kanalrohr.

Im Betonwerk erfolgt ein schalungsbündiger Einbau der Schachtanschlussmuffe in die Beton-Fertigteilschächte nach DIN 4034. Die Dichtheit der SAM wird durch den aufgezogenen Mauerkragen erreicht. Beim Betonieren ist darauf zu achten, dass der Beton ausreichend verdichtet ist. Nach dem Betonieren und Ausschalen der Betonwand erfolgt das Montieren der Rohre mit abschließender Schweißung.

FRANK Wandeinbindung Typ PKS® 2, Typ PKS® 2a

Die FRANK Wandeinbindungen Typ PKS® 2 und 2a können in dem Nennweitenbereich DN 300 bis DN 1200 für das PKS®-Kanalrohrsystem eingesetzt werden. Die Dichtwirkung der Wandeinbindung TYP PKS® beträgt bis zu 10 m Wassersäule.

Die Länge der Wandeinbindung richtet sich nach der Betonwanddicke und wird individuell gefertigt (Typ PKS® 2). Die FRANK Wandeinbindung Typ PKS® 2 und 2a wird schalungsbündig in das entsprechende Bauwerk eingebunden. In die Wandeinbindung sind Heizwendel zur Elektromuffenschweißung integriert. Die Wandeinbindung kann radiale und axiale Kräfte vom PKS®-Rohr aufnehmen und in das Betonbauwerk ableiten.

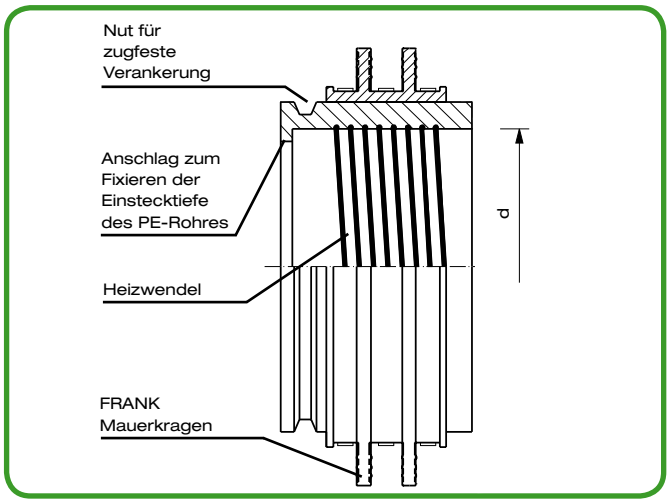


Abb. 78 - FRANK Schachtanschlussmuffe (SAM) eingebaut

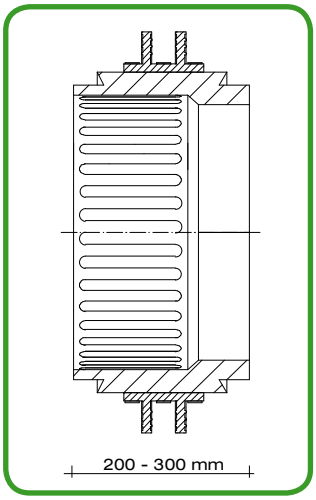


Abb. 79 - Typ PKS® 2

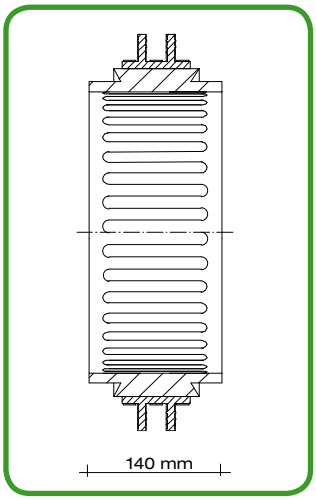


Abb. 80 - Typ PKS® 2a

Abb. 81 - FRANK Schachtanschlussmuffe (SAM) eingebaut

Abb. 82 - FRANK Wandeinbindung Typ PKS® 2a (L= 140 mm)

8. Verlegung

8.2 Offene Grabenverlegung - Bauwerkseinbindung

FRANK Wandeinbindung Typ PKS® 1

Für den Nennweitenbereich DN 300 bis DN 3500 steht die FRANK Wandeinbindung Typ PKS® 1 mit montiertem FRANK Mauerkragen für das PKS®-Kanalrohr zur Verfügung. Die Wandeinbindung besitzt eine Dichtwirkung gegenüber 10 m Wassersäule. Die FRANK Wandeinbindung Typ PKS® 1 wird vorkonfektioniert auf den PKS®-Rohren geliefert. Das Rohr mit Wandeinbindung wird in die Schalung positioniert. Der Rohrgraben sollte vor dem Betonieren der Wandeinbindung verfüllt werden. Nach dem Verschließen der Schalung kann das Betonieren erfolgen. Hierbei ist auf eine ausreichende Verdichtung des Betons um die Wandeinbindung, vor allem unterhalb des Rohres, zu achten. Beim Betonieren unterhalb von 0°C müssen für eine normgerechte Betonqualität entsprechende Maßnahmen getroffen werden.

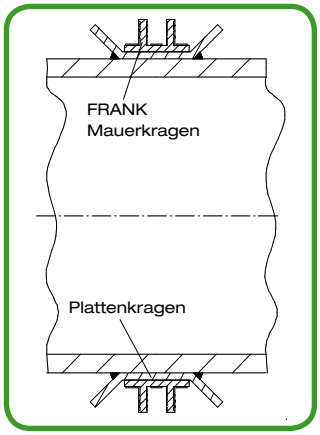


Abb. 83 - Typ PKS® 1 - Schnitt

Abb. 84 - Typ PKS® 1 auf Rohrende

Nachweis der Dichtheit der FRANK-Wandeinbindung Typ PKS® 1

Im Mai 2009 wurde das IKT (Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen) damit beauftragt, eine Langzeit-Dichtheitsprüfung (1000h) an der zugfesten Wandeinbindung Typ PKS® 1 in der Dimension DN 800 durchzuführen.

Geprüft wurden zwei Wandeinbindungen auf einem Wickelrohr DN 800, das in einer kreisförmigen Schalung DN 1250 mit WU-Beton umgossen wurde. Zwischen den beiden Wandeinbindungen wurde zuvor ein perforiertes Druckwasserrohr in das Wickelrohr DN 800 integriert. Nach Aushärten des Betons wurde auf das integrierte Druckrohr einen Prüfdruck von 1,0 bar aufgebracht.

Nach 1000 h Prüfzeit wurde der Test beendet. Während der Dichtheitsprüfung konnte kein Austritt der Prüfflüssigkeit am Prüfkörper festgestellt werden. Der Prüfkörper wurde anschließend aufgesägt, um visuell feststellbare Fließwege der Prüfflüssigkeit nachzuweisen. Es war zu erkennen, dass sich die Verfärbungsbereiche vom perforiertem Druckrohr bis zum Plattenkragen ausgebreitet hatten. Eine Fortsetzung in den Bereich der Wandeinbindung konnte nicht festgestellt werden.

Das Ergebnis dieser Untersuchung zeigt, dass während der Prüfzeit von 1000 h mit einem Prüfdruck von 1,0 bar kein Austritt der Prüfflüssigkeit festzustellen war. Die beiden geprüften Wandeinbindungen haben den Langzeittest erfolgreich bestanden , sie erzielten eine dichte Anbindung an den Beton.

(Quelle: Bericht IKT 2009)

IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur
Exterbruch 1, 45886 Gelsenkirchen Telefon: 0209/17806-0 Telefax: 0209/17806-88

Bericht: P02890

Gelsenkirchen, 9. Oktober 2009

Auftraggeber:	**Frank GmbH** **Starkenburgstraße 1** **64546 Mörfelden-Walldorf**
Prüfauftrag Nr.:	**P02890**
Bezeichnung des Prüfauftrags:	**1.000h-Langzeit-Dichtheitsprüfung einer zugfesten Wandeinbindung DN 800 aus EPDM mit Spannbändern aus Edelstahl und PEHD-Plattenkragen (FRANK-Wandeinbindung)**
Datum des Auftrages:	**21.04.2009**
Bezeichnung des Auftraggebers:	**-**

Dieser Bericht besteht aus 9 Seiten

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Der Prüfbericht darf auszugsweise nur mit schriftlicher Genehmigung der IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH vervielfältigt werden.

Dipl.-Ing. D. Homann
(Leiter der Prüfstelle)

Dipl.-Ing. A. Redmann
(Projektleiter)

Abb. 85 - Bericht IKT - Dichtheitsprüfung zugfeste FRANK-Wandeinbindung

8. Verlegung

8.3 Grabenlose Verlegung

Allgemein

In Deutschland ist ein großer Teil der vorhandenen Kanäle undicht oder nicht mehr tragfähig. Häufig wird für die Sanierung das Reliningverfahren eingesetzt, bei dem ein neues Rohr in den defekten Kanal eingezogen wird. Extrudierte Vollwandrohre wie auch PKS®-Rohre mit angeformter Elektroschweißmuffe eignen sich hervorragend für Reliningmaßnahmen. Die Elektroschweißmuffe kann große Zugkräfte übertragen und durch die hohe Flexibilität sind sowohl bei Vollwandrohren als auch PKS®-Rohren Biegeradien bis 50 x DN möglich. Bei PKS®-Rohren mit Außenprofilen übernimmt das Profil eine Festpunktfunktion, indem sie sich im Dämmer verankert. Dadurch werden Längenausdehnungen aufgrund von Temperaturdifferenzen verhindert.

Kunststoffrohre können als statisch nichttragfähige Liner zur Auskleidung des alten Kanales oder als volltragfähige Kanalrohre hergestellt werden. Beim Verdämmen ist zu beachten, dass der Dämmer einen Beuldruck auf das Rohr ausübt. Die Rohre sind dementsprechend auszulegen. Eventuell ist es erforderlich, die Rohre beim Verdämmen mit Wasser zu füllen und mit einem Innendruck zu beaufschlagen. Das Aufschwimmen der Rohre während des Verdämmens ist zu berücksichtigen. Auf Wunsch werden prüffähige statische Berechnungen nach DWA-M 127-2 zur Verfügung gestellt. In der Praxis werden folgende Verfahren eingesetzt:

Rohrstrangrelining (Langrohrrelining)

Hierzu wird ein Rohrstrang geschweißt und in den defekten Kanal eingezogen bzw. eingeschoben. Rohrlängen bis zu 500 m und mehr können außerhalb der Haltung vorgefertigt werden. Bei Rohren ab DN 800 ist es zudem möglich, die Rohre in den Altkanal einzubringen und anschließend von innen zu schweißen.

Kurzrohrrelining

Hierbei erfolgt das Zusammenstecken und Schweißen der Rohre in einem Schacht. Nach jeder erfolgten Schweißung wird der Rohrstrang um die jeweilige Rohrlänge in den Altkanal eingezogen, so dass wieder genügend Platz für das nächste Rohr vorhanden ist. Für diese Anwendung stehen Rohrlängen von 1 m bis 6 m und PKS®-Rohre mit angeformter Elektroschweißmuffe zur Verfügung.

Einpflügeverfahren

Mit einem Pflug wird ein Verlegeschlitz in den Boden eingebracht. Durch Verdrängerelemente wird der Boden auseinandergedrückt, damit eine vorgefertigte Rohrleitung im gleichen Arbeitsgang eingebracht werden kann. Der Hohlraum kann mit Sand oder feinteiligem Schüttgut eingeschlämmt werden, wobei eine zusätzliche Verdichtung nicht stattfindet. Das obere Erdreich übt keinen Druck auf das Rohr aus, so dass ein stabiles Rohr im Erdreich gewährleistet ist.

Einfräsverfahren

Spezialgeräte fräsen einen schmalen Rohrgraben, in den im gleichen Arbeitsgang die vorgefertigte und flexible Rohrleitung eingebracht wird. Der entstehende Bodenaushub wird anschließend als Verfüllmaterial verwendet. Das Fräsverfahren ist ausschließlich in freiem Gelände einsetzbar.

Verlegung mit Erdraketen/Berstlining

Das Berstlining-Verfahren wird zur Erneuerung von Rohrleitungen in gleicher Trasse unter Einleitung von dynamischer oder statischer Energie eingesetzt. Durch einen konisch geformten Berstkörper wird das Altrohr zerstört und radial in das umgebende Erdreich verdrängt. Unmittelbar mit dem Berstprozess wird das Neurohr in gleicher oder größerer Dimension (bis DN 600) nachgezogen.

Spülbohrverfahren (horizontal)

Der Bohrkopf beim Spülbohren hat neben einer Schneideinrichtung auch Öffnungen, durch die eine Betonitmischung unter hohem Druck austritt. Die Steuerung des Bohrkopfes erfolgt durch den Druck der Betonitsuspension, einer programmierbaren Steuerfläche am Bohrkopf. Nach der Pilotbohrung wird im Zielschacht ein Aufweitkopf mit dem einzuziehenden Rohr befestigt und in die vorbereitete Bohrung eingezogen.

Abb. 86 - Kurzrohrrelining

Abb. 87 - Horizontales Spülbohrverfahren

Abb. 88 - Berstlining

8. Verlegung

8.3 Grabenlose Verlegung

Einsatz und Vorteile von Sureline®-Rohr in grabenloser Verlegung

Die Verhältnisse bei der grabenlosen Verlegung sind nicht mit denen im offenen Graben vergleichbar. Hierbei gewinnt die Widerstandsfähigkeit des Rohres besonders an Bedeutung. Beim Einziehen im Berstlining oder Horizontalspülbohrverfahren entstehen Riefen an der Rohroberfläche, die die gleichmäßige Spannungsverteilung in der Rohrwand stören. Punktlasten, z. B. verursacht durch Steine, führen zu Spannungskonzentrationen an der Rohrinnenseite, die bei herkömmlichen Werkstoffen zu einer Rissinitiierung führen können. Damit aus den hervorgerufenen Spannungskonzentrationen keine Risse in der Rohrwand entstehen, ist es besonders wichtig, einen Rohrwerkstoff (z. B. FRANK PE 100-RC) einzusetzen, der eine hohe Spannungsrissbeständigkeit aufweist. Aufgrund der hohen Elastizität der Sureline®-Rohre können Richtungsänderungen unter Ausnutzung der Flexibilität des Rohrleitungswerkstoffes realisiert werden. Dabei sind unten stehende Mindestbiegeradien zu berücksichtigen.

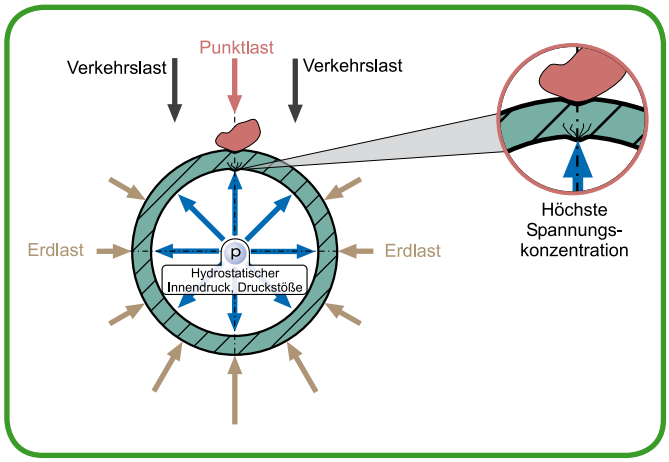


Abb. 89 - Auftretende Belastungen auf das Rohres im Graben

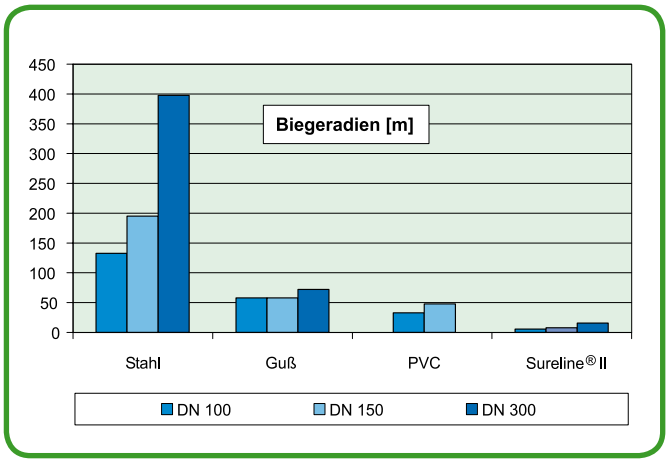


Abb. 90 - Realisierbare Biegeradien verschiedener Rohrsysteme

Bei der grabenlosen Verlegung (z. B. Horizontal-Spülbohrverfahren) dürfen bestimmte Zugkräfte (Angaben gem. DVGW-Arbeitsblatt-GW 320) nicht überschritten werden. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die maximal zulässigen Zugkräfte beim Einsatz von Sureline®-Rohren bei 20°C (40°C):

da_{Rohr}	max. zul. Zugkräfte [kN] für Sureline®			
[mm]	SDR 17 [kN]		SDR 11 [kN]	
110	21	(14)	31	(21)
125	27	(18)	40	(28)
140	34	(23)	50	(35)
160	44	(30)	66	(46)
180	56	(39)	84	(58)
200	70	(49)	103	(72)
225	89	(62)	131	(91)
250	109	(76)	162	(113)
280	137	(95)	203	(142)
315	174	(121)	257	(179)
355	221	(153)	326	(228)
400	280	(195)	414	(289)

Bei einer Einziehdauer von > 10h (bzw. > 20h) sind die Werte um 10 % (bzw. 25%) abzumindern.

Tab. 7 - Zulässige Zugkräfte für Sureline®-Rohr

Durch die Nutzung der Flexibilität der Sureline®-Rohre können sich erhebliche wirtschaftliche Vorteile durch die Einsparung von Formteilen im Vergleich zu Rohrleitungen aus traditionellen Werkstoffen ergeben. Unten stehendes Diagramm vermittelt einen Überblick der Mindestbiegeradien.

da_{Rohr}	Biegeradius r [m]		
d [mm]	bei +20°C	bei +10°C	bei 0°C
110	2,2	3,8	5,5
125	2,5	4,3	6,2
140	2,8	4,9	7,0
160	3,2	5,6	8,0
180	3,6	6,3	9,0
200	4,0	7,0	10,0
225	4,5	7,8	11,2
250	5,0	8,7	12,5
280	5,6	9,8	14,0
315	6,3	11,0	15,7
355	7,1	12,4	17,7
400	8,0	14,0	20,0

Biegeradien für Sureline®-Rohre

Tab. 8 - Zulässiger Biegeradius für Sureline®-Rohr

8. Verlegung

8.4 Dichtheitsprüfung für Freispiegelleitungen

Nach der DIN EN 1610 hat eine Dichtheitsprüfung der eingebauten Kunststoffrohre nach der Verfüllung und dem Entfernen des Verbaus zu erfolgen. Die Dichtheitsprüfung wird in der DWA-A 139 in Übereinstimmung mit der DIN EN 1610 beschrieben und kann mit Wasser (Verfahren W) oder mit Luft (Verfahren L) ausgeführt werden.

Eine Vorprüfung vor dem Einbringen der Verfüllung kann und sollte ebenso durchgeführt werden und sollte an den Verbindungsstellen erfolgen. Durch eine solche zeitnahe Prüfung der neu erstellter Kanalleitung werden eventuelle Verlegemängel frühzeitig erkannt und können umgehend beseitigt werden. Auf diese Weise können aufwendigen Folgearbeiten verhindert und Kosten gespart werden.

Dichtheitsprüfung mit Luft (Verfahren L)

Die Dichtheitsprüfung der Verbindungen kann mit Hilfe eines Muffendruckprüfgerätes erfolgen. Vor der Durchführung der Prüfung mit Luft ist die Dichtheit der Prüfeinrichtung nachzuweisen und zu protokollieren. Diese kann durch eine Probedruckprüfung an einem Rohrstück erfolgen.

Die Dichtheitsprüfung mittels pneumatischen Muffendruckprüfgerät wird abschnittsweise an jeder Verbindungsnaht durchgeführt.

Vor der Prüfung, muss eine ausreichende Abkühlzeit der geschweißten Verbindung eingehalten werden (empfohlen werden mindestens 3 Stunden).

Das Muffendruckprüfgerät wird an die zu prüfende, geschweißte Verbindung positioniert. Ein Anfangsdruck (Prüfdruck + ca. 10 %) ist auf die Leitung zu bringen und eine Beruhigungszeit von ca. 5 min ist abzuwarten. Anschließend kann die Verbindung geprüft werden (Prüfzeiten siehe Tabelle 10).

Bei anstehendem Grundwasser in der Prüfstrecke ist der höchste Stand zu berücksichtigen, indem man den Prüfdruck pro 10 cm Grundwasser über der Rohrsohle um 1 kPa erhöht.

Aus Gründen der Arbeitssicherheit ist bei den Dimensionen

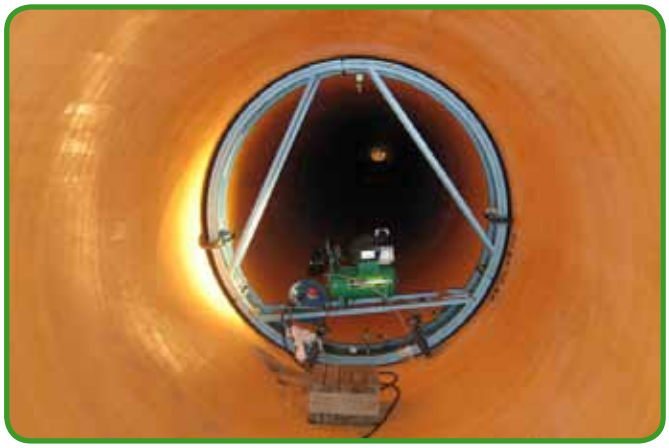


Abb. 91 - Muffendruckprüfgerät für Freispiegelleitungen

DN > 1000 der Prüfdruck ausschließlich nach dem Verfahren LE zu empfehlen.

Bei bestehenden Abweichungen von den zulässigen Prüfkriterien (max Δ p) kann eine Prüfung mit Wasser durchgeführt werden. Das Ergebnis dieser Prüfung ist dann maßgebend.

		p_0 [kPa]	max Δ p [kPa]	Prüfzeit [min]											
Rohrdurchmesser [DN]				100	150	200	250	300	400	500	600	700	800	900	1000
Luftüberdruck	LE	10	1,5	1,5	2,5	3,0	4,0	4,5	6,0	7,5	9,0	10,5	12,0	13,5	15,0
	LF	20	1,5	1,0	1,5	2,0	3,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
Unterdruck	LE_u	-10	1,1	1,5	2,5	3,0	4,0	4,5	6,0	7,5	9,0	10,5	12,0	13,5	15,0
	LF_u	-20	1,1	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0

Tab. 9 - Prüfbedingungen für Freispiegelleitungen nach DWA-A 139

Prüfzeiten für andere Nennweiten als in der Tabelle aufgeführt, werden mit folgender Gleichung berechnet:

Verfahren LE/LE_u:	t = 0,015 x DN	[min]
Verfahren LF/LF_u:	t = 0,01 x DN	[min]

Die Prüfzeit ist auf die halbe Minute zu runden.

Dichtheitsprüfung mit Wasser (Verfahren W)

Die Anforderungen dieser Dichtheitsprüfung werden hier nicht weiter dargestellt; sie sind der o. g. Norm zu entnehmen und mit dem jeweiligen Betreiber abzustimmen.

8. Verlegung

8.5 Dichtheitsprüfung für Druckrohre

Als Verfahren für die Dichtheitsprüfung von Druckrohrleitungen kommt heute in der Regel das Kontraktionsverfahren zum Einsatz.

Kontraktionsverfahren nach DVGW W 400-2

Diese Prüfung wird in eine Vor- und Hauptprüfung unterteilt.

Die Vorprüfung dient der Stabilisierung des zur Prüfung anstehenden Rohrleitungsabschnittes. Sie hat die Aufgabe die Vorausetztungen zu schaffen, dass eine normgerechte und nachvollziehbare innendruck-, zeit- und temperaturabhängige Volumenänderung durchgeführt werden kann.

Durchführung der Kontraktionsprüfung

Vorprüfung:

Nach Befüllung- und Entlüften der Rohrleitung wird der Prüfabschnitt 60 Minuten drucklos gehalten (Entspannungsphase).

Danach ist der Systemdruck STP möglichst innerhalb von 10 min aufzubauen (bei PE 100, SDR 17 entspricht der STP = 12,0 bar).

Der Systemdruck STP ist durch ständiges Nachpumpen über einen Zeitraum vom 30 Minuten zu halten.

Anschließend ist eine einstündige Ruhephase einzuhalten. Während dieser Zeit verformt sich die Druckrohrleitung viskoelastisch, dabei darf der Systemdruck STP maximal um 20% sinken. Bei größerem Druckabfall liegt eine Undichtigkeit vor oder die Rohrleitung war einer größeren Temperaturdifferenz ausgesetzt.

Hauptprüfung:

Eine rasche Druckabsenkung p_{ab} um den in Tab. 11 angegebenen Wert ist innerhalb von maximal 2 Minuten durchzuführen. Das Volumen V_{ab} des dabei abgelassenen Wassers ist zu messen (Druckabfallprüfung). Die theoretisch errechnete Volumenänderung ist mit der tatsächlich gemessen Volumenänderung ΔV_g zu vergleichen. Die Leitung ist ausreichend luftfrei, wenn das abgelassene Wasservolumen V_{ab} kleiner oder gleich der berechneten Wassermenge V_{zul} ist.

Im Anschluss ist eine 30 minütige Prüfzeit t_k einzuhalten. Die Leitung gilt als dicht, wenn die Drucklinie während der halbstündigen Prüfzeit (Kontraktion) eine steigende bis gleichbleibende Tendenz aufweist.

In Zweifelsfällen kann die Prüfzeit t_k bis 1,5 h verlängert werden. Dabei darf der Druckabfall nicht mehr als 0,25 bar betragen, gemessen vom höchsten erreichten Wert, der innerhalb der Prüfzeit auftrat.

Die Druckverhältnisse sind während des gesamten Prüfverlaufes lückenlos aufzuzeichnen.

Kontraktionsverfahren - Druckverlustmethode		
	Werkstoff	PE 100, D 355, SDR 17
	Prüfdruck [bar]	12,0
Vorprüfung	Prüfdauer [h]	2 Stunden und 40 Minuten
Vorprüfung	Druckabsenkung [bar]	innerhalb 2 min p_{ab} = 2,0 bar
Druckabfallprüfung	zu entnehmendes Wasservolumen ΔV_{zul} [ml/m]	innerhalb 2 min ΔV_{zul} = 192,81 ml/m
Druckabfallprüfung	Beurteilung der Luftfreiheit	gemessener V_{ab} (bei pab) ≤ V_{zul}
Hauptdruckprüfung	Prüfdauer	30 Minuten
Hauptdruckprüfung	Δp_{zul} [bar]	0,25 bar nach 90 Minuten
	Dichtheitskriterium: Im Verlauf der Prüfdauer zeigt die Drucklinie eine steigende bis gleichbleibende Tendenz!	

Tab. 10 - Kontraktionsverfahren nach der Druckverlustmethode beispielhafte Prüfbedingungen für ein Druckrohr PE 100, SDR 17 nach DVGW W 400-2

Druckabsenkung [bar]		
PE 100	SDR 17	2,0 [bar]
PE 100	SDR 11	3,2 [bar]

Tab. 11 - Druckabsenkung

$$V_{zul} = V_k \times L$$

$$V_{ab} \leq V_{zul}$$

STP	...	Systemprüfdruck	[bar]
p_{ab}	...	Druckabsenkung	[bar]
V_k	...	gerechnetes Wasservolumen	[ml/m
V_{ab}	...	Volumenabsenkung	[ml]
Vzul	...	zulässiges max. Wasservolumen	[ml]
Δp_{zul}	...	zulässiger Druckabfall	[bar]
V_g	...	gemessenes Wasservolumen	[m^3]
t_k	...	Prüfzeit	[h]
L	...	Länge der Leitung	[m]

9. Verbindungstechniken

9.1 Überblick Schweißverfahren

Heizwendelschweißen für Wickelrohre nach DIN 16961	Extrusionsschweißen	Heizwendelschweißen für extrudiertes Kanalrohr nach DIN 8074/8057	Heizelementstumpfschweißen für extrudiertes Kanalrohr nach DIN 8074/8075
Richtlinie DVS 2207-1	Richtlinie DVS 2207-4	Richtlinie DVS 2207-1	Richtlinie DVS 2207-1
■ Beim PKS®-Profilkanalrohrsystem kommt das Heizwendelschweißverfahren analog DVS 2207 in den Nennweiten DN 300 bis DN 2400 zum Einsatz. ■ Die Widerstandsdrähte sind in die Muffe der PKS-Rohre integriert ■ Dieses Schweißverfahren hat sich bei Rohren aus Polyethylen in der Abwasserentsorgung bewährt und zeichnet sich durch eine große Verfahrenssicherheit aus. ■ Die Heizwendelschweißung kann unter Baustellenbedingungen einfach hergestellt werden.	■ Außerhalb der Einsatzgrenzen vom Heizwendelschweißverfahren sowie bei der Herstellung von z. B. Schächten, Bögen oder anderen Bauteilen werden die Rohre mittels Extrusionsschweißverfahren gemäß DVS 2207-4 verbunden. ■ Durch dieses Verfahren können individuelle Konstruktionen gefertigt werden. ■ Dies geschieht z. B. durch kontinuierliches Schweißen mittels Handschweißextruder oder bei großen Dimensionen auch automatisch mittels Schweißautomaten.	■ Bei glatt extrudierten Kanalrohren und bei Sureline®-Rohren werden zusätzliche Heizwendelformteile zum Verbinden der Rohre in der Nennweite d 160 bis d 630 eingesetzt. Die Widerstandsdrähte sind dabei in die Heizwendelformteile integriert (z. B. Schweißmuffen). ■ Die Schweißmuffen aus Polyethylen werden heute im modularen Fertigungsverfahren hergestellt. Durch diese Fertigungstechnologie wird sichergestellt, dass der Heizwendeldraht komplett im Formteil eingebettet ist.	■ Extrudierte Kanalrohre und Formteile aus PE 100 können auch durch das Heizelementstumpfschweißverfahren analog DVS 2207-1 verbunden werden. ■ Die eingesetzten Maschinen und Geräte müssen den Anforderungen der DVS 2208, entsprechen. ■ Beim Heizelementstumpfschweißen werden vorbereitete Fügeflächen am Heizelement unter Druck angeglichen, anschließend mit reduziertem Anpressdruck erwärmt und nach Entfernen des Heizelements unter Druck zusammen gefügt.

Allgemeine Schweißrichtlinie

- Der Schweißbereich ist vor ungünstigen Witterungseinflüssen (z. B. Feuchtigkeit, Wind, starke Sonneneinstrahlung, Temperaturen < 5°C) zu schützen. Wenn durch geeignete Maßnahmen (z. B. Vorwärmen, Einzelten, Beheizen) sichergestellt wird, dass eine zum Schweißen ausreichende Rohrwandtemperatur eingehalten werden kann, darf, soweit der Schweißer nicht in der Handfertigkeit behindert wird, bei beliebigen Außentemperaturen geschweißt werden. Gegebenenfalls ist durch Anfertigung von Probenähten unter den gegebenen Bedingungen ein zusätzlicher Nachweis der Schweißeignung zu erbringen.
- Sollten Rohroberflächen infolge starker Sonneneinstrahlung ungleichmäßig erwärmt werden, ist durch rechtzeitiges Abdecken im Bereich der Schweißnaht ein Temperaturausgleich zu schaffen.
- Bei allen Verfahren sind die Verbindungen spannungsfrei auszuführen.
- Die Verbindungsflächen der zu schweißenden Teile müssen frei von Verunreinigungen sein. Die Reinigung der Verbindungsfläche muss unmittelbar vor dem Schweißvorgang mittels speziellen PE-Reiniger erfolgen. Der Reinigungsvorgang ist besonders wichtig und muss mit großer Sorgfalt ausgeführt werden. Verunreinigungen oder Feuchtigkeit stören den Schweißvorgang und verhindern eine exakte Schweißung der Verbindung. Werden die Schweißflächen nicht gründlich gereinigt, kann dies später zu Undichtigkeiten führen!
- Die zum Schweißen notwendigen Werkzeuge wie Spannbänder, Spann- bzw. Zugwerkzeuge usw. sind nur von geschulten Personen oder Fachpersonal zu verwenden.
- Die Richtlinien der DVS sind während der gesamten Schweißung zu beachten.

9. Verbindungstechniken

9.2 Heizwendelschweißen für Wickelrohre nach DIN 16961

Allgemein

Auf der Baustelle gilt es, die einzelnen Rohre sicher, gut und dauerhaft dicht, aber trotzdem einfach und kostengünstig zu verbinden. Dichte Kanalrohrsysteme können nur mit dichten Verbindungen erreicht werden. Die zur Wahl stehenden Schweißtechniken beim PKS®-Profilkanalrohrsystem erfüllen diese Anforderungen optimal.

Das Heizwendelschweißverfahren kommt seit vielen Jahren bei Abwasserleitungen aus Polyethylen zum Einsatz. Auch bei Polypropylen hat sich das Verfahren in der Praxis bewährt.

Beim Heizwendelschweißen werden die Rohre bzw. Formteile durch Widerstandsdrähte erwärmt und geschweißt. Die Widerstandsdrähte sind in der Muffe der PKS®-Rohre bzw. in den Heizwendelformteilen für glatt extrudierte Kanalrohre angeordnet.

Die Energiezufuhr erfolgt mit Hilfe eines Schweißtransformators. Die erforderlichen Schweißparameter werden üblicherweise mit Barcodeerkennung vorgegeben. Der Barcode ist am Formteil bzw. Rohr abzulesen.

Es können nur gleichartige Werkstoffe miteinander verschweißt werden.

In der Muffe werden durch die Erwärmung genau bemessene Schrumpfspannungen erzeugt, die sicherstellen, dass der zum Schweißen erforderliche Schweißdruck aufgebracht wird.

Das Verfahren zeichnet sich durch die verwendete „Sicherheitskleinspannung“, den hohen Automatisierungsgrad und die vergleichsweise kurzen Schweißzeiten aus. Dadurch sind schnelle Verlegezeiten möglich, wodurch Kosten gespart werden können.

Wer darf schweißen?

Für die Ausführung von Schweißarbeiten sind nur Personen heranzuziehen, die eine einschlägige Ausbildung und die Prüfung für das entsprechende Schweißverfahren nachweisen können.

Für das Heizwendelschweißen der PKS®-Rohre erfolgt nach Absprache eine Einweisung des Schweißpersonals durch die FRANK GmbH.

Ebenso ist Sorge dafür zu tragen, dass ausschließlich Maschinen zum Einsatz kommen, die den Anforderungen gemäß der jeweils gültigen DVS-Richtlinien entsprechen.

Die Schweißdaten eines Schweißvorganges sind auf Schweißprotokollen oder auf Datenträgern zu dokumentieren.

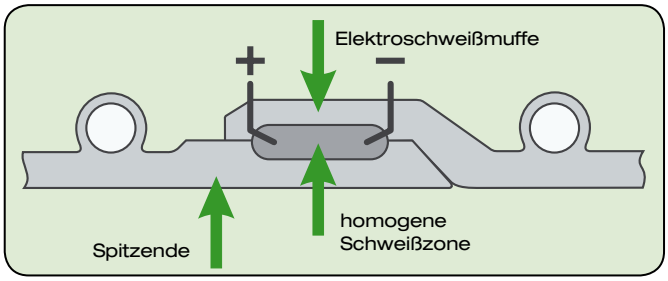


Abb. 92 - Schematische Darstellung einer E-Muffenschweißung

Vorteile der Heizwendelschweißung

- Automatische Schweißung mit Schweißautomat
- Homogene Schweißverbindung, kein Innenwulst
- Zugfeste und absolut dichte Schweißverbindung, dadurch keine Infiltration / Exfiltration
- Geringer zeitlicher Aufwand, dadurch kostengünstige Verbindung
- Einfache Herstellung der Schweißverbindung unter Baustellenbedingungen
- Von DN 150 bis DN 2400 einsetzbar

Verarbeitungszeiten für PKS-Kanalrohre

Dimension [mm]	Vorrichtzeit ~[min]	Schweißzeit (20°C) [min]	Abkühlzeit [min]
DN 300	10	12	40
DN 400	10	13	40
DN 500	10	15	40
DN 600	10	15	40
DN 700	10	19	40
DN 800	15	15	40
DN 900	15	15	40
DN 1000	15	17	40
DN 1100	15	18	40
DN 1200	15	20	40
DN 1300	15	20	40
DN 1400	15	20	40
DN 1500	15	20	40
DN 1600	15	20	40
DN 1800	15	20	40
DN 2000	15	20	40
DN 2300*	15	25	40
DN 2400*	15	25	40

*Vorwärmzeiten beachten!
Dichtheitsprüfung frühestens 3 h nach Schweißung

Tab. 12 - Verarbeitungszeiten

9. Verbindungstechniken

9.3 Heizwendelschweißen in Anlehnung an DVS 2207-1, Verfahrensbeschreibung für Profilkanalrohre nach DIN 16961

1. Allgemein

- Die PKS®-Rohre zum Heizwendelschweißen werden mit Spitzende und Muffe mit integrierter Heizwendel geliefert. Zum Schutz der Schweißenden beim Transport und auf der Baustelle werden die Rohrenden mit einer Schutzfolie versehen. Die Schutzfolie ist erst unmittelbar vor dem Reinigen bzw. Zusammenführen der E-Muffe mit dem Spitzende zu entfernen.
- Ab der Nennweite DN 800 ist das Spitzende mit einem speziellen Stützring von innen zu unterstützen, um den Fügedruck zu erhöhen. Es sind ausschließlich FRANK Stützringe, Spannbänder und Spannwerkzeuge einzusetzen. Bei Wandeinbindungen und Schachtmuffen sind grundsätzlich in allen Dimensionen Innenstützringe zu verwenden.
- Ab der Dimension DN 1400 werden 2 Heizwendel in die Muffe integriert, somit sind 2 Schweißgeräte erforderlich.
- Zwischen Vorwärmen (ab DN 2300) und Schweißen müssen 10 Minuten Pause eingehalten werden.
- Eine ausreichende Stromversorgung mit einer konstanten Mindestleistung von 15 kVA muss gewährleistet sein.
- Weiterhin gilt unsere Schweiß- und Verarbeitungsrichtlinie für PKS®-Rohre mit integrierter Elektroschweißmuffe.
- Beim erstmaligen Einsatz erfolgt neben der Einweisung in die ausführliche Schweißrichtlinie eine Schulung über die Besonderheiten bei der Verlegung von PKS®-Rohr.

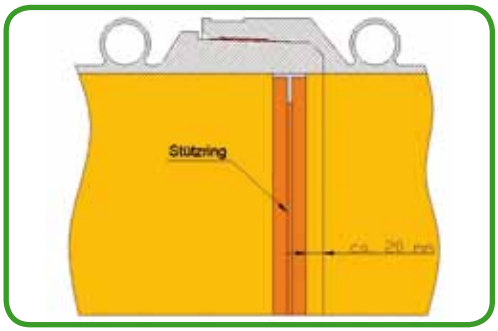


Abb. 97 - Positionierung des Schweißringes

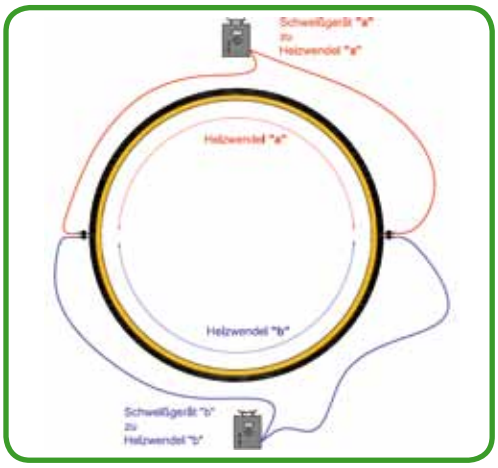


Abb. 98 - Anschluss geteilte Heizwendel (ab DN 1400)

2. Vorbereitungen

- Starke Verunreinigungen an den Enden sind mit einem Handfeger zu entfernen. E-Muffe und Spitzende sind auf eventuelle Transportschäden zu überprüfen.
- Die Rohre sind so zu positionieren, dass die Anschlusskontakte leicht zugänglich sind.
- Schutzfolie entfernen und E-Muffe/Spitzende mit einem PE-Reiniger und fusselfreiem, nicht eingefärbten Papier reinigen.
- Mit einem wasserfesten Stift ist die vorhandene/gemessene Muffentiefe am Spitzende an mind. 3 Stellen gleichmäßig verteilt zu markieren. Die Rohre müssen bis zur Markierung bzw. bis zum Anschlag zusammen gesteckt werden (auf gerades und gleichmäßiges Zusammenführen ist zu achten). Bei größeren Dimensionen oder schwierigen Einbaubedingungen, wo dies nicht ohne weiteres möglich ist, kann eine Zugvorrichtung (Zuggurte) verwendet werden. In jedem Fall ist darauf zu achten, dass zwischen E-Muffe und Spitzende keine Verunreinigung oder Feuchtigkeit vorhanden ist.

Abb. 99 - Reinigung der E-Muffe und des Spitzendes

Abb. 100 - Markierung der Einstecktiefe

9. Verbindungstechniken

9.3 Heizwendelschweißen in Anlehnung an DVS 2207-1, Verfahrensbeschreibung für Profilkanalrohre nach DIN 16961

3. Herstellung der Verbindung

- Nach dem Zusammenstecken der zu schweißenden Rohre wird der Innenstützring gespannt (ab DN 800). Dann wird das Spannband in die Nut der E-Muffe fixiert und mit dem Spannwerkzeug (mindestens 250 mm versetzt zu den Anschlussdrähten) gespannt, bis der Spalt zwischen E-Muffe und Spitzende umlaufend geschlossen ist.
- Die Anschlussdrähte der Heizwendelschweißmuffe werden über den PKS®-Adapter an das PKS®-Schweißgerät angeschlossen. Beim Anschließen des Schweißgerätes ist darauf zu achten, dass die Schweißkabel spannungsfrei auf die Anschlussdrähte wirken.
- Nach erfolgter Eingabe der Schweißdaten mittels Barcodelesestift oder Handeingabe kann der Schweißvorgang am Gerät gestartet werden. Hierbei steuert und überwacht das Schweißgerät über die gesamte Schweißzeit automatisch den Schweißprozess. Bei unzulässigen Abweichungen der Schweißparameter bricht das Schweißgerät den Schweißvorgang ab. Eine Fehlermeldung wird am Gerät angezeigt.
- **Nach Ablauf von 2/3 der Schweißzeit sowie am Ende muss das Spannband nachgezogen werden.**
- Das Rohr darf während der Abkühlzeit von mindestens 40 Minuten nicht bewegt werden, d. h. auch keine Verdichtungsarbeiten seitlich der Rohre.
- Nach Ablauf der Abkühlzeit können Spannband und Innenstützring entfernt werden. Die Schweißverbindung kann nun voll belastet werden.
- Zur lückenlosen Dokumentation ist die Schweißstelle mit Nahtnummer, Schweißer, Datum und Uhrzeit zu versehen.
- Zum Abschluss ist die Dichtheit nach DIN EN 1610 zu prüfen, ab DN 700 z. B. mit einem pneumatischen Muffendruckprüfgerät. Eine Vorprüfung auf Dichtheit (DIN EN 1610 Abschnitt 10) hat in jedem Fall vor dem Einbringen der Seitenverfüllung bzw. vor dem Einziehen in ein Hüllrohr zu erfolgen.

Abb. 101 - Rohre zusammenziehen

Abb. 102 - Anziehen der Spannbänder

Abb. 103 - PKS®- Schweißadapter
Abb. 104 - Anschluss Schweißkabel

Abb. 106 - Muffendruckprüfgerät

Abb. 105 - Schweißcode einlesen

9. Verbindungstechnik

9.4 Extrusionsschweißen gemäß DVS 2207-4, Verfahrensbeschreibung für Profilkanalrohre nach DIN 16961

1. Allgemein

- Extrusionsschweißverbindungen an PKS®-Rohren aller Rohrreihen werden nach DVS 2207-4 im kontinuierlichen Schweißverfahren als Spitzende-Muffen-Verbindung ausgeführt. Hierbei werden die Rohre bereits mit angeformter Muffe und Spitzende geliefert.
- Grundsätzlich sollte ab DN 800 eine Schweißung von innen und außen erfolgen. Bis DN 800 ist das Schweißen von außen unter normalen Betriebsbedingungen ausreichend.
- Beim Schweißen von innen ist am Spitzende gemäß DVS 2207-4 eine Schweißnahtvorbereitung in Form einer Schweißfuge vorzunehmen. Das Muffenende wird mit einer Fase geliefert. Beim Extrusionsschweißen von außen wird keine Nahtformvorbereitung benötigt.

FRANK Schweißroboter

- Neben den herkömmlichen Schweißverfahren mittels Handschweißextruder finden auch speziell entwickelte Schweißroboter ihren Einsatz. Die FRANK Schweißroboter ermöglichen eine zügige und kostengünstige Verlegung.

Abb. 107 - Handschweißextruder

Abb. 108 - FRANK Schweißroboter

2. Herstellung der Verbindung

- Nach dem Reinigen der Rohrenden und dem Zusammenstecken der Rohre sind die Fügeflächen der Schweißzone unmittelbar vor dem Schweißen spanend zu bearbeiten.
- Die Herstellung der kontinuierlichen Extrusionsschweißnaht nach DVS 2207-4 erfolgt durch einen Schweißextruder mit einem speziell auf die Nahtgeometrie abgestimmten Schweißschuh.
- Spitzende und Muffe können gegebenenfalls mittels Warmgasschweißen geheftet werden.
- Nach Beendigung der Schweißdurchführung ist die Schweißnaht mittels wasserfestem Stift zu kennzeichnen (Nahtnummer, Datum und Schweißer).
- Bei niedrigen Temperaturen ist der Schweißbereich nach der Schweißung außen abzudecken, um eine zu schnelle Abkühlung zu verhindern.
- Die eventuell unter den Schweißschuh-Auflageflächen hindurchgedrückten „Schwimmhäute“ sind kerbfrei zu entfernen.
- Nach gesamter Abkühlung der Schweißnaht ist eine Dichtheitsprüfung z. B. mit einem Muffenprüfgerät durchzuführen.

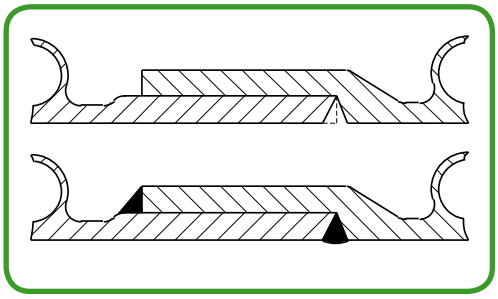


Abb. 109 - Darstellung der Verbindungsnähte

Abb. 110 - Extrusionsnaht/Kehlnaht

9. Verbindungstechniken

9.5 Heizwendelschweißen gemäß DVS 2207-1, Verfahrensbeschreibung für extrudiertes Rohr nach DIN 8074/8075

1. Allgemein

- Beim Heizwendelschweißen für extrudiertes Rohr werden wie beim PKS-Kanalrohrsystem die Formteile und Rohre mit Hilfe von Widerstandsdrähte erwärmt und geschweißt.
- Es können nur gleichartige Werkstoffe miteinander geschweißt werden. Die Richtlinien der DVS sind während der gesamten Schweißung zu beachten.
- Zum Schweißen dürfen nur für das System abgestimmte Schweißgeräte (z. B. FRANK polycontrol plus) eingesetzt werden.
- Der Arbeitsbereich ist vor direkter Sonneneinstrahlung und Feuchtigkeit zu schützen. Falls notwendig, Schweißzelt (Schirm) aufstellen.

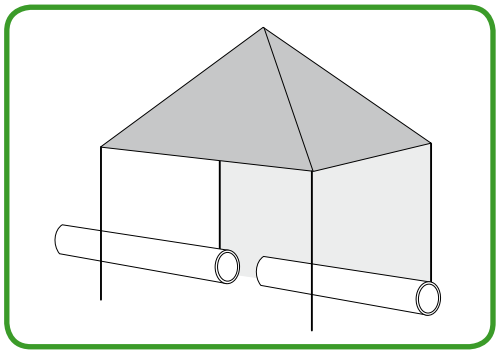


Abb. 111 - Schweißzelt

2. Vorbereitungen

- Schweißgerät aufstellen, Kontrolle der Schweißeinrichtung. Rohre mit einem geeigneten Schneidwerkzeug rechtwinklig abtrennen und außen entgraten. Bei stark ausgeprägten Rohrendeneinfall Rohre kürzen.
- Einsteckläng markieren. (Einsteckläng = halbe Muffenlänge). Rohre im Bereich der Einsteckläng mit trockenem Lappen vorreinigen. Oxidschicht der Rohre im Bereich der Einsteckläng muss mit einer Ziehklinge oder einen Rotationsschälgerät, am vollen Umfang spanabhebend bearbeitet werden. Rotationsschälgeräte sind vorzuziehen. Spandicke ca. 0,2 mm. Späne ohne Berührung der bearbeiteten Rohroberfläche entfernen. Stutzenformteile sind gleichermaßen zu bearbeiten bzw. vorzubereiten.

  Hinweis:
  Beim Aufschieben auf Leichtgängigkeit achten. Gewaltsames Aufbringen, z. B. mit dem Hammer, ist unzulässig. Lässt eine Ovalität der Rohrenden kein leichtgängiges Aufschieben zu, sind Rundungsklemmen zu verwenden. Ovalitäten/Erhöhungen am Rohr dürfen nicht durch Abarbeiten mit der Ziehklinge ausgeglichen werden.

- Elektroschweißmuffe unmittelbar vor der Schweißung aus der Verpackung nehmen. Muffeninnenseite und vorbereitete Rohroberfläche nicht mit den Fingern berühren oder verschmutzen.
- Kann eine Verschmutzung nicht ausgeschlossen werden, sind die Schweißflächen mit zugelassenen PE/PP-Reiniger[1)] und einem sauberen, nicht eingefärbten, nicht fasernden Papier zu reinigen.
- Elektroschweißmuffe bis zum Mittenanschlag bzw. zur markierten Einstecktiefe auf das Rohrende aufschieben. Das andere Rohrende ebenfalls bis zum Mittenanschlag/Einstecktiefe einschieben.
- Einstecktiefe kontrollieren.

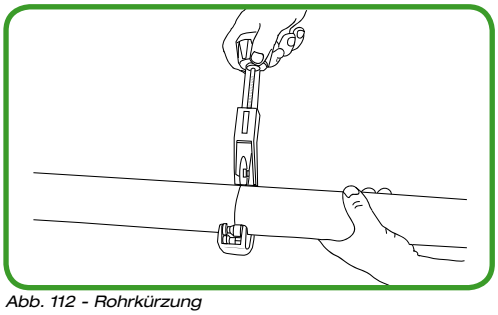


Abb. 112 - Rohrkürzung

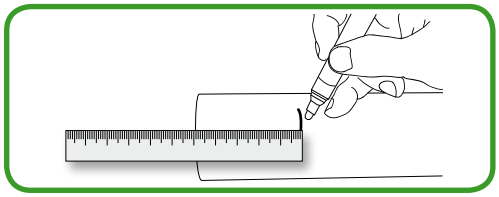


Abb. 113 - Markierung setzen

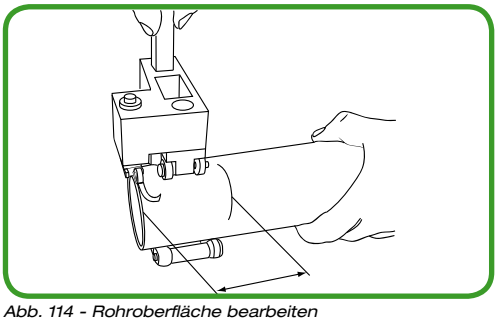


Abb. 114 - Rohroberfläche bearbeiten

Hinweis:
Ohne eine spanabhebende Bearbeitung im Schweißbereich ist eine einwandfreie Schweißung nicht möglich!

9. Verbindungstechniken

9.5 Heizwendelschweißen gemäß DVS 2207-1
Verfahrensbeschreibung für extrudiertes Rohr nach DIN 8074/8075

3. Herstellung der Verbindung

- Die zu schweißende Verbindung mit Halteklemmen sichern. Dabei darauf achten das die Steckanschlüsse nach oben ausgerichtet sind und ein spannungsfreier Einbau gewährleistet wird.
- Schweißkabel mit den entsprechenden Anschlussstecker aufstecken. Schweißkabel gewichtsentlastend ausrichten. Die Bedienungsanleitung des verwendeten Schweißgerätes beachten!
- Kontakt wird am Schweißgerät angezeigt. Schweißparameter über Lesestift oder Scanner einlesen. Displayanzeige kontrollieren (Hersteller, Durchmesser usw.). Korrekte Werte mit Starttaste bestätigen.

  Hinweis:
  Bei den FRANK-Heizwendelschweißgeräten erfolgt eine zweite Abfrage, ob die Rohre bearbeitet und ausgerichtet sind. Dies ist bei korrekter Vorbereitung mit der grünen Taste zu bestätigen!

- Schweißvorgang am Gerät starten. Displayanzeige, z. B. Soll-und Istzeit kontrollieren.
- Während der gesamten Schweiß-und Abkühlzeit muss die Halteklemme/Spanngurt montiert bleiben.
- Nach Ablauf der benötigten Schweißzeit ertönt ein Signalton.
- Die Halteklemme/Spanngurt darf erst nach Ablauf der gesamten Abkühlzeit entfernt werden. Abkühlzeiten sind unbedingt einzuhalten!
- Bei Unterbrechung der Schweißzeit (z. B. durch Stromausfall) ist bei glatt extrudierte Rohren ein Nachschweißen der Muffe nicht zulässig!
- Darüber hinaus werden sämtliche Parameter der Schweißung im Schweißautomat (z. B. FRANK polycontrol plus) gespeichert. Diese Daten können als Schweißprotokoll ausgedruckt werden. Erfolgt keine automatische Protokollierung, ist ein handgeschriebenes Protokoll zu erstellen.
- Der Schweißprozess kann über die Indikatoren kontrolliert werden.

  Option:
  Unsere Elektroschweißmuffen sind werkseitig mit einem Rückverfolgbarkeitscode (gelb) ausgestattet. Sofern die Geräte es ermöglichen, kann dieser Code ausgelesen werden, um eine Dokumentation der Bauteildaten zu ermöglichen.
- Bis zur Durchführung der Druckprüfung müssen alle Schweißverbindungen vollständig abgekühlt sein (in der Regel ca. 1 Stunde nach der letzten Schweißung). Die Druckprüfung ist gemäß den einschlägigen Normvorschriften (z. B. DVS 2210-1, EN 805, siehe Seite T-59) durchzuführen.
- Empfohlene Geräte und Werkzeuge zur Verarbeitung entnehmen Sie bitte unserer aktuellen Preisliste.

Kontrolle:
Sollte eine Markierung vom Muffenende entfernt sein, befindet sich das Rohrende nicht mittig bzw. bis zum Anschlag in der Muffe. Die Rohre sind neu ausrichten und zu fixieren, Markierungen müssen direkt am Muffenende sichtbar sein!

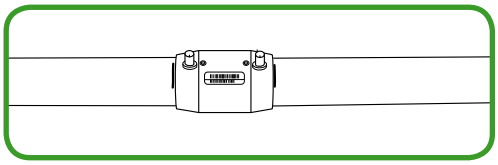


Abb. 115 - Einstecktiefe kontrollieren

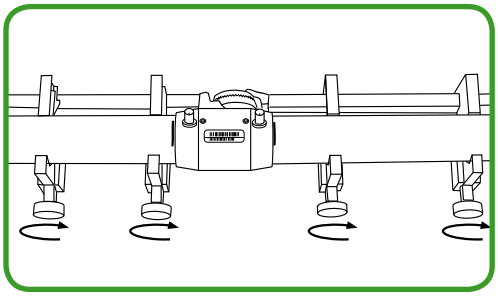


Abb. 116 - Rohre ausrichten

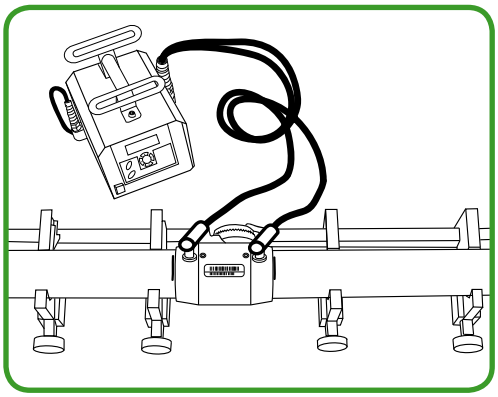


Abb. 117 - Schweißgerät anschließen

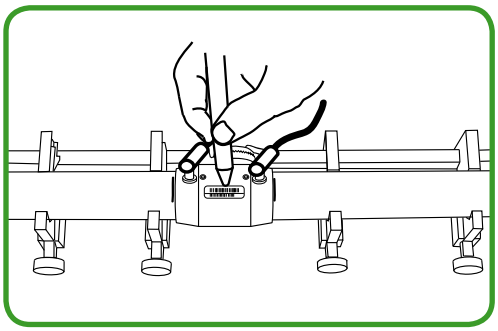


Abb. 118 - Schweißcode einlesen

9. Verbindungstechnik

9.6 Heizelementstumpfschweißen gemäß DVS 2207-1, Verfahrensbeschreibung für extrudiertes Rohr nach DIN 8074/8075

1. Allgemein

- Heizelementstumpfschweißungen müssen mit einer Schweißvorrichtung durchgeführt werden. Die Verbindungsflächen der zu schweißenden Teile (Rohr oder Formteil) werden am Heizelement unter Druck angeglichen. Anschließend werden die zu verbindenden Teile unter reduziertem Druck erwärmt und nach dem Entfernen des Heizelementes unter Druck zusammengefügt.
- Die einzusetzenden Maschinen und Geräte müssen der DVS 2208-1 entsprechen. Die jeweils gültigen Schweißrichtlinien der DVS sind zu beachten (z. B. DVS 2207-1).
- Die Verbindungsflächen der zu schweißenden Teile müssen frei von Verunreinigungen (Schmutz, Fett usw.) sein und dürfen keine Beschädigung aufweisen.

Abb. 119 - Heizelementstumpfschweißmaschine

2. Vorbereitungen

- Das Schweißgerät aufstellen, Zubehör vorbereiten und die Schweißeinrichtung kontrollieren.
- Falls durch ungünstige Witterungsverhältnisse der Schweißplatz geschützt werden muss, ist ein Schweißzelt (Schirm) aufzustellen.
- Um eine Abkühlung durch starken Luftzug im Rohr zu vermeiden, sind die in der Schweißstelle entgegengesetzten Rohrenden zu verschließen.
- Vor dem Schweißen ist die Heizelementtemperatur zu überprüfen, die notwendigen Schweißparameter sind zu ermitteln und am Gerät einzustellen (frühestens 10 Minuten vor dem Erreichen der Schweißtemperatur mit dem Schweißen beginnen).
- Um Verschmutzungen oder Beschädigungen am Heizelement zu vermeiden, ist dies vor und nach dem Schweißen in einer Schutzhülle aufzubewahren.
- Das Heizelement ist auch vor jedem Schweißvorgang mit einem saubern, nicht faserndem Papier zu reinigen.
- Die Schweißflächen der Rohre gründlich mit einem PE-Reiniger und einem nicht faserndem, nicht eingefärbten Papiertuch säubern. Es dürfen keine Rückstände von Verschmutzungen an den Schweißflächen vorhanden sein!
- Rohre und Formteile sind vor dem Einspannen in die Schweißmaschine axial so auszurichten, dass die Flächen planparallel zueinander stehen.
- Die Längsbeweglichkeit der zu schweißenden Teile ist durch geeignete Maßnahmen (z. B. Rollenblöcke) sicherzustellen.

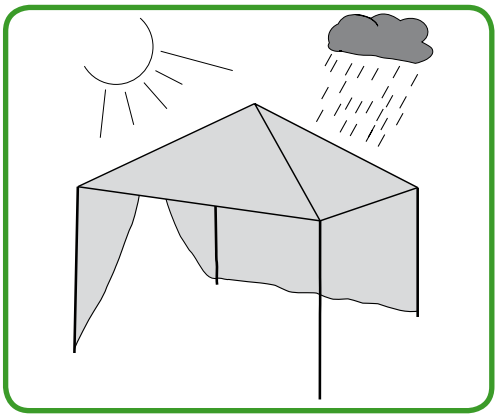


Abb. 120 - Schutz vor Witterung - Schweißzelt

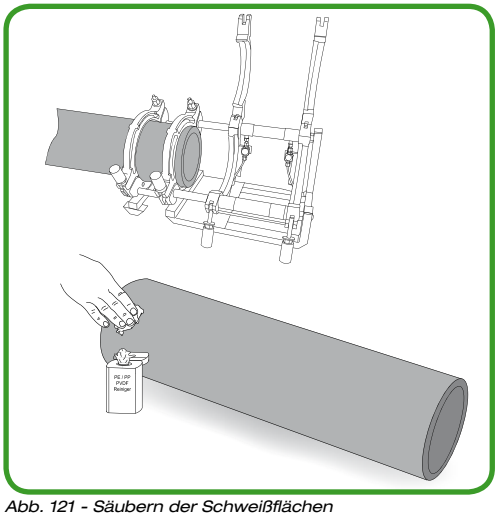


Abb. 121 - Säubern der Schweißflächen

9. Verbindungstechnik

9.6 Heizelementstumpfschweißen gemäß DVS 2207-1, Verfahrensbeschreibung für extrudiertes Rohr nach DIN 8074/8075

3. Herstellung der Verbindung

- Die Rohrenden sind beidseitig planzuhobeln und die Späne aus dem Schweißnahtbereich zu entfernen (mittels Pinsel, Papier usw.). Die Planparallelität der Schweißflächen ist durch Zusammenfahren der zu verbindenden Teile zu überprüfen.
- Gleichzeitig ist der vorhandene Rohrversatz zu prüfen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Nennwanddicken im Fügebereich übereinstimmen.
- Ermitteln und Einstellen der notwendigen Schweißparameter. Dabei ist an der Schweißstelle der Bewegungsdruck zu messen und mit dem Angleich- bzw. Fügedruck zu addieren. Der Werkstückbewegungsdruck wird während des langsamen Verschiebens der zu schweißenden Teile gemessen, wobei dieser größer als der Fügedruck sein darf.
- Die Ausführung des Schweißvorganges erfolgt durch das Aufbringen des notwendigen Angleichdruckes. Der Angleichdruck ist bis zum vollständigen Anliegen der Verbindungsflächen am Heizelement aufrecht zu halten. Der Vorgang ist abgeschlossen, wenn am gesamten Umfang der zu schweißenden Teile ein definierter Wulst vorhanden ist.
- Einstellungsdruck auf $p \leq 0{,}01$ N/mm² reduzieren und Anwärmzeit entsprechend der Richtwerttabelle abwarten. Anschließend den Schlitten auffahren, um das Heizelement zu entfernen, und die zu schweißenden Flächen zusammenfügen (dabei muss die Umstellzeit so klein wie möglich gehalten werden!).
- Der Fügedruck ist kontinuierlich auf den erforderlichen Wert zu steigern. Der Fügedruck ist bis zum Abkühlen der Schweißnaht aufrecht zu erhalten (schroffes Abkühlen mittels Kühlmittel ist unzulässig). Nach Ablauf der erforderlichen Abkühlzeit Verbindung ausspannen.

  <u>Kontrolle und Nacharbeit der Schweißnaht</u>
  Nach dem Fügen muss am ganzen Umfang ein Wulst vorhanden sein. Dieser sollte nach folgenden Gesichtspunkten bewertet werden:

  - *annähernd gleiche Wülste*
  - *glatte Wulstoberfläche*

  Mögliche unterschiedliche Wulstausbildungen können durch verschiedenartiges Fließverhalten der verbundenen Materialien begründet werden. Muss der Schweißwulst aus besonderen Gründen entfernt werden, so ist dieser kerbenfrei abzuarbeiten.

- Nach Beendigung und Abkühlung der Schweißung kann eine Druckprobe der Schweißnaht erfolgen (in der Regel ca. 1 h nach der letzten Schweißung). Die Druckprobe ist gemäß der einschlägigen Normvorschriften (z. B. DVS 2210-1, Beiblatt 2 oder DIN EN 805, Seite T-59) durchzuführen.

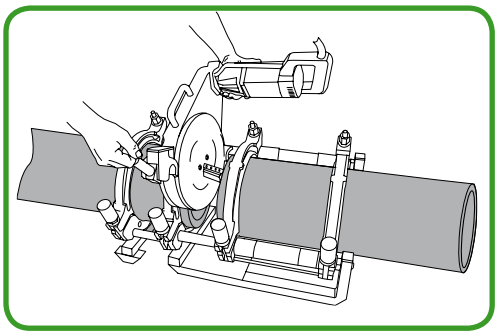


Abb. 122 - Rohrenden planhobeln

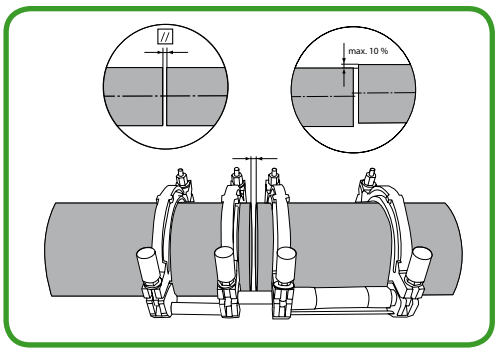


Abb. 123 - Rohrenden auf Versatz prüfen

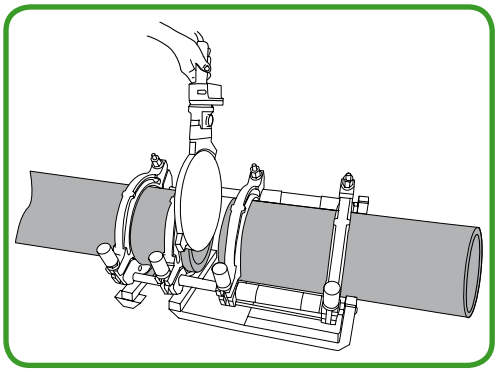


Abb. 124 - Heizelement einbringen

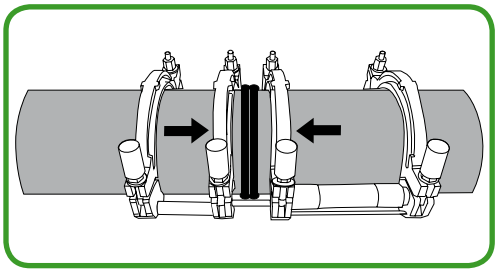


Abb. 125 - Rohrenden zusammenfügen

9. Verbindungstechniken

9.7 Nachträgliche Hausanschlüsse

1. Allgemein

- Für die nachträgliche Anbindung von Hausanschlussleitungen ist es erforderlich, einen Abgang im PKS®-Rohr einzubringen.
- Der Abwassersattel kann für den Rohrbereich DN 300 bis DN 3500 eingeschweißt werden. Der glatte 90° PE-Abgangsstutzen DN 150 (da 160 x 9,1 mm) bietet sämtliche Anschlussmöglichkeiten, wie z. B. mit FRANK Heizwendelformteilen für den Übergang auf PE-Rohre oder mit den handelsüblich Kunststoff-Formteilen für den Übergang auf PVC/KG.
- Dieser PE-Abgangsstutzen kann von außen eingebaut werden. Der Hausanschluss wird mit Hilfe eines speziellen Spannwerkzeuges in die mit einer Lochsäge vorbereitete Abgangsöffnung gesteckt, rechtwinklig zur Achse des Profilkanalrohres ausgerichtet und verspannt. Das Verschweißen des PE-Stutzens mit der Innenfläche des Profilrohres erfolgt über das Heizwendelverfahren mit FRANK Schweißgerät über Steckkontakte am Aufspannwerkzeug. Außer dem homogenen Schweißen wird mit Hilfe der spiralförmigen Heizwendel mit integrierter „PE-Seele„ eine zusätzliche mechanische Verzahnung erreicht, die die Zugfestigkeit der Schweißverbindung erhöht.
- Der für die Neuverlegung und Sanierung in offener Bauweise konzipierte Abwassersattel zeichnet sich dadurch aus, dass er durch seine kompakte und anschlussfertige Bauweise unter Baustellenbedingungen eingeschweißt werden kann.
- Die Einbauanleitung des Herstellers ist zu beachten!

Abb. 126 - PKS® - Abwassersattel DN 150

Vorteile von PE-Abgangsstutzen

- Kompakte Bauweise, geringer Platzbedarf - anschlussfertig für den handelsüblichen Übergang auf PVC/KG
- Einfache und schnelle Montage von außen mit Aufspannwerkzeug möglich
- Schweißspannungszuführung über von außen zugängliche Steckkontakte
- Erhöhte Sicherheit durch zusätzliche mechanische Verzahnung
- Einsetzbar von DN 300 bis DN 3500

2. Herstellung der Verbindung

- Position der Öffnung am Rohr festlegen und von außen mit einer Lochsäge die Öffnung rechtwinklig zur Rohrachse herstellen.
- Die Öffnung entgraten und die Oxidhaut der Schweißflächen mit einem Handschaber entfernen.
- Die geschabten Schweißflächen mit PE-Reiniger und einem nicht fasernden, nicht eingefärbten Papier säubern. Die Schweißflächen müssen absolut sauber und trocken sein!
- Den Abwassersattel von oben auf die Spannvorrichtung schieben, arretieren und festspannen. Die Spannvorrichtung zur Rohröffnung schieben und von außen die Gewindestange in die Spannvorrichtung einhaken. Den Sattel mit Spannvorrichtung nach außen ziehen, so dass der Kragen des Sattels an der Innenwandung des PKS-Rohres anliegt.
- Sattel ausrichten und mit Hilfe der Flügelschrauben spannen.
- Schweißadapter mit 4,0 mm auf die Kontakte am Sattel stecken und Schweißgerät anschließen. Schweißcode einlesen und den Schweißvorgang starten. Abkühlzeit gemäß Hersteller beachten.

Abb. 127 - Einspannen/Schweißen

9. Verbindungstechniken

9.8 Gesteckte Verbindungen - TSC-Pipe

1. Allgemein

- TSC-Pipe wird als gestecktes Rohrsystem vertrieben. Die profilierten Wickelrohre und die dazugehörigen Bauteile besitzen, wie beim PKS-Kanalrohrsystem, ein Spitzende und eine Muffe.
- Die Muffe wird bei TSC-Pipe ohne Heizwendel ausgebildet. Das Spitzende besitzt 2 Nuten, in denen je ein Dichtring aus EPDM eingebracht wird. Diese integrierte verschiebesichere Doppel-Lippendichtung verhindert die Infiltration von Fremdwasser bzw. die Exfiltration des abzuleitenden Regenwassers.
- Um Beschädigungen und Verschmutzungen an den Dichtringen zu vermeiden, werden diese bei Auslieferung dem Rohr lose beigelegt.
- Der Einbau der Kanalrohre (Kapitel 8.2) ist gemäß den aktuellen Normen und Vorschriften durchzuführen. Des Weiteren gilt die allgemeine Verlegerichtlinie (Kapitel 8.1).
- Auf der Baustelle sind Rohre und Bauteile so zu lagern, dass keine Beschädigungen an Muffe und Spitzende entstehen können.

Abb. 128 - Reinigung des Spitzendes

Abb. 129 - Markierung der Einstecktiefe

2. Herstellung der Verbindung

- Die Rohre sind so zu positionieren, dass die Rohrenden gut zugänglich sind. Muffe und Spitzende auf eventuelle Transportschäden prüfen und anschließend reinigen.
- Mit einem wasserfesten Stift ist die Einstecktiefe (mind. 125 mm) am Spitzende an mehreren Stellen, um das Rohr verteilt, anzuzeichnen.
- Die Dichtringe auf das gereinigte Spitzende in die entsprechend dafür vorgesehene Nut aufziehen.
- Nach dem Aufziehen der Dichtringe ist die Muffe mit dem mitgelieferten Schmier-/Gleitmittel gründlich einzustreichen. Die Spitzenden werden nicht mit dem Schmiermittel behandelt.
- Anschließend sind die Rohre bis zur angezeichneten Tiefe ineinander zu stecken. Es ist darauf zu achten, dass ein Verkanten der Rohre in axialer und vertikaler Richtung vermieden wird.
- Die Dichtheit der Rohrverbindung ist nach DIN EN 1610 zu prüfen (z. B. mit einem pneumatischen Muffendruckprüfgerät). Eine Vorprüfung hat auch hier in jedem Fall vor dem Einbringen der Seitenverfüllung bzw. vor dem Einziehen in ein Hüllrohr zu erfolgen.

Abb. 130 - Reinigung der Muffe

Abb. 131 - Auftragen des Gleitmittels

9. Verbindungstechniken

9.9 Lösbare Verbindungen - Flanschverbindungen

1. Allgemein

- Flanschverbindungen finden immer dann Verwendung, wenn dichte, aber lösbare Verbindungen in einem Rohrstrang benötigt werden. Bohrung erfolgt nach DIN EN 1092-1 PN 10.
- Damit das Gewinde auch bei längerer Betriebszeit leichtgängig bleibt, empfiehlt es sich, das Gewinde z. B. mit Molybdänsulfid zu bestreichen.
- Bei der Auswahl des Dichtungsmaterials sollte insbesondere auf die chemische und thermische Eignung geachtet werden.

Abb. 132 - Vorschweißbund aus PE

Abb. 133 - Losflansch aus PE

Abb. 134 - Geflanschte Verbindung im Klärwerk

2. Herstellung der Verbindung

Teile ausrichten

- Vor dem Aufbringen der Schraubenvorspannung müssen die Dichtflächen planparallel zueinander ausgerichtet sein und eng an der Dichtung anliegen. Das Beiziehen der Flanschverbindung mit der dadurch entstehenden Zugspannung ist unter allen Umständen zu vermeiden.

Anziehen der Schrauben

- Die Länge der Schrauben ist so zu wählen, dass das Schraubengewinde möglichst mit der Mutter abschließt. Am Schraubenkopf und auch bei der Mutter sind Scheiben unterzulegen.
- Die Verbindungsschrauben müssen diagonal gleichmäßig mittels Drehmomentenschlüssel angezogen werden. Bei Flanschverbindungen, die im Anlagenbau eingesetzt werden und einer wechselseitigen Belastung ausgesetzt sind, ist darauf zu achten, dass die Verbindungsstellen im Rahmen der vorgeschriebenen Wartung zu kontrollieren und gegebenenfalls nachzuziehen sind.

Abb. 135 - geflanschter Übergang zum PKS®-Rohr

10. Schächte und Sonderbauwerke

10.1 PKS®-Schächte

Bei Abwassersystemen wird eine Vielzahl von Schächten und Sonderbauwerken zur Inspektion, Regelung und Zusammenführung benötigt. Beim Profilkanalrohrsystem stehen daher Schächte und Sonderbauwerke mit unterschiedlichen Funktionen aus Polyethylen und Polypropylen zur Verfügung. Durch den Einsatz dieser Werkstoffe bietet sich die Möglichkeit der durchgehenden Schweißbarkeit des Kanalsystems vom Anfang bis zum Ende. Unterschiedliche Materialeigenschaften wie Reaktion auf Setzungen müssen nur einmal berücksichtigt werden.

Üblicherweise bestehen PKS®-Schächte aus einem Unterteil aus Polyethylen oder Polypropylen sowie einem Oberteil aus Betonschachtringen nach DIN 4034. Die Schachtringe tragen hierbei die Verkehrslasten direkt in die Schachtwand ab. Das mit Abwasser und Grundwasser in Kontakt kommende Unterteil wird aus korrosionsbeständigem Polyethylen oder Polypropylen ausgeführt. Je nach Belastung kann der Schacht auch komplett in PE 100 oder PP-R ausgeführt werden.

Die Schächte werden mit einer Einstiegsöffnung und Sicherheitssteigeisen oder Steigleitern versehen. PKS®-Schächte sehen als Stutzen eine Schweißmuffe sowie ein Spitzende zur Verbindung mit den PKS®-Rohren vor. Schächte mit einem Durchgang aus extrudiertem Kanalrohr und Stutzen mit glatten Enden sind ebenso herstellbar wie entsprechende Sonderlösungen (z. B. angepasste Stutzenenden für den Übergang auf bestehendes Altrohr).

PKS®-Schächte zeichnen sich wie PKS®-Rohre durch die helle, inspektionsfreundliche Innenoberfläche, geringes Gewicht und eine sehr geringe Rauhigkeit aus.

Vorteile der PKS®-Schächte

- Helle, inspektionsfreundliche Innenfarbe
- Geringes Gewicht
- Schächte bis DN 3500
- Innen und außen glattwandig
- Kurze Einbauzeiten möglich
- Werkseitig vorkonfektioniert
- Sehr gute chemische Beständigkeit
- Geringere Druckverluste durch den geringen Reibungswiderstand

Statik

Bei Schächten mit großen Verkehrslasten wird der Schacht mit einer Lastverteilerplatte aus Stahlbeton ausgeführt. Die Lastverteilerplatte überträgt die Verkehrslasten in den Baugrund, so dass keine axialen Kräfte mehr auf den Schacht wirken.

PKS®-Schächte und Sonderbauwerke werden durch unsere anwendungstechnische Abteilung statisch ausgelegt. Die Ausführung des Schachtes wird den entsprechenden Erfordernissen angepasst. Einen Fragebogen zur Auslegung und ein Schachtdatenblatt für die Konstruktion finden Sie auf den Seiten 46, 47 und 50.

Abb. 136 - PKS® Kontrollschacht, Durchgang gerade

Abb. 137 - PKS® Kontrollschacht, Durchgang abgewinkelt

10. Schächte und Sonderbauwerke

10.2 PKS®-Standardschacht - Kontrollschacht

PKS®-Standardschächte werden in den zwei Ausführungsvarianten Kontrollschacht und Tangentialschacht gefertigt.

PKS®-Kontrollschacht

Für Abwasserkanäle DN 300 bis DN 700 wird der Kontrollschacht eingesetzt. Hier liegt der volle Querschnitt des Kanalrohres innerhalb des Schachtmantels. Der Kontrollschacht beträgt hierbei:

DN 1000 bei PKS®-Rohren DN 300 bis DN 500
DN 1200 bei PKS®-Rohren DN 600
DN 1500 bei PKS®-Rohren DN 700

Das Gerinne des Kontrollschachtes wird mit hochgezogener und zur Rohrsohle geneigter Berme gefertigt. Dieses kann gerade oder in den entsprechend geforderten Abwinkelung ausgeführt werden.

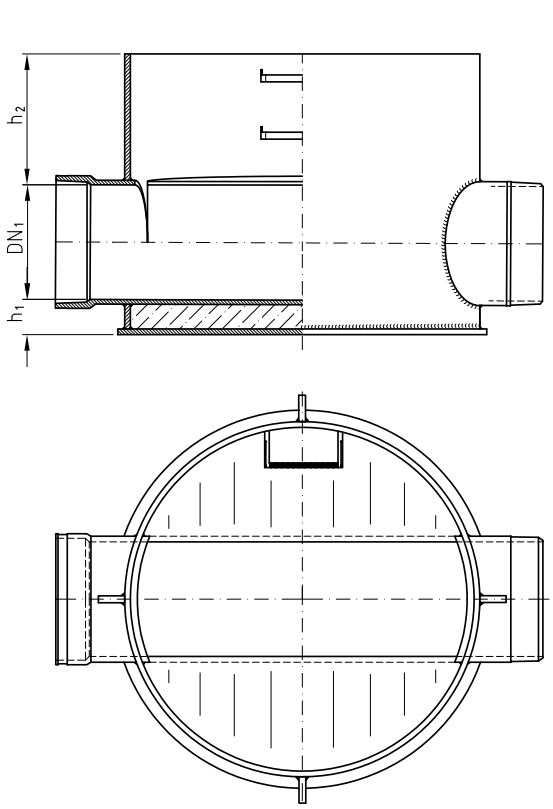
Das Schachtoberteil wird aus Betonschachtringen hergestellt. Hierdurch ist eine individuelle Anpassung an das spätere Geländeniveau möglich.

Die Höhe des Schachtunterteils aus PE 100 bzw. PP ist variabel. Generell sollte der Übergang vom PKS®-Schacht zu den Betonschachtringen über dem höchsten Grundwasserstand liegen!

Sonderanfertigungen bzw. Abweichungungen von den Standardgrößen können nach Absprache mit unserer anwendungstechnischen Abteilung gefertigt werden.

Abb. 138 - PKS® Kontrollschacht, Durchgang gerade

Hinweis:
Betonkonus, Ausgleichsringe oder Stahlbetonabdeckplatten werden von der FRANK GmbH nicht hergestellt bzw. standardmäßig mit ausgeliefert.



DN_1 [mm]	DN_2 [mm]	h [mm]	l [mm]	h_1 [mm]	h_2 [mm]
300	**1000**	1000	1600	170	530
400	**1000**	1000	1600	170	430
500	**1000**	1000	1600	170	330
600	**1200**	1200	1800	170	430
700	**1500**	1300	2000	170	430

Tab.: 13 - Standardschacht - Kontrollschacht

Abb. 139 - Systemzeichnung Kontrollschacht

10. Schächte und Sonderbauwerke

10.3 PKS®-Standardschacht - Tangentialschacht

PKS®-Tangentialschacht

Bei größeren PKS®-Abwasserkanälen ab DN 600 bis DN 3500 kommt der Tangentialschacht zum Einsatz. Beim Tangentialschacht sitzt der Schachtdom außerhalb der Mittelachse des Kanalrohres. Hierdurch ist es möglich, dass der Schachtdom generell in DN 1000 ausgeführt werden kann.

Der Tangentialschacht hat einen flach untergeschweißten trittsicheren Boden mit Gefälle zum Hauptrohr, Sicherheitssteigtritte oder - leiter und einen eingelegten Dichtring für den Übergang auf die Stb.-Fertigteile bzw. den Betonkonus.

DN_1 [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]	h_1 [mm]	h_2 [mm]
600	2000-6000	500	900	600
700	2000-6000	550	1000	650
800	2000-6000	600	1100	700
900	2000-6000	650	1200	750
1000	2000-6000	700	1300	800
1100	2000-6000	750	1400	850
1200	2000-6000	800	1500	900
1300	2000-6000	850	1600	950
1400	2000-6000	900	1700	1000
1500	2000-6000	950	1800	1050
1600	2000-6000	1000	1900	1100
1800	2000-6000	1100	2100	1200
bis 3500		auf Anfrage		

Tab.: 14 - Standardschacht - Tangentialschacht

Abb. 140 - PKS®-Tangentialschacht

Der Übergang zu der Stahlbetonabdeckplatte/Betonkonus sollte auch hier über den maximalen Grundwasserspiegel liegen.

Die Verbindung des Tangentialschachtes zum Kanalrohr erfolgt über die Elektroschweißmuffe und Spitzende, die direkt am Hauptrohr angebracht sind.

Die einfache Bauweise der PKS®-Tangentialschächte macht eine kostengünstige Verlegung auch in großdimensionierten Kanalrohrleitungen möglich. Der Tangentialschacht ersetzt die sonst notwendigen großen aufwendigen Bauwerke; er ermöglicht die Kontrolle und Wartung auf einfachste Weise.

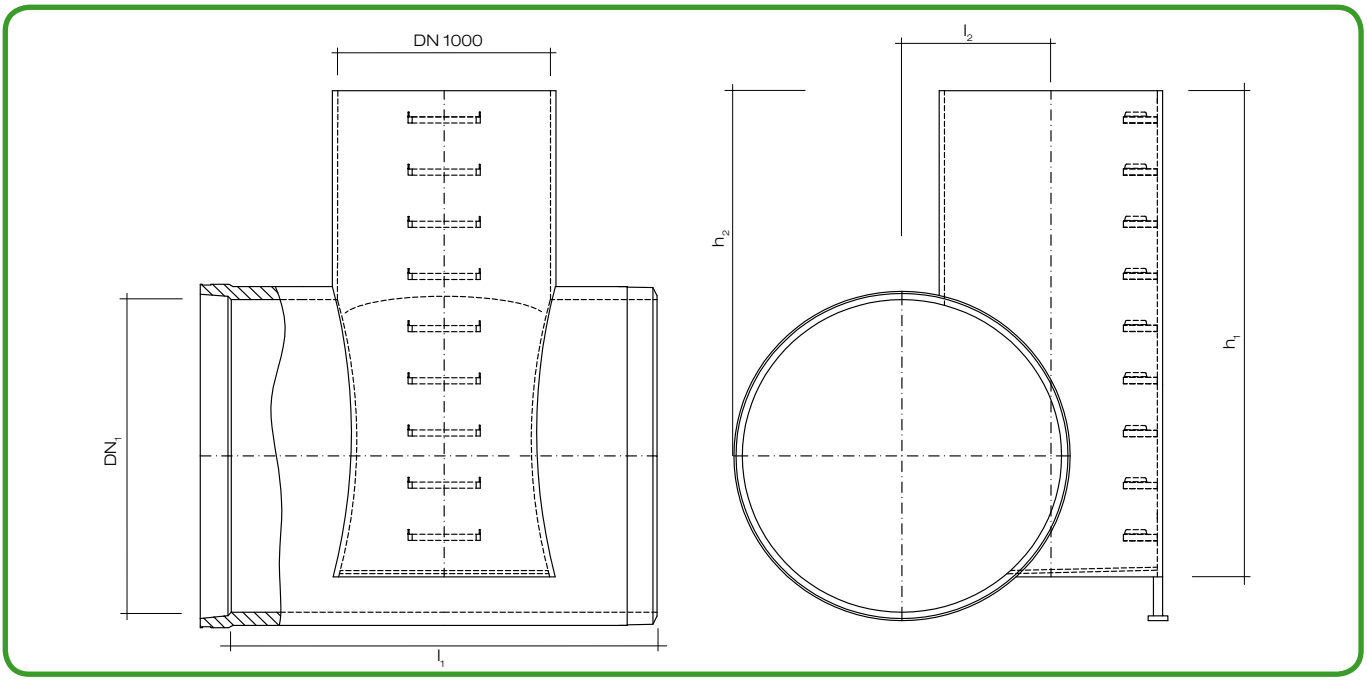


Abb. 141 - Systemzeichnung Tangentialschacht

10. Schächte und Sonderbauwerke

10.4 PKS®-Stauraumsystem

Um für die Abwasserbehandlung in den Kläranlagen einen konstanten Zufluss zu gewährleisten, ist es in Mischwassersystemen erforderlich, Rückhaltevolumen in den Kanalnetzen zu installieren. Diese Rückhaltevolumen müssen in der Lage sein, die Abläufe nach Regenereignissen zurückzuhalten und konstant abzugeben.

Bei bestimmten Bauformen ist auch der Einsatz eines Beckenüberlaufes (BÜ) erforderlich. Mit dem Profilkanalrohrsystem (PKS®) aus PE können Stauraumsysteme unterschiedlichster Bauart realisiert werden. So können oben oder unten liegende Entlastungen ebenso einfach ausgeführt werden wie auch die unterschiedlichsten Überlaufgeometrien.

Die gemäß DWA A 117 und A 128 vorgesehenen Bauwerke wie Einlauf-, Entlastungs-, und Drosselschacht zeichnen sich für Kunststoffe durch einen hohen Vorfertigungsgrad aus. Es können Schächte mit angeformten Rohrstutzen bis zu einem Durchmesser von 3500 mm werkseitig hergestellt werden. Die Verbindung der einzelnen Rohre und Bauwerke erfolgt auf der Baustelle bis DN 2400 mit der integrierten Elektroschweißmuffe. Bei größeren Nennweiten kommt die Extrusionsschweißung zum Einsatz.

Vorteile

- Einsatz von PKS®-Rohren verringert Erdaushub
- Sehr glatte Innenoberfläche
- Rohrrauheit k ≥ 0,01
- Keine Trockenwetterrinne erforderlich
- Von DIBt zugelassener Rohstoff
- Komplett vorkonfektioniert
- Kurze Einbauzeit
- Auch aufwendige Geometrien herstellenbar
- Geringe Wartungskosten durch gute Selbstreinigung
- Für große Auflasten und schlechten Baugrund geeignet
- Zugfeste, homogen geschweißte Rohrverbindung
- Leichtes Handling durch geringes Rohrgewicht

Abb. 142 - PKS®-Entlastungsschacht DN 3000 mit Grobstoffrückhaltung

Abb. 143 - PKS®-Stauraumsystem DN 1500

10. Schächte und Sonderbauwerke

10.4 PKS®-Stauraumsystem

Einlaufbauwerk

Im Einlaufbauwerk wird der Abwasserstrom in der Regel über eine Steilstrecke beschleunigt, um bei Trockenwetterabfluss Ablagerungen im Kanalstauraum so gering wie möglich zu halten.

Kanalstauraum

Im Kanalstauraum wird das Abwasser zurückgehalten und gespeichert. Der Kanalstauraum besteht aus PKS®-Rohr und kann mit beliebig großem Volumen hergestellt werden.

Regelbauwerk/Entlastungsbauwerke

Das Regelbauwerk regelt den Abfluss des Kanalstauraumes in das Kanalnetz über eine Drossel (Drosselschacht) bzw. mit Hilfe einer Pumpe (Pumpenschacht).

Entlastungsbauwerke besitzen im Schachtinneren einen „Überlauftopf". Das sind Abläufe, die zugleich als Abscheider für Grobstoffe oder Sedimente dienen. Wird das max. Rückhaltevolumen im Staukanal erreicht, tritt das Wasser über die Schwelle des Topfes und läuft ab.

Abb. 144 - Entlastungsschacht DN 3500 mit Überlauftopf

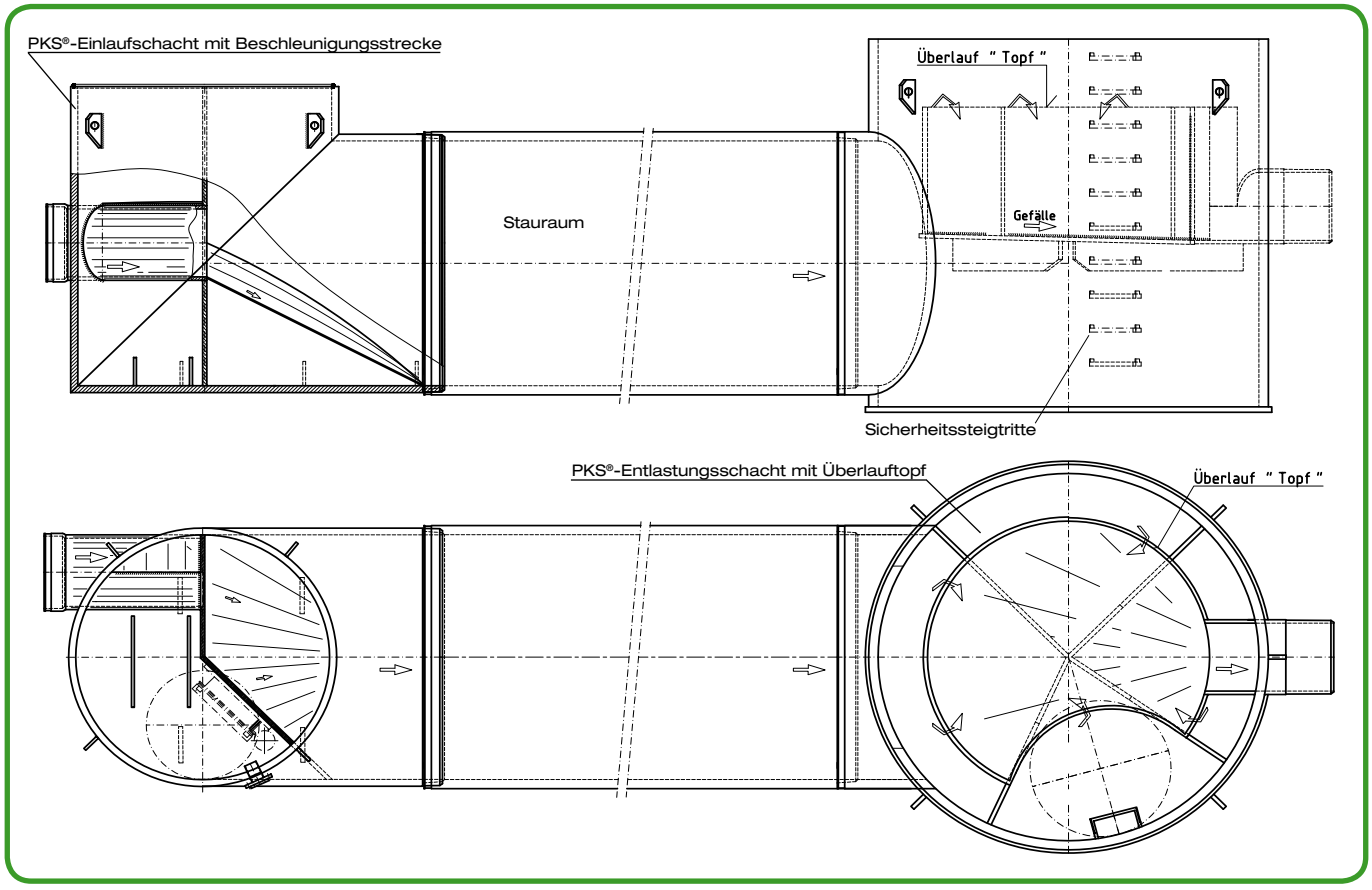


Abb. 145 - Systemzeichnung PKS®-Staukanal

10. Schächte und Sonderbauwerke

10.5 PKS®-Sonderbauwerke - Beispiele

Abb. 146 - PKS®-Tangentialschacht abgewinkelt mit Etage und Reduktion auf Hosenstück

Abb. 147 - PKS®-Hosenstück geflanscht

Abb. 148 - PKS®-Sickerschächte

Abb. 149 - PKS®-Kreuzungsbauwerk DN 2300

10. Schächte und Sonderbauwerke

10.5 PKS®-Sonderbauwerke - Beispiele

Abb. 150 - PKS®-Spül- und Überlaufschacht DN 3000

Abb. 151 - PKS®-Secutec DN 2000 (Stauraumsystem DN 2000 mit Leckageüberwachung und DIBt-Zulassung)

Abb. 152 - PKS®-Übergang Kreis- auf Rechteckquerschnitt

Abb. 153 - PKS®-Silo DN 3000

11. Projektberichte

11.1 Neckardüker: Gewickelte Großrohre aus Polyethylen

Zwei parallel verlegte Wickelrohre durchqueren mit einer Länge von 190 Metern den Neckar in einer Tiefe von bis zu elf Metern und sorgen für dauerhafte Dichtheit.

Das Umweltbewusstsein im Bereich des Rohrleitungsbaus ist in den letzten Jahren deutlich gestiegen. Die Problematik undichter Kanäle, Schächte und Rohrleitungssystemen tritt bei den Städten und Kommunen immer stärker in den Vordergrund.

Abb. 154 - Lagernde PKS®-Rohre

Umweltbewusstsein und Materialbeanspruchung steigen...

Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass neben Schäden an älteren Rohren, auch heute noch bei neu verlegten Abwasserleitungen Undichtigkeiten auftreten. Gründe hierfür sind oft konzeptionelle Fehler, wie zum Beispiel die Auswahl ungeeigneter Rohr- und Muffenmaterialien, die undichte Muffenverbindungen zur Folge haben. Rohrleitungen aus starren Materialien bergen zusätzlich die Gefahr, bei kurzzeitiger Überbelastung abrupt zu versagen. Die entstehenden Risse und Scherben führen neben der Undichtigkeit häufig zum Verlust der statischen Tragfähigkeit der Rohrleitung. Es besteht die Gefahr, dass hochbelastete Abwässer in das anstehende Grundwasser gelangen oder es kommt zur Infiltration von diesem in die Kanalisation. Da der Anteil von Mischwasserableitungen sinkt und der Trend zur Umstellung auf konzentrierte, daher hochbelastete Schmutzwasserkanäle weist, ist die Notwendigkeit dichter Schächte und Kanäle heute größer denn je. Hieraus entsteht schließlich die Forderung nach Rohrmaterialien und Verbindungstechniken, die eine dauerhafte Dichtigkeit von Bauteilen und Muffenverbindungen gewährleisten. Aus langjähriger Praxiserfahrung mit Rohrsystemen auf Basis von Polyethylen (PE 80 /PE 100) konnte die FRANK GmbH kontinuierlich Bauteile und Systeme entwickeln, die die strengen Anforderungen der verschiedenen Einsatzbereiche wie zum Beispiel der Abwasserentsorgung und des Anlagenbaus erfüllen. Vor allem Wickelrohre aus Polyethylen (PE 100) heben sich hier von den anderen klassischen Materialien deutlich ab. Aufgrund der höheren Leistungsfähigkeit neuer Polyethylenwerkstoffe konnten auch die Eigenschaften der Rohrsysteme verbessert werden. Im Wesentlichen sind dies die Zeitstandinnendruckfestigkeit, der Widerstand gegen langsames Risswachstum sowie gegen schnelle Rissfortpflanzung sowie die mechanische Festigkeit.

Gewickelte Großrohre aus PE

Mit den Vorteilen einer verbesserten Zeitstandinnendruckfestigkeit, eines verbesserten Widerstandes gegen langsames Risswachstum und schnelle Rissfortpflanzung und eine hohe mechanische Festigkeit ging über Jahre hinweg eine Produktentwicklung in Richtung des Profilkanalrohrsystems (PKS®) und den dazugehörigen Bauteilen aus gewickeltem Polyethylen einher.

Die Besonderheit hierbei ist, dass man durch den damit verbundenen Fertigungsprozess leichte, sehr formstabile, chemisch und physikalisch resistente und langlebige Produkte herstellen kann.

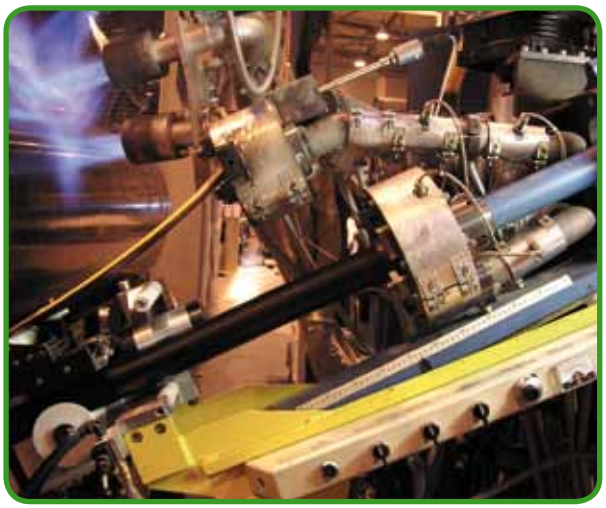


Abb. 155 - Moderne Maschinentechnik sichert hohe Qualität

Ein Markenzeichen der heutigen Rohre der FRANK GmbH stellt die werkseitig vorgefertigte, mitgewickelte und somit homogen verbundene Elektroschweißmuffe dar. Die coextrudierte gelbe Innenschicht aus PE sorgt bei einer erforderlichen Kameraüberwachung oder Revision für deutlich verbesserte Sichtverhältnisse

Die Realisierung und praxisbezogene Nutzung der angesprochenen Vorteile findet sich in verschiedenen ausgeführten Projekten. So werden die gewickelten Großrohre des Profilkanalrohrsystems auf diversen Baustellen in der Industrie, der Abwasserreinigung, im Reliningverfahren, im Straßen- und Deponiebau eingesetzt.

11. Projektberichte

11.1 Neckardüker: Gewickelte Großrohre aus Polyethylen

Abb. 156 - Lieferlängen von bis zu 12 m

Dükerleitungen durchqueren den Neckar in Mannheim

Der Düker „Grabenstraße“ wurde im Jahre 1903 in Form eines genieteten Eisenrohres mit einem Innendurchmesser von 1400 mm als Schmutz- und Regenwasserleitung der Mannheimer Altstadt eingebaut. Reinigungsarbeiten im Oktober 2002, bei denen Ablagerungen aus dem Rohr entfernt wurden, bedingten ein Leerpumpen des Dükers. Die im Laufe der Jahrzehnte vorgenommenen Vertiefungen für die Schifffahrt reduzierten die Auflast über der Leitung. Der Düker schwamm auf und zerbrach. Eine Erneuerung der Rohrleitung wurde unumgänglich.

Die de la Motte & Partner Ingenieurgesellschaft mbH aus Reinbeck bei Hamburg wurde mit der Durchführung einer Machbarkeitsstudie, der Ausführungsplanung und der Bauüberwachung bei gleichzeitiger Kostengarantie beauftragt. Die Baudurchführung lag in den Händen der Arbeitsgemeinschaft Neckardüker, bestehend aus den Firmen Diringer & Scheidel, Mannheim, für das Aufgabengebiet Rohr- und Schachtbau, sowie Bohlen & Doyen, Wiesmoor, für die Wasserbauarbeiten. In Abstimmung mit dem Betreiber des Abwassernetzes, der Eigenbetriebe der Stadtentwässerung Mannheim, wurde eine Lösung erarbeitet, die den besonderen lokalen Anforderungen gerecht wurde. Es galt im Allgemeinen, die unterschiedlichen Wasserstände (Regen- bzw. Trockenwetterabfluss), die Auftriebssicherheit, eine hohe Fließgeschwindigkeit zur Vermeidung von Ablagerungen und letztlich eine hohe Lebenserwartung des Dükers zu berücksichtigen.

Im Wesentlichen zeigte die Ausführung aus PE Vorteile in Bezug auf das Gewicht, dass damit verbundene Handling und den zu erwartenden Reinigungsaufwand gegenüber Rohren aus anderen Materialien. Besonders hohe Anforderungen an den Werkstoff stellte bei diesem Vorhaben neben der Auftriebssicherung sowie der leerstehenden Rohre im Revisionsfall, die hohe Belastung durch den äußeren Wasserdruck dar.

Vorgaben, Nachweise und Ziele

Im Rahmen der Planung wurden, wie vom Betreiber gewünscht, anhand der vorgegebenen Wasserstände und geplanten Sohlhöhen statische Berechnungen gemäß aktuellem Stand der ATV A 127 durchgeführt. In diesen konnte die ausreichende Ringsteifigkeit für den Fall der Vollfüllung und den Fall der leerstehenden Rohre im Revisionsfall erfolgreich nachgewiesen werden. Zusätzlich waren die folgenden Forderungen bzw. Funktionen auf der Basis von Wickelrohren aus PE 100 realisierbar:

- Dauerhaft dichte Schweißverbindungen der einzelnen Bauteile (Komponenten)
- Konstante Produktionsbedingungen
- Zuverlässige Qualitätsüberwachung
- Unkomplizierte Montage der Bauteile vor Ort
- Hohes Maß an Wirtschaftlichkeit
- Nachweis der Langzeitfestigkeit.

Zur Ausführung kamen zwei PKS®-Rohre der FRANK GmbH in Form von Parallelleitungen mit den Durchmessern DN 800 und DN 1400, die am Ufer zusammengeschweißt, in ein Stahlkastenprofil eingebaut, vormontiert und schließlich als vollständiges Bauteil am 12. August 2003 komplett auf den Grund des Neckars abgesenkt wurden.

Um eine eventuell notwendige Wartung und Reinigung zu erleichtern, wurde in beide Rohrstränge je ein Revisionsschacht im Vorlandbereich eingebaut.

Nach der erforderlichen Verfüllung des Kastenprofils mit Unterwasserbeton zur Auftriebssicherung, dem Lückenschluss zu der bestehenden Rohrleitung sowie Abschluss der Bauarbeiten erfolgte am 6. November 2003 die Abnahme des Bauvorhabens durch den Auftraggeber.

Abb. 157 - Neckardüker in der Gesamtansicht

11. Projektberichte

11.1 Neckardüker: Gewickelte Großrohre aus Polyethylen

Abb. 158 - Neckardüker beim Absenken

PE - der ideale Werkstoff für dieses Projekt

Die Vorzüge von Kunststoffrohren zum Transport von Schmutzwasser waren den beteiligten Firmen schon seit mehreren Jahren bekannt. Der maßgebliche Grund für den Einsatz von PE lag bei diesem Projekt in der Kombination aus Wirtschaftlichkeit und technischen Vorteilen, die der Werkstoff PE 100 bietet.

Wirtschaftlichkeit von PE 100

Wickelrohre, Druckrohre und Formteile aus PE 100 bieten durch ihr relativ niedriges spezifisches Gewicht von 0,959 g/cm^3 deutliche Vorteile in der Handhabung und Verlegung. Dies wirkt sich positiv auf die anfallenden Einbaukosten aus. Wickelrohre mit einer Nennweite größer DN 300 sind durch ein flexibles Produktionsverfahren kostengünstig herstellbar. Auf entsprechende positive Erfahrungen mit verschiedenen Referenzobjekten konnte bei der Planung zurück gegriffen werden und den Betreiber wie auch die ausführende Arbeitsgemeinschaft überzeugen.

Technische Vorteile von PE 100

Dies sind im Besonderen die gute chemische Widerstandsfähigkeit, die hohe Betriebssicherheit, das deutlich günstigere Abriebverhalten im Vergleich zu den klassischen Rohrwerkstoffen (nach dem Darmstädter Verfahren) sowie die Schweißbarkeit, die die dauerhafte Dichtheit des Systems gewährleistet. Unter Umweltgesichtspunkten ist die geringe benötigte Energiemenge zur Herstellung von Rohren aus PE 100 sowie die Möglichkeit des Recycling zu nennen.

Nachweis der Langzeitfestigkeit

Rohrsysteme aus PE 100 haben sich durch ihre Leistungsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit für den Transport von Gas, Wasser, Abwasser und grundwassergefährdenden Medien seit mehreren Jahrzehnten bewährt. Die prüftechnisch abgesicherte Lebenserwartung solcher Systeme liegt bisher bei fast 50 Jahren. Man erwartet eine rechnerische Nutzungsdauer von 80 bis 100 Jahren. In der ISO 9080 (vorher ISO/TR 9080) wird ein Extrapolationsverfahren beschrieben, mit dessen Hilfe wissenschaftlich fundierte Aussagen zur Langzeitfestigkeit von thermoplastischen Rohrwerkstoffen gemacht werden können. Die Methode nutzt das Arrheniusgesetz. Aufgrund von Lebensdauerbeobachtungen von Rohrmustern, die bei höheren Temperaturen unter Innendruck stehen, können die Lebensdauererwartungen bei niedrigeren Temperaturen berechnet werden. Die entsprechenden Extrapolationsfaktoren werden in der ISO 9080 vorgegeben. Die Mindestzeitstandkurve der DIN 8075 für PE 100 folgt dem gleichen Gesetz. Den Herstellern und Anwendern von Rohrsystemen steht mit Hostalen CRP 100 Black (PE 100) ein PE-Werkstoff zur Verfügung, für den nach einem genormten Verfahren eine rechnerische Lebenserwartung von über 100 Jahren abgesichert ist. Diesen multimodalen PE- Werkstoff stellt die Basell Polyfone GmbH am Produktionsstandort Frankfurt am Main als Rohrwerkstoff der dritten Generation in einer mehrstufig arbeitenden Polymerisationsanlage her. Für diesen polymeren Werkstoff liegt die bauaufsichtliche Zulassung beim Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) mit Sitz in Berlin vor.

Schweißbarkeit gewährleistet dauerhaft dichte Rohrsysteme

Bezüglich der Schweißparameter für Angleichen, Anwärmen, Umstellen, Fügedruckaufbau- und Abkühlzeit unter Fügedruck können für diese multimodalen Werkstoffe die Richtwerte aus der aktuellen Ausgabe der DVS 2207 für Rohre und Tafeln aus PE (PE 100) entnommen werden.

Resümee

Gewickelte Großrohre der FRANK GmbH aus multimodalen PE (PE 100)-Werkstoffen ermöglichen eine schnelle und unter wirtschaftlichen Aspekten betrachtet, kostengünstige Herstellung dauerhaft dichter, hochbelastbarer Kanäle, Schächte und Bauwerke. Die in die Rohre integrierte Elektroschweißmuffe bietet zudem durch ihre einfache Handhabung nicht zu überbietende Vorteile beim Schweißen der Verbindung. Die helle, glatte, abriebfeste und inspektionsfreundliche Rohrinnenoberfläche sorgt für dauerhaften, störungsfreien Betrieb der Bauwerke und Rohrleitungen.

11. Projektberichte

11.2 Kläranlage Steinhäule

Einleitung

Neue Verordnungen zur Abwasseraufbereitung machen es heute möglich und notwendig, die Abwässer noch besser als bisher zu reinigen. Künftig wird vor allem die Rückhaltung der schwer abbaubaren und ökologisch kritischen Reststoffe, wie Arzneimittelrückstände, Nitratrückstände aus der Landwirtschaft, Chemikalien usw., im Mittelpunkt der angestrebten Qualitätsverbesserungen stehen.

Eine große Rolle spielen in Zukunft auch die Vorgaben der Europäischen Union, die eine einheitliche europäische Regelung im Bereich des Gewässerschutzes und der Anlagengenehmigung vorsieht.

Um diese Aufgaben technisch und qualitativ bewältigen zu können, bedarf es einer Kapazitätsausweitung der bisherigen Betriebsfläche beim Zweckverband „Klärwerk Steinhäule“. Es werden weitere Klärbecken und eine Filteranlage benötigt, die dem Zweckverband den Ausbau des Klärwerkes entsprechend dem jeweiligen Stand der Technik ermöglichen.

Frei verlegte Druckrohrleitungen mit einem Innendurchmesser von DN 1000 bis DN 1400 für die unterirdischen Denitrifikations- und Verteilerbecken mit vielen Sonderbauteilen erforderten eine detaillierte technische Vorplanung hinsichtlich der statischen Auslegungen und der konstruktiven Gestaltung der Rohrleitungen.

In Zusammenarbeit mit einer Verlegefirma und Ingenieurbüros wurden für dieses Anwendungsbeispiel gewickelte Großrohre aus PE 100 zur Abwasseraufbereitung verlegt.

Einzugsgebiet von Steinhäule

Unweit der Donau, unterhalb des Kraftwerks „Böfinger Halde“, im sogenannten „Steinhäule“ auf Pfuhler Gemarkung, befindet sich das Klärwerk, das nach seiner Lage benannt wurde. Träger ist der Zweckverband „Klärwerk Steinhäule“, zu dem sich die Städte Ulm, Neu-Ulm, Senden und Blaubeuren sowie die Gemeinden Berghülen, Blaustein, Dornstadt, Illerkirchberg, Illerrieden, Schnürpflingen und Staig zusammengeschlossen haben. Das aus dem Einzugsgebiet zugeleitete Abwasser wird - gemäß den gesetzlichen Vorschriften und behördlichen Entscheidungen - behandelt, gereinigt und dem Wasserkreislauf durch Ableitung in die Donau wieder zugeführt.

Die Anlage umfasst eine Fläche von 11 Hektar. Das Abwasser von rund 200.000 Einwohnern im Einzugsgebiet des Zweckverbands Klärwerk Steinhäule fließt täglich durch die Kanalisation in das Klärwerk an der Donau. Eine Wassermenge von rund 80.000 bis 100.000 m³ ist pro Tag zu reinigen. Rund 40 Prozent davon stammen aus Industrie und Gewerbe. Beim Klärprozess fallen täglich ca. 20 – 40 Tonnen Schlamm (Trockensubstanz) an, die der thermischen Verwertung zugeführt werden. Der Reinigungsprozess vom Abwasserzulauf bis zum Ablauf des geklärten Wassers dauert rund zehn Stunden. Zum Vergleich: Die Donau würde dazu mit ihren Selbstreinigungskräften etwa zehn Tage benötigen.

Abb. 159 - Überblick Kläranlage Steinhäule

Anforderungen an die Baumaßnahme

Der Neubau der Denitrifikations- und Verteilerbecken umfasste acht Kaskaden mit Zu- und Ablaufkanälen. Jede Kaskade hatte ein Volumen von 2.400 m³.aufzuweisen.

Folgendes Anforderungsprofil lag für das frei verlegte und unterirdische Rohrleitungssystem vor:

- Druckrohrleitungen mit einem Innendurchmesser von DN 1000 bis DN 1400 für eine flexible Wasserführung und –verteilung.
- Die unterirdischen Rohrleitungen beinhalteten Sonderbauteile wie Abzweigungen, Schieber, Wandeinbindungen und Reduktionen.
- Durchflussleistung: 55 bis 70 m³/min.
- Betriebstemperaturen: 5 und 20 °C
- Zulässiger Betriebsdruck / Systemdruck: max. 1,5 bar
- Nutzungsdauer: > 50 Jahre

11. Projektberichte

11.2 Kläranlage Steinhäule

Rohr- und Formteilherstellung

Die FRANK GmbH mit Sitz in Mörfelden blickt auf eine über 45 jährige Erfahrung mit PE-Rohrwerkstoffen zurück und zählt zu den größten Wickelrohrherstellern in Europa mit Niederlassungen in Polen und Neuseeland.

Die benötigten Druckrohre, Bögen und Abzeige wurden bei den beiden Tochterunternehmen der FRANK GmbH in Wölfersheim hergestellt. Dank flexibler und modernster Fertigungseinrichtungen bei der Wickelrohrherstellung können in Wölfersheim kundenspezifische Rohrdimensionen in PE und PP bis DN 3500 problemlos hergestellt werden.

Um die Installationskosten vor Ort zu verringern, wurden ganze Segmente (Rohr mit Formteil) in Wölfersheim vorgefertigt. Die Bauteile hatten Sonderlänge zwischen 4 und 8 Metern und wurden auf Tiefladern an die Baustellen gebracht.

Die statische Berechnung der Druckrohre, Bögen und Festflanschkonstruktionen erfolgte bei der FRANK Deponietechnik GmbH in Zusammenarbeit mit Ingenieurbüro Pöltl. Überprüft wurden die Berechnungen von der LGA in Nürnberg sowie von Dr. Ing. Dietmar H. Maier, Karlsruhe. Die Lagerpunkte wurden vom Ingenieurbüro Brandolini & Seitz, Ulm berechnet.

Ingenieurtechnische Betrachtung

Aufgrund der Anforderungen an die Baumaßnahme waren detaillierte technische Vorplanungen hinsichtlich der statischen Auslegungen und der konstruktiven Gestaltung der Rohrleitungen unter Berücksichtigung der Freiverlegung notwendig.

Hier sind insbesondere die Belastung aus möglichem Innendruck, thermischer Ausdehnung mit notwendigen Festpunktkonstruktionen sowie Stützweitenabstände zu betrachten.

Entsprechende statische Kennwerte für PE 100 wurden vom Rohstoffhersteller zur Verfügung gestellt.

Statische Berechnungen

Die statische Berechnung und Auslegung des Rohrleitungssystems war sehr aufwendig. Mit den üblichen numerischen Verfahren nach DVS 2210-1 konnten die Bereiche der Rohrleitung ohne Formteile nachgewiesen werden. Insbesondere die Nachweise für Innendruckbelastung, Festpunktkräfte infolge temperaturabhängiger Längenausdehnung sowie die Stützweiten konnten so berechnet werden. Die Ergebnisse dieser Nachweise führten dann zur konstruktiven Gestaltung der geraden Rohre zwischen den Formteilen. Es zeigte sich, dass die Rohrleitung aus PE 100 mit den gleichen Stützabständen verlegt werden kann, wie eine Edelstahlleitung.

Finite-Elemente-Berechnung der Formteile

Die Formteile wie T-Stücke, Bögen, Reduktionen und Festflansche mussten gesondert betrachtet werden. Diese Formteile wurden alle aus vollwandigem Wickelrohr (VW) hergestellt, so dass die erforderliche Wanddicke genau produziert werden konnte. Der Nachweis wurde mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode (FE-Methode) geführt. Mit dieser Methode können Problemstellungen aus den verschiedensten Disziplinen berechnet werden. Sie haben gemeinsam, dass das Bauteil in eine große Zahl kleiner, aber endlich (finit) vieler Elemente unterteilt wird. Auf diesen Elementen werden dann die Kräfte definiert, die am Bauteil angreifen. So kann für jede Geometrie die erforderliche Wanddicke bestimmt werden.

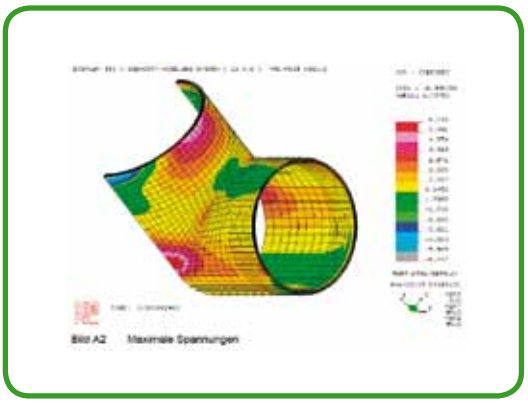


Abb. 160 - Finite-Elemente-Model T-Stück DN 1400, (Quelle: LGA Nürnberg)

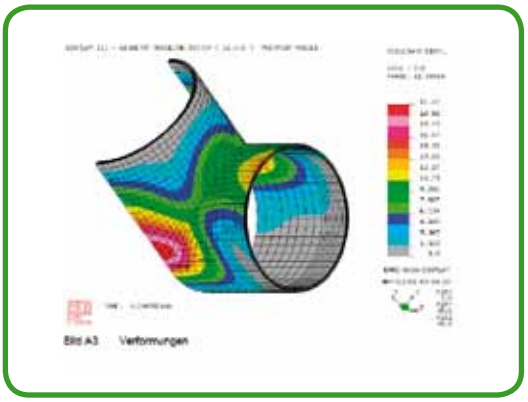


Abb. 161 - Finite-Elemente-Modell T-Stück DN 1400, (Quelle: LGA Nürnberg)

11. Projektberichte

11.2 Kläranlage Steinhäule

Ergebnis

Als Ergebnis der Überlegungen, Berechnungen und Analysen wurde am 23.07.2006 mit der Verlegung der Rohr und Formteile aus PE 100 im Installationsgang zwischen den Denitrifikationsbecken begonnen. Die gesamte Installation wurde in nur 2 Monaten erfolgreich abgeschlossen. Das Gesamtgewicht der verlegten Rohre und Formteile belief sich auf ca. 100 Tonnen.

Die gewonnenen Erfahrungen beim Neubauprojekt Steinhäule können für Folgeprojekte verwendet werden und zeigen, dass PE 100 im Anlagenbau mehr als eine Alternative zu Edelstahl ist.

Abb. 162 - Überblick in den Innenbereich der Kläranlage

Abb. 164 - PKS® T-Stück mit Bogen

Abb. 163 - Haltevorrichtung /Schellen für PKS®-Rohr

Abb. 165 - Geflanschte PKS®-Rohrverbindungen

11. Projektberichte

11.3 Sureline®-Kanalrohre für Hamburger Druckentwässerung

Einführung

Aufgabenstellung der Hamburger Stadtentwässerung (HSE) war der Neubau einer Druckrohrleitung zur Verbindung der drei Pumpwerke im Hamburger Stadtteil Bergedorf an den Schmutzwasserhauptsammler Bergedorf. Die Örtlichkeit war geprägt durch das Vorhandensein einer Hauptverkehrsader (Kurt-A.-Körber-Chaussee), die durch verschiedene Industrieansiedelungen gesäumt wird. Daraus resultiert eine kontinuierlich hohe Verkehrsbelastung über den gesamten Tag. Darüber hinaus galt es auch, das Vorhandensein etlicher querender Hausanschlüsse zu berücksichtigen. Aufgrund dieser Gegebenheit sowie der guten Erfahrungen, die man in der Vergangenheit bei der Gewässerunterquerung mit dem Horizontal-Spülbohrverfahren (HDD) gesammelt hat, entschloss sich die HSE, auch bei diesem Bauvorhaben die Vorteile dieser modernen Verlegetechnik zu nutzen.

Planung

Der Umfang der Baumaßnahme betrug ca. 2.000 m in verschiedenen Abmessungen (da 280 - da 400, alle SDR 11). Die Auswahl der HSE fiel auf Kanalrohre mit heller Innenschicht aus dem Sureline®-Produktprogramm der FRANK GmbH.

Abb. 166 - Sureline®-Rohr 315 x 18,6 mm

Ausschlaggebend hierfür war das überzeugende Eigenschaftsprofil dieser Rohre. Neben den bekannten Vorteilen von PE-100-Rohren im Vergleich zu herkömmlichen Rohrwerkstoffen, wie sie im Kanalbereich schon seit Jahrzehnten eingesetzt werden, bieten die Sureline®-Rohre aus dem Hause FRANK einen extrem hohen Widerstand gegenüber langsamem Risswachstum, der sie für den Einsatz alternativer Verlegetechniken geradezu prädestiniert. Auch weitere Anforderungen, die von der HSE formuliert wurden (Langzeit-E-Modul, Widerstand gegenüber schneller Rissfortpflanzung, Erfüllung der Vorgaben der ZP 14.6.36), konnten mit den im Versorgungsbereich schon seit längerem eingesetzten Rohrsystem erfüllt werden.

Neben der sehr hohen Qualität des verwendeten Rohrmaterials legte die HSE ebenfalls besonderes Augenmerk auf die Qualifikation des Rohrleitungsbauers. Dieser sollte die Vorgaben der DVGW-Arbeitsblätter GW 301 bzw. GW 302 (Gruppe GN 2) erfüllen.

Nach eingehender Prüfung aller eingesandten Unterlagen entschied sich die HSE für das Tief- und Rohrleitungsbauunternehmen Vorwerk GmbH in Tostedt mit seinem Partner-unternehmen Nacap B.V. aus Eelde (Niederlanden).

Bauausführung

Die Planung für das äußerst anspruchsvolle Projekt wurde von der HSE in einem Zeitraum von ca. 4 bis 5 Monaten abgeschlossen. Die eigentliche Bauphase konnte bereits nach 3 Monaten abgeschlossen werden.

Im Rahmen der Verlegung wurden die Rohre mittels Heizelement-Stumpfschweißverfahren verbunden und in einem zweiten Arbeitsschritt in den Bohrkanal eingezogen. Ein Teilstück („A“, 1.145 m) musste im Stahl-Schutzrohr (508 x 9,5) verlegt werden, da bei dieser einzuziehenden Länge die zu erwartenden Einzugskräfte (Reibung, Eigengewicht der Rohre) derart hoch waren, dass diese von Kunststoffrohren hätten nicht aufgenommen werden können. Die restliche Strecke (Teilstück „B“) wurde in drei Teilabschnitten (220 m, 270 m und 420 m) ohne Schutzrohr gebohrt. Die Verbindungstechnik der Sureline®-Kanalrohre stellte sich sehr einfach dar, da die Schweißparameter nach DVS 2207 zur Anwendung kamen und keine zusätzlichen Verfahrensschritte notwendig waren. Die tatsächlich am Rohr gemessenen Einzugskräfte lagen zwischen 120 und 200 kN und damit bei der Hälfte der zulässigen Grenzwerte. Die kontinuierliche Bauüberwachung durch die HSE, die enge Zusammenarbeit aller beteiligten Unternehmen sowie eine abschließende Druckprobe der Rohrleitung erbrachte den Nachweis der Umsetzung eines anspruchsvollen Bauprojekts.

Zusammenfassung

Trotz der schwierigen Rahmenbedingungen gelang der HSE bei konsequenter Umsetzung eines umfassenden Qualitätsgedankens die wirtschaftliche Abwicklung dieses anspruchsvollen Bauprojekts. Verglichen mit den Kosten für eine Verlegung in offener Bauweise (ca. 3 Mio. EUR) konnten die Gesamtaufwendungen auf ca. 60 % reduziert werden.

Die erhebliche Kostenersparnis konnte durch die Verlegung der Sureline®-Kanalrohre in der Tiefe von ca. 6 bis 9 m (A) bzw. ca. 3,0 m (B) erreicht werden. In dieser Tiefe stellte sich der Baugrund ungestört dar und die Probleme mit Zu- und Abläufen an der bestehenden Rohrinfrastruktur (Gas, Wasser, Telefon und Strom) konnten elegant umgangen werden. Einzig die Installation eines Schachtes in einer Tiefe von 10 m stellte den wirtschaftlichen „Wermutstropfen“ dieses Lösungsansatzes dar. In der Summe jedoch erwies sich die gewählte Lösung als die wirtschaftlich günstigste und auch technisch wurde damit der Nachweis erbracht, dass es auch in Stadtgebieten möglich ist, die Vorteile am Markt vorhandenen Rohrsysteme und moderner Verlegeverfahren zum Nutzen aller Betroffener einzusetzen.

11. Projektberichte

11.4 Stauraumkanal Sportlaan in Holland

Projektbeschreibung
Gemeinde Dedemsvaart, Provinz Overijssel, Holland

Der Stauraumkanal aus PKS®-Rohren dient als Ersatz für einen alten Betonstauraum. Mit dem Neubau des Staukanals wurde nicht nur das Problem der Undichtigkeit des Betons beseitigt, sondern auch gleichzeitig die Kapazität auf 450 m³ Stauraumvolumen erweitert.

Die Gemeinde entschied sich, zusammen mit dem Bauunternehmen Sallandse Wegebouw für einen Stauraumkanal aus PE 100 wegen der wasserdichten Verbindung durch die Elektroschweißmuffe und der glatten Innenoberfläche, die keine zusätzliche Spülvorrichtung für die Sauberhaltung der Rohre benötigt.

Außerdem ist durch eine schnellere Verlegung der PKS®-Rohre eine deutlich geringere Wasserhaltung erforderlich, womit die damit verbundenen Kosten wesentlich niedriger gehalten werden können.

Abb. 167 - Einbau der PKS®-Rohre

Abb. 169 - Verlegung PKS®-Rohr DN 1800, 18 m vorgeschweißt

Abb. 168 - 2 Rohrstränge à 78 m DN 1800, zwischen Straße und Weiher verlegt

Abb. 170 - Setzen des Überlauf-/Pumpschachtes DN 3000

Geliefert wurden ca. 156 m PKS®-Rohre DN 1800, einige PKS®-Bögen DN 1800 mit 30°-Abwinkelung, ein PKS®-Einlaufbauwerk DN 1800 und ein PKS®-Überlauf- bzw. Pumpschacht DN 3000.

Die gesamten Rohre, Bögen und Schächte wurden innerhalb von 2 Wochen durch die Fa. Sallandse Wegebouw verlegt und geschweißt.

12. Normen und Richtlinien

FRANK-Rohre und -Formteile werden aus genormten Formmassen hergestellt und nach einschlägigennationalen und internationalen Normen produziert. Nachstehend erhalten Sie einen Auszug über die in unserem Katalog zitierten Normen:

DIN/DIN EN/DIN EN ISO

DIN 1910-3
Schweißen; Schweißen von Kunststoffen, Verfahren

DIN 1989
Regenwassernutzungsanlagen

DIN 4102-1
Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 1: Baustoffe; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen

DIN 4262-1
Rohre und Formstücke für die unterirdische Entwässerung im Verkehrswege- und Tiefbau - Teil 1: Rohre, Formstücke und deren Verbindung aus PVC-U, PP und PE

DIN 4266-1
Sickerrohre für Deponien aus PVC-U, PE-HD und PP; Anforderungen, Prüfung und Überwachung

DIN 8074
Rohre aus Polyethylen (PE)- PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD – Maße

DIN 8075
Rohre aus Polyethylen (PE) - PE 63, PE 80, PE 100, PE-HD – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfungen

DIN 8077
Rohre aus Polypropylen (PP)- PP-H, PP-B, PP-R, PP-RCT – Maße

DIN 8078
Rohre aus Polypropylen (PP) PP-H, PP-B, PP-R, PP-RCT – Allgemeine Güteanforderungen, Prüfungen

DIN 16928
Rohrleitungen aus thermoplastischen Kunststoffen; Rohrverbindungen, Rohrleitungsteile, Verlegung, Allgemeine Richtlinien

DIN 16961-1
Rohre und Formstücke aus thermoplastischen Kunststoffen mit profilierter Wandung und glatter Rohrinnenfläche – Teil 1: Maße

DIN 16961-2
Rohre und Formstücke aus thermoplastischen Kunststoffen mit profilierter Wandung und glatter Rohrinnenfläche – Teil 2: Technische Lieferbedingungen

DIN 16962-4
Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polypropylen (PP), Typ 1 und 2; Bunde für Heizelement - Stumpfschweißung, Flansche, Dichtungen; Maße

DIN 16962-5
Rohrverbindungen und Formstücke für Druckrohrleitungen aus Polypropylen (PP), PP-H 100, PP-B 80 und PP-R 80 - Teil 5: Allgemeine Qualitätsanforderungen, Prüfung

DIN 16962-6
Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polypropylen (PP), Typ 1 und 2; Winkel aus Spritzguss für Muffenschweißung, Maße

DIN 16962-7
Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polypropylen (PP), Typ 1 und 2; T-Stücke aus Spritzguss für Muffenschweißung, Maße

DIN 16962-8
Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polypropylen (PP), Typ 1 und 2; Muffen und Kappen aus Spritzguss für Muffenschweißung, Maße

DIN 16962-9
Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polypropylen (PP) - Typ 1 und 2; Reduzierstücke und Nippel aus Spritzguss für Muffenschweißung, Maße

DIN 16962-10
Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polypropylen (PP) - Typ 1, 2 und 3; Fittings aus Spritzguss für Stumpfschweißung; Maße

DIN 16962-12
Rohrverbindungen und Formstücke für Druckrohrleitungen aus Polypropylen (PP), PP-H 100, PP-B 80 und PP-R 80 - Teil 12: Bunde, Flansche, Dichtringe für Muffenschweißung; Maße

DIN 16963-4
Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polyethylen hoher Dichte (PE-HD); Bunde für Heizelement–Stumpfschweißung, Flansche, Dichtungen; Maße

DIN 16963-5
Rohrverbindungen und Formstücke für Druckrohrleitungen aus Polyethylen (PE), PE 80 und PE 100 - Teil 5: Allgemeine Qualitätsanforderungen, Prüfungen

DIN 16963-6
Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polyethylen hoher Dichte (PE-HD); Fittings aus Spritzguss für Stumpfschweißung; Maße

DIN 16963-7
Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polyethylen hoher Dichte (PE-HD); Heizwendel-Schweißfittings; Maße

DIN 16963-8
Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polyethylen hoher Dichte (HDPE), Typ 1 und 2; Winkel aus Spritzguss für Muffenschweißung, Maße

DIN 16963-9
Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polyethylen hoher Dichte (HDPE); Typ 1 und 2; T-Stücke aus Spritzguss für Muffenschweißung, Maße

DIN 16963-10
Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polyethylen hoher Dichte (HDPE), Typ 1 und 2; Muffen und Kappen aus Spritzguss für Muffenschweißung, Maße

DIN 16963-11
Rohrverbindungen und Formstücke für Druckrohrleitungen aus Polyethylen (PE). PE 80 und PE 100 - Teil 11: Bunde, Flansche, Dichtringe für Muffenschweißung; Maße

DIN 16963-14
Rohrverbindungen und Rohrleitungsteile für Druckrohrleitungen aus Polyethylen hoher Dichte (HDPE), Typ 1 und 2; Reduzierstücke und Nippel aus Spritzguss für Muffenschweißung; Maße

DIN EN 476
Allgemeine Anforderungen an Bauteile für Abwasserkanäle und -leitungen für Schwerkraftentwässerungssysteme

DIN EN 752
Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden

DIN EN 805
Wasserversorgung – Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden

DIN EN 1091
Unterdruckentwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden

DIN EN 1295-1
Statische Berechnung von erdverlegten Rohrleitungen unter verschiedenen Belastungsbedingungen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen

DIN EN 1555
Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Gasversorgung – Polyethylen (PE)

12. Normen und Richtlinien

DIN EN 1610
Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen

DIN EN 1671
Druckentwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden

DIN EN 1778
Charakteristische Kennwerte für geschweißte Thermoplast-Konstruktionen – Bestimmung der zulässigen Spannungen und Module für die Berechnung von Thermoplast-Bauteilen

DIN EN 10204
Metallische Erzeugnisse – Arten von Prüfbescheinigungen

DIN EN 12201
Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung – Polyethylen (PE)

DIN EN 12255-10
Kläranlagen - Teil 10: Sicherheitstechnische Baugrundsätze

DIN EN 12943
Schweißzusätze für thermoplastische Kunststoffe – Geltungsbereich, Kennzeichnung, Anforderung, Prüfung

DIN EN 13244
Kunststoffrohrleitungssysteme für erd- und oberirdisch verlegte Druckrohrleitungen für Brauchwasser, Entwässerung und Abwasser – Polyethylen (PE)

DIN EN 13476-3
Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte drucklose Abwasserkanäle und -leitungen - Rohrleitungssysteme mit profilierter Wandung aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U), Polypropylen (PP) und Polyethylen (PE) - Teil 3: Anforderungen an Rohre und Formstücke mit glatter Innen- und profilierter Außenfläche und an das Rohrleitungssystem, Typ B;

DIN Cen/TS 13476-4
Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte drucklose Abwasserkanäle und -leitungen - Rohrleitungssysteme mit profilierter Wandung aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U), Polypropylen (PP) und Polyethylen (PE) - Empfehlungen für die Beurteilung der Konformität

DIN EN 13598-2
Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte drucklose Abwasserkanäle und -leitungen - Weichmacherfreies Polyvinylchlorid (PVC-U), Polypropylen (PP) und Polyethylen (PE) - Teil 2: Anforderungen an Einsteigschächte und Kontrollschächte für Verkehrsflächen und tiefe Erdverlegung

DIN EN 14830
Böden von Kontroll- und Einsteigschächten aus thermoplastischen Kunststoffen - Prüfverfahren für die Widerstandfähigkeit gegen Einbeulen

DIN EN ISO 178
Kunststoffe – Bestimmung der Biegeeigenschaften

DIN EN ISO 228-1
Rohrgewinde für nicht im Gewinde dichtende Verbindungen - Teil 1: Maße, Toleranzen und Bezeichnung

DIN EN ISO 472
Kunststoffe – Fachwörterverzeichnis

DIN EN ISO 1043-1
Kunststoffe – Kennbuchstaben und Kurzzeichen Teil 1: Basis-Polymere und ihre besonderen Eigenschaften

DIN EN ISO 1872-1
Kunststoffe - Polyethylen (PE)-Formmassen - Teil 1: Bezeichnungssystem und Basis für Spezifikationen

DIN EN ISO 1872-2
Kunststoffe - Polyethylen (PE)-Formmassen - Teil 2: Herstellung von Probekörpern und Bestimmung von Eigenschaften

DIN EN ISO 9080
Kunststoff-Rohrleitungs- und Schutzrohrsysteme - Bestimmung des Zeitstand-Innendruckverhaltens von thermoplastischen Rohrwerkstoffen durch Extrapolation

DIN EN ISO 9967
Thermoplastische Rohre-Bestimmung des Verformungsverhalten

DIN EN ISO 9969
Thermoplastische Rohre-Bestimmung der Ringsteifigkeit

DIN EN ISO 12162
Thermoplastische Werkstoffe für Rohre und Formstücke für Anwendungen unter Druck - Klassifizierung und Werkstoffkennzeichnung Gesamtbetriebs- (Berechnungs)-koeffizient

DIN EN ISO 1873-1
Kunststoffe - Polypropylen (PP) Formmassen - Teil 1: Bezeichnungssystem und Basis für Spezifikationen

DIN EN ISO 9001
Qualitätsmanagementsysteme - Anforderungen

DIN EN ISO 9969
Thermoplastische Rohre – Bestimmung der Ringsteifigkeit

ISO

ISO 3
Normzahlen, Normzahlreihen

ISO 161-1
Thermoplastische Rohre für den Transport von Flüssigkeiten - Nominaler Außendurchmesser und Nenndrücke - Teil 1: Metrische Reihe

ISO 527-1
Kunststoffe; Bestimmung der Zugeigenschaften Teil 1: Allgemeine Grundsätze

ISO 527-2
Kunststoffe; Bestimmung der Zugeigenschaften Teil 2: Prüfbedingungen für Form- und Extrusionsformmassen

ISO 4065
Rohr aus Thermoplasten - Universelle Wanddickentabelle

ISO 4427
Kunststoff-Rohrleitungssysteme - Polyethylen-(PE)-Rohre und -Formstücke für die Wasserversorgung

ISO 11922-1
Thermoplastische Rohre für den Transport von Fluiden - Maße und Toleranzen

ISO 12176
Rohre und Formstücke aus Kunststoffen - Ausrüstungsgegenstände für Polyethylen - Schweißverbindungen

ISO/TS 19911
Rohre und Formstücke aus Kunststoffen - Vorgaben für eine technische Dokumentation zur Charakterisierung von Formstücken mit Schweißende aus Polyethylen (PE)

12. Normen und Richtlinien

PAS

PAS 1065
Wickelrohre aus Polyethylen (PE 100) - tangential extrudiert, - Abmessungen, Technische Anforderungen und Prüfung

PAS 1075
Rohren aus Polyethylen (PE 100-RC) für alternative Verlegetechniken, - Abmessungen, Technische Anforderungen und Prüfung

AD Merkblätter

AD 2000-
Merkblatt HP 120 R
Bauvorschriften; Rohrleitungen aus thermoplastischen Kunststoffen

AD 2000-
Merkblatt HP 512 R
Bauvorschriften - Entwurfsprüfung, Schlussprüfung und Druckprüfung von Rohrleitungen

DVGW

DVGW GW 320-1
Erneuerung von Gas- und Wasserrohrleitungen durch Rohreinzug oder Rohrschub mit Ringraum

DVGW GW 320-2
Rehabilitation von Gas- und Wasserrohrleitungen durch PE-Relining ohne Ringraum - Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung

DVGW GW 335-A1
Kunststoff-Rohrleitungssysteme in der Gas- und Wasserverteilung; Anforderungen und Prüfungen - Teil A1: Rohre und daraus gefertigte Formstücke aus PVC-U für die Wasserverteilung

DVGW GW 335-A2
Kunststoff-Rohrleitungssysteme in der Gas- und Wasserverteilung; Anforderungen und Prüfungen - Teil A2: Rohre aus PE 80 und PE 100

DVGW GW 335-B2
Kunststoff-Rohrleitungssysteme in der Gas- und Wasserverteilung; Anforderungen und Prüfungen - Teil B2: Formstücke aus PE 80 und PE 100

DVGW W 400-2
Technische Regeln Wasserversorgungsanlagen Teil 2; Bau und Prüfung

DVS

DVS 2201-1
Prüfen von Halbzeug aus Thermoplasten; Grundlagen, Hinweise

DVS 2202-1
Fehler an Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen; Merkmale, Beschreibung, Bewertung

DVS 2205-1
Berechnung von Behältern und Apparaten aus Thermoplasten – Kennwerte

DVS 2207-1
Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen – Heizelementschweißen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln aus PE-HD

DVS 2207-3 Beiblatt 1
Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen - Warmgaszieh- und Warmgasfächelschweißen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln - Schweißparameter

DVS 2207-4
Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen – Extrusionsschweißen von Rohren und Rohrleitungsteilen und Tafeln – Verfahren Anforderungen

DVS 2207-11
Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen – Heizelementschweißen von Rohren, Rohrleitungen und Tafeln aus PP

DVS 2207-15
Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen – Heizelementschweißen von Rohren, Rohrleitungen und Tafeln aus PVDF

DVS 2208-1
Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen – Maschinen und Geräte für das Heizelementstumpfschweißen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln

DVS 2210-2
Industrierohreitungen aus thermoplastischen Kunststoffen - Projektierung, Konstruktion, Errichtung - Doppelrohrsysteme

DVS 2211
Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen – Schweißzusätze, Kennzeichnung, Anforderung, Prüfung

DWA (ATV-DVWK)

DWA-A 100
Leitlinien der integralen Siedlungsentwässerung

DWA-A 112
Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Sonderbauwerken in Abwasserkanälen und -leitungen

DWA-A 116-1
Besondere Entwässerungsverfahren, Teil 1: Unterdruckentwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden

DWA-A 116-2
Besondere Entwässerungsverfahren, Teil 2: Druckentwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden

DWA-A 117
Bemessung von Regenrückhalteräumen

DWA-A 118
Hydraulische Bemessung von Entwässerungssystemen

ATV-A 122
Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von kleinen Kläranlagen mit aerober biologischer Reinigungsstufe für Anschlußwerte zwischen 50 und 500 Einwohnerwerten

DWA-A 125
Rohrvortrieb und verwandte Verfahren

ATV-DVWK-A 127
Statische Berechnung von Abwasserkanälen und -leitungen

DWA-A 128
Regenentlastungen

DWA-A 138
Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Vrsickerung von Niederschlagwasser

DWA-A 139
Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen)

DWA-A 147
Betriebsaufwand für die Kanalisation - Betriebsaufgaben und Häufigkeiten

DWA-A 262
Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Pflanzenkläranlagen mit bepflanzten Bodenfiltern zur biologischen Reinigung kommunalen Abwassers

DWA-A 712
Allgemeine Hinweise für die Planung von Abwasseranlagen in Industrie- und Gewerbebetrieben

DWA-M 114
Energie aus Abwasser - Wärme und Lageenergie

DWA-M 127-1
Rohrstatik (Deponiesickerwasserleitungen)

12. Normen und Richtlinien

DWA-M 178
Empfehlungen für Planung, Bau und Betrieb von Retensionsbodenfiltern zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem

ATV-A 105
Wahl des Entwässerungssystems

ATV-A 106
Entwurf und Bauplanung Abwasserbehandlungsanlagen

DWA-A 110
Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserleitungen und -kanälen

ATV-A 111
Richtlinien für die hydraulische Dimensionierung und den Leistungsnachweis von Regenwasser-Entlastungsanlagen in Abwasserkanälen und -leitungen

ATV-A 166
Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung

ATV-DVWK-A 142
Abwasserkanäle und -leitungen in Wassergewinnungsgebieten

ATV-DVWK-A 157
Bauwerke der Kanalisation

ATV-DVWK-A 198
Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen

ATV-DVWK-A 780-2
Technische Regel wassergefährdender Stoffe (TRwS)

ATV-M 127-2
Statische Berechnuung zur Sanierung von Abwasserkanälen und -leitungen mit Lining- und Montageverfahren

ATV-DVWK-M 143-1
Sanierung von Entwässerungssystemen Teil 1: Grundlagen

ATV-DVWK-M 176
Hinweise und Beispiele zur konstruktiven Gestaltung und Ausrüstung von Bauwerken der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung

ATV-DVWK-M 177
Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen - Erläuterungen und Beispiele

ATV-DVWK-M 275
Rohrleitungen für den Bereich der technischen Ausrüstung von Kläranlagen

13. Index

A

Abkühlzeit PKS® 61
Abnahmeprüfungszeugniss 26
Abriebverhalten 28, 33, 34
Abwassersattel 69
Allgemeine Schweißrichtlinie 60
Allgemeine Verlegerichtlinie
- Handling 51
- Lagerung 52
- Transport 51

ATV-DVWK 89
Auflagerwinkel 38
Auftriebskraft 37
Ausgangskontrolle 18

B

Bauteil–Rückverfolgbarkeitscode 17
Bauwerkseinbindung 54, 55
Berstlining 56
Betriebliche Rauigkeit kb 36
Betriebsüberdruck 40
Beuldruck 37, 40
Beulspannung 37, 40
Be- und Entladen 51
Biegeradien für Sureline® Rohr 57
bindige Böden 39
bindige Mischböden 39
Böden 48
Bodenarten 48
Bodengruppen 39
Böschungsstück 78
Brandklasse 30

C

Chemische Beständigkeit 28, 29
constant load 20
constant speed 20

D

Dammverlegung 38
Darmstädter Verfahren 33
DIBt Registriernummern 24
DIBt Zulassung für PE 100 24
Dichte 30
Dichteprüfung 19
Dichtheitsprüfung 55
- Druckrohre
  - Kontraktionsverfahren 59
- Freispiegelleitung
  - Dichtheitsprüfung mit Luft 58

DIN 87
DVGW 89
DVS-Richtlinie 89
DWA-Richtlinie A 127 38

E

Eigensschaften von Kunststoffen 30
Eigenüberwachung
- Dichtemessung 19
- Feuchtemessung 19
- MFR - Melt flow rate 19
- Prüfung der Ringsteifigkeit 20
- Ultraschallprüfung 20
- Zeitstand-Innendruckprüfung 20
- Zugprüfung am Profil 20
- Zugprüfung, Streckspannung 19

Einbau 38
Einbau PKS®-/Profix Rohre 53
Einbettungsbedingungen 39, 49
Einfräsverfahren 56
Eingangskontrolle 18
Einlaufbauwerk 76
Einpflügeverfahren 56
Elektoschweißmuffe 17
E-Modul 30
Entlastungsbauwerk 76
Entlastungsschacht 75
Erdraketen 56
Erläuterung Fragebogen 48
Externe Untersuchungen
- FNCT 22
- Notchtest 21
- Punktlastversuch nach Dr. Hessel 21
- Zugversuch der Schweißnaht 23

extrudiertes Kanalrohr 17
Extrusionsnaht 64
Extrusionsschweißen 60, 64
Extrusionsverfahren 10

F

Festpunkte 43
Feuchtigkeitsgehalt 19
Flanschverbindung 70, 71
Formmassen
- Polyethylen 27, 28
- Polypropylen 29

FRANK Schachtanschlußmuffe 54
FRANK Wandeinbindung
- Typ PKS® 1 55
- Typ PKS® 2 54
- Typ PKS® 2a 54

Fremdüberwachung 24
Full Notch Creep Test 21, 22

G

Gesteckte Verbindung 70
geteilte Heizwendel 62
Grabenlose Verlegung
- Berstlining 56
- Einfräsverfahren 56
- Einpflügeverfahren 56
- Erdraketen 56
- Kurzrohrrelining 56
- Rohrstrangrelining 56
- Spülbohrverfahren 56
- Sureline® 57

Grabenverfüllung 48
Grabenverlegung 38
Grabenzonen 39
Grobstoffrückhaltung 75

H

Handling 51
Handschweißextruder 64, 65
Hausanschluss 69
Heizelementstumpfschweißen
- Extrudiertes Kanalrohr 60, 67, 68

Heizwendelschweißen
- Extrudiertes Kanalrohr 60, 65, 66
- Profilkanalrohre 60, 61, 62, 63

Herstellung der Kunststoffrohre 10
Hessel - Überwachungsvertrag 24
Hochdruckspülen 35
homogene Schweißzone 6
Horizontales Spülbohrverfahren 56
Hosenstück 77
Hydraulische Eigenschaften 28

I

ISO 88

K

Kehlnaht 64
Kennzeichnung
- Druckrohre DIN 8074/8075 17
- Wickelrohre DIN 16961 16

Kontraktionsverfahren 59
Kontrollschacht 72, 73
Kostenanalyse Abwasserkanal 13
Kostenschätzung Kanalschäden 13
Kostensenkung Abwasserkanal 14
Kräfteeintrag auf ein biegeweiches Kanalrrohr 12
Kreuzungsbauwerk 77
Kriechmodulkurve 41
Kurzrohrrelining 56

13. Index

L

Lagerung
- Extrudiertes Kanalrohr nach DIN 8074/8075 52
- Wickelrohre nach DIN 16961 52

Längenänderung 42
Langrohrrelining 56
Langzeitringsteifigkeiten 11
Lastannahmen Regelfahrzeuge 38, 49
Lösbare Verbindung 71
Losflansch 71

M

Maximalen Betriebsüberdruck 40
Maximaler Stützabstand 37
MFR - Melt flow rate 19
Mindestwanddicke 40
Muffendruckprüfgerät 58, 63

N

nichtbindige Böden 39
Normen 87
Notchtest 21

O

Offene Grabenverlegung
- Bauwerkseinbindung 54, 55
- Einbau PKS®-/Profix Rohre 53

P

PAS 87
PE 100 27
PE 100 RC 8, 22
PE-el 28
PKS® 6
PKS®- Schweißadapter 63
Polyethylen 5, 27, 28
Polyethylen, elektrisch leitfähig 28
Polypropylen 5, 29
PRANDTL und COLEBROOK 36
Produktionskontrolle 18
Profiltypen Wickelrohr
- PKS®plus 11
- PR 11
- PRO 11
- SQ 11
- Vollwand 11

Prüfbedingungen für Freispiegelleitungen nach DWA-A 139 58
Prüfung der Ringsteifigkeit SN 20
Prüfung der Ringsteifigkeit SR 20
Punktlastversuch nach Dr. Hessel 21

Q

QM-System 25
Qualitätskontrolle 18

R

Rauigkeit kb 36
Reduktion 78
Regelbauwerk 76
Regelfahrzeuge 38, 49
Relining 56
Rohrleitungsgraben 39
Rohrsignierung 16
Rohrstrangrelining 56
Rückverfolgbarkeitscode 17

S

SAM 54
Schachtboden 47
Schachtdatenblatt 50
Schachtdeckel 47
Schächte
- PKS® Einlaufschacht 76
- PKS® Entlastungsschacht 75, 76
- PKS® Kontrollschacht 72, 73
- PKS® Tangentialschacht 74

Schmelzindex 30
schwachbindige Böden 39
Schweißring 62
Schweißroboter 64
Schweißverfahren 60
- Extrusionsschweißen 64
- Heizelementstumpfschweißen 67
- Heizwendelschweißen
  - Extrudiertes Kanalrohr 65, 66
  - Profilkanalrohre 61, 62, 63

Schweißzeiten PKS® 61
Secutec 9
Senkrechter Verbau 49
Sicherheitsklassen 48
Sickerschächte 77
Sonderbauwerk 77
Spülbohrverfahren 56
Statik
- Erläuterung Fragebögen 48, 49
- Schachtdatenblatt 50
- Statikfragebogen Kanalrohr 44, 45
- Statikfragebogen Schächte 46, 47

Stauraumkanal 86
Stauraumsystem 75, 76
Straßendurchlass 78
Straßenverkehrslasten 38
Sureline® 8, 57, 85

T

Tangentialschacht 74, 77
Temperaturdifferenz 42
Transport 51
TSC Kanalrohrsystem 7, 53, 70
TÜV Rheinland Zertifikat 25
Twin Seal Protection Pipe 7

U

Überdruck 40
Überschüttungsbedingungen 39, 48
Ultraschallprüfung 20
UV-Beständigkeit 27, 29

V

Verarbeitungszeiten PKS-Kanalrohre 61
Verbindungstechniken 60, 61, 62, 63
Verdämmen 37
Verfahren L 58
Verfahren W 58
Verhalten beim Hochdruckspülen 35
Verhalten bei Strahlenbelastung 27, 29
Verkehrslasten 38
Verlegerichtlinie 51, 52
Vorrichtzeit PKS® 61
Vorschweißbund 71
Vorteile PKS® Rohre 6
Vorteile PROFIX-Rohre 7
Vorteile Secutec Kanalrohrsystems 9
Vorteile Sureline® Rohre 8

W

Wandeinbindung Typ PKS® 1
- Dichtheitsprüfung 55

Wasserüberstau 37
Werks- / Abnahmeprüfzeugnisse 26
Werkstoffeigenschaften 30
Wickelrohre 10

Z

Zeitstand-Innendruckprüfung 20
Zeitstandkurven PE 100 31
Zeitstandkurven PP 32
zentrische Reduktion 78
Zugkräfte für Sureline® Rohr 57
Zugprüfung 19, 20
Zugversuch der Schweißnaht 23
zulässiger Beuldruck 37
zulässiger Unterdruck 40

FRANK. DER VORSPRUNG.

FRANK GmbH
Starkenburgstraße 1
64546 Mörfelden-Walldorf
T +49 6105 4085 - 0
F +49 6105 4085 - 249
E info@frank-gmbh.de
www.frank-gmbh.de