egeplast



egeplast

# Leitfaden für Entscheider

Alternative Verlegeverfahren mit Polyethylenrohren

# Wir geben Sicherheit.
# Erfahrung. Qualität. Produktvielfalt.

egeplast ist ein inhabergeführtes Familienunternehmen, das sich als Entwickler und Hersteller von innovativen Kunststoffrohrsystemen seit Jahrzehnten etabliert hat.

Die langjährige Erfahrung zeigt, dass geeignete Rohrsysteme aus dem Werkstoff PE bei richtiger Verlegung und Montage zuverlässig und wirtschaftlich über viele Jahrzehnte in den Einsatzgrenzen betrieben werden können.

Dieser Leitfaden gibt Planern und Anwendern einen Überblick über die maßgeblichen Regelwerke, die wichtigsten Verlegeverfahren sowie anforderungsgerechte PE-Rohrwerkstoffe und -Rohrkonstruktionen für die technische Sicherheit einer Rohrleitung bei Einbau und Betrieb. Um dem Anspruch einer Entscheidungshilfe umfassend zu genügen, werden die konventionelle und die grabenlose Rohrverlegung im 6. Kapitel einer wirtschaftlich-vergleichenden Betrachtung unterzogen.











Permanente
**Qualitätsprüfungen**
während und nach der Fertigung

**FABRIK DES JAHRES**
für „Hervorragende Digitalisierung & Automatisierung" im Jahr 2025

**> 60 Jahre**
Erfahrung in der Rohrextrusion

**50.000**
Tonnen Kunststoff p. a. in Greven

Kompetente Betreuung von der Idee bis zur Lieferung

**> 60**
Patente

**3**
Produktionsstandorte in Europa

**Hohe Flexibilität**
in Fertigung und Logistik

Stromrohrsysteme made in **Germany**









# Perfekter Rundumservice für Ihr Bauprojekt








## 1 Planungsservice

Sie profitieren von unseren individuellen Lösungen, die Ihnen helfen, Ihre Projekte und Bauvorhaben sicher umzusetzen. Dabei können Sie sich auf unsere Erfahrung und technische Kompetenz in der Beratung verlassen. Unsere Mitarbeitenden beraten Sie gerne persönlich.

## 2 egeplast Schulungscenter

In unseren Schulungsräumen am Hauptstandort in Greven haben Sie die Möglichkeit, an Produktschulungen teilzunehmen sowie neue Verarbeitungstechniken zu erlernen. Bei unseren Mitarbeitenden erhalten Sie weitere Informationen.

## 3 Baustelleneinweisung

Sie haben Fragen zur Verarbeitung und Verlegung der egeplast Produkte? Dann kontaktieren Sie uns gerne. Wir beraten Sie auf Wunsch direkt vor Ort auf der Baustelle.

**+49 2575 9710-0**
**www.egeplast.de/service-kontakt**

# Inhalt






**Einleitung**

**KAPITEL 1**
**Pflichten und Haftungsrisiken**
Begriffsdefinition Risiko ..... 8
Übersicht Haftungsrisiken der Marktteilnehmer ..... 9

**KAPITEL 2**
**Regelwerke**
DIN / DVGW / PAS / DVS ..... 10
Übersicht Regelwerke zu Verlegeverfahren, Rohrmaterial und Verbindungstechnik ..... 11
PAS 1075 ..... 12

**KAPITEL 3**
**Alternative Verlegeverfahren**
Konventionelle Rohrverlegung / grabenlose Verlegeverfahren ..... 13
Offene Verlegung ..... 14
Verlegung im Sandbett ..... 14
Verlegung ohne Sandbett ..... 15
Pflugverfahren ..... 16
Fräsverfahren ..... 17
Grabenlose Verlegung (Black-Box-Verfahren) ..... 18
Erdrakete ..... 18
Relining ..... 19
Horizontal-Spülbohrverfahren ..... 20
Berstlining ..... 21

**KAPITEL 4**
**Die Verlegearten und deren Anforderungen und Versagensrisiken**
Versagensrisiko Nr. 1: Kratzer und Riefen schwächen die Rohrwand ..... 22
Versagensrisiko Nr. 2: Punktlasten ..... 24
Übersicht verschiedener Verlegeverfahren und deren Versagensrisiken ..... 25

**KAPITEL 5**
**Rohrmaterialauswahl** ..... 26

**KAPITEL 6**
**Wirtschaftliche Betrachtungsperspektiven** ..... 28

**Fazit** ..... 29

# 1 Pflichten und Haftungsrisiken

Mit Risiko ist vom wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung für Globale Umweltveränderungen (WBGU, siehe Jahresgutachten, 1998) das Produkt von Eintrittshäufigkeit bzw. Eintrittswahrscheinlichkeit und Ereignisschwere bzw. Schadensausmaß definiert.

Die Eintrittshäufigkeit bezeichnet dabei die Häufigkeit, mit der ein Ereignis innerhalb eines bestimmten Zeitintervalls eintritt.

Die Einheit des Schadensausmaßes hängt vom jeweiligen Sachgebiet und der Situation ab. Es können Werte sein, die sich in Geldgrößen ausdrücken lassen (Euro), es kann sich aber auch um Umwelt- und Sachschäden oder gar Personenschäden handeln. Insbesondere Schäden an Gasleitungen mit Gasexplosionen machen immer wieder Schlagzeilen. Schäden an Abwasserleitungen hingegen bedeuten Umweltschäden.

Hinsichtlich der Anforderungen an für alternative Verlegeverfahren auszuwählende Rohre existieren zur Zeit keine rechtsverbindlichen Normen. Gleichwohl müssen die allgemein formulierten Anforderungen aus übergeordneten Gesetzen/Regelwerken erfüllt werden, z.B. die Festlegungen der „Grundlegenden Sicherheitsanforderungen" für Rohrleitungen gem. Anhang I der DGRL Richtlinie 97/23/EG oder auch die Anforderungen aus der BetrSichV."

egeplast hat daher die Rechtsanwaltssozietät FRESHFIELDS BRUCKHAUS DERINGER beauftragt, die Frage der Haftung verschiedener Marktteilnehmer (Rohrhersteller, Planer, Verarbeiter und Netzbetreiber) bei der Verlegung von Rohren im sandbettfreien und grabenlosen Verfahren zu untersuchen.

Untersucht wurden mögliche Ansprüche im Hinblick auf Produktionsfehler, bei Schäden auf Grund mangelnder Eignung der Rohre für das gewählte Verfahren, Planungs-/Spezifikationsfehler und Schäden beim Einzug der Rohre.



## Übersicht Haftungsrisiken der Marktteilnehmer

| | Planer | | Verarbeiter | | Netzbetreiber |
|---|---|---|---|---|---|
| | Vertraglich (ggü. Auftraggeber) | Deliktisch (auch ggü. Dritten) | Vertraglich (ggü. Auftraggeber) | Deliktisch (auch ggü. Dritten) | auch ggü. Dritten |
| Gegenstand | • Fehlerhafte Planung (dazu gehört auch Auswahl ungeeigneter Baumaterialien/Verlegeverfahren)<br>o Prüfpflicht<br>o Bauherrn auf Bedenken hinweisen<br>• Gemäß Ziff. 5.4.2 DVGW Arbeitsblatt GW 321 zusätzlicher Rohraußenschutz bei bestimmten Bodenverhältnissen | Schaden durch **schuldhafte** fehlerhafte Planung oder Auswahl ungeeigneter Materialien/Verlegeverfahren | • Beschädigung bei Verlegung<br>• Prüfpflicht, ob Baumaterialien und Baugrund geeignet (bei Zweifeln Belastungstests)<br>• Gemäß Ziff. 5.4.2 DVGW Arbeitsblatt GW 321 zusätzlicher Rohraußenschutz bei bestimmten Bodenverhältnissen<br>• Modifikation der Mängelrechte bei Vereinbarung von VOB/B möglich | Schaden durch **schuldhafte** Beschädigung bei Verlegung oder Verletzung der Prüfpflicht von Baumaterialien und Baugrund | • Schuldhafte Schadensverursachung durch Auswahl falscher Produkte<br>(-) bei Inanspruchnahme externer Fachkunde<br>• Verschuldensunabhängige Haftung als Inhaber einer Rohrleitungsanlage für durch Anlage verursachte Sach- oder Personenschaden<br>(-) wenn Anlage anerkannten Regeln der Technik entspricht |
| Qualitätssicherung | Nachweis mangelfreier Verlegung durch die Verwendung von Rohren mit Integritätsprüfung | | | | Ausschreibung dahingehend, dass mängelfreie Verlegung anhand von Rohren mit Qualitätsprüfung bei Abnahme dokumentiert werden muss |

Tab. 1: Potentielle Haftungsrisiken von Planern, Verarbeitern und Netzbetreibern (Quelle: Gutachten von FRESHFIELDS BRUCKHAUS DERINGER)

Zur Zeit liegen keine (rechts-)verbindlichen Normen vor, in denen detaillierte technische Regelungen für die Rohrauswahl bei alternativen Verlegeverfahren sowie die Anforderungen an die Verlegung selbst beschrieben sind. Daher sind an die Beteiligten hohe Anforderungen bezüglich der Auswahl der Materialien und Verfahren gestellt, um den allgemein formulierten Anforderungen aus den geltenden Gesetzen, Richtlinien und Verordnungen zu genügen. Eine der haftungsträchtigsten Fehlerquellen für Planer, Verarbeiter und Netzbetreiber liegt in der Auswahl ungeeigneter Materialien bzw. Verlegeverfahren. Für den Rohrleitungsbau ist beispielsweise Ziffer 5.4.2 des DVGW Arbeitsblattes GW 321 maßgeblich, wonach bei bestimmten Bodenverhältnissen ein zusätzlicher Rohraußenschutz, z.B. eine Polyolefinumhüllung, zu verwenden ist. Es kann somit nur empfohlen werden, Rohrsysteme einzusetzen, bei denen die Eignung und mängelfreie Verlegung aus fachtechnischer Sicht zweifelsfrei nachvollzogen und dokumentiert werden kann. Sofern der Schaden nicht früher entstanden ist, haften Planer, Verarbeiter und Netzbetreiber ggf. bis zu 30 Jahre.

# 2 Regelwerke

Für eine sichere und zuverlässige Gas- und Wasserversorgung (aber auch Abwasserentsorgung) sind einheitliche technische Grundlagen und Regeln erforderlich. Sie fördern Rationalisierung und Qualitätssicherung, dienen der Sicherheit von Menschen und Sachen und damit dem Nutzen der Allgemeinheit [GW100]. Die technischen Regelwerke werden in Deutschland im Allgemeinen erstellt durch die technisch-wissenschaftlichen Vereine wie DIN und DVGW und in Europa durch das europäische Normungsinstitut CEN. Im Gas- und Wasserfach ist in Deutschland das DVGW-Regelwerk als verbindlicher Maßstab vorgeschrieben.

**DIN**

**DVGW**

**PAS**

### Allgemein anerkannte Regeln der Technik

Bei den allgemein anerkannten Regeln der Technik handelt es sich nach herrschender Meinung um technische Regeln für den Entwurf und die Ausführung von Werkanlagen, die in der Wissenschaft keinem Meinungsstreit ausgesetzt sind und damit als theoretisch richtig anerkannt sind und feststehen sowie insbesondere in dem Kreis der für die Anwendung der betreffenden Regeln maßgeblichen, nach dem neuesten Erkenntnisstand vorgebildeten Techniker durchweg bekannt und aufgrund fortdauernder praktischer Erfahrung als technisch geeignet, angemessen und notwendig anerkannt sind (MüKO, BGB, 4. Auflage, § 633, Rn. 17 u.a.). Dieser Maßstab hinkt hinter einer weiterstrebenden technischen Entwicklung her:

### Stand der Technik

Stand der Technik sind Regeln, die noch nicht als allgemein anerkannt angesehen werden können, jedoch bis zu einem bestimmten Zeitpunkt den Stand der technischen Erkenntnisse widerspiegeln und Eingang in die betriebliche Praxis gefunden haben (MüKO, a.a.O, § 633 Rn. 19).

Eine Möglichkeit, einen etablierten Stand der Technik, der noch nicht Einzug in die klassischen technischen Regeln gehalten hat, zu definieren, stellt eine Publicly Available Specification (PAS) also eine öffentlich zugängliche Spezifikation dar. Die Veröffentlichung dieses Industriestandards durch das Deutsche Institut für Normung e.V. verleiht ihm ein besonderes Gewicht und gibt die Möglichkeit, eine beschriebene Mindestqualität durch einen unabhängigen Zertifizierer zu überwachen.

### Regelwerk des DVGW

Qualitätsanforderungen an Rohre aus Polyethylen für die konventionelle Verlegung im Sandbett beschreibt das DVGW Arbeitsblatt GW 335. Zu den alternativen Verlegeverfahren hat der DVGW Verfahrensbeschreibungen und Anweisungen als Arbeits- bzw. Merkblätter in der GW 32x Reihe herausgebracht. Die Qualitätsanforderungen an alternativ zu verlegende Rohre sind in den Regeln der Technik bislang nicht ausführlich beschrieben. Das DVGW-Regelwerk fordert zurzeit lediglich, dass die Rohrleitungen den Anforderungen der Verlegung genügen müssen und spricht Empfehlungen aus. Folglich gelten für grabenlos verlegte Polyethylenrohre immer noch die gleichen Anforderungen wie für Rohre, die im Sandbett verlegt werden. Dieses entspricht nicht dem Stand der Technik.

### DVS-Merkblätter/-Richtlinien

Für die Verbindung von Kunststoffrohren durch Schweißen der Rohrenden gelten die DVS-Merkblätter und -Richtlinien. Diese Regeln gelten unabhängig von der Verlegeart der Rohre.

## Regelwerke zu Verlegeverfahren, Rohrmaterial und Verbindungstechnik

| Art der Verlegung | Regelwerke Verlegeverfahren | Vorgabe und Empfehlung der Regelwerke für Verlegeverfahren an das einzusetzende Rohrmaterial | DVS-Richtlinien Verbindungstechnik DVS 2207-1 Bewertung der Schweißverbindung gem. DVS 2202-1 |
|---|---|---|---|
| Offene Rohrverlegung mit Sand | W 400 – 2 (Wasser)<br>G 472 (Gas)<br>DIN EN 805 | • GW 335<br>• max. 10 % Ritztiefe | max. 0,1 x s<br>Bindefehler beim HM durch Kerben in der Rohroberfläche sind in allen 3 Bewertungsgruppen unzulässig. |
| Offene Rohrverlegung ohne Sand/ Pflügen/ Fräsen | GW 324<br>W 400 – 2 (Wasser)<br>G 472 (Gas) | • max. 10 % Ritztiefe<br>• Punktlastbeständigkeit und Schutz gegen unzulässige Riefenbildung in Abhängigkeit vom Baugrund | max. 0,1 x s<br>Bindefehler beim HM durch Kerben in der Rohroberfläche sind in allen 3 Bewertungsgruppen unzulässig. |
| Neuverlegung durch Rohreinzug<br><br>Spülbohren (Black-Box-Verfahren) | GW 321<br>W 400 – 2 (Wasser)<br>G 472 (Gas) | • max. 10 % Ritztiefe<br>• Polyolefinumhüllung als Rohraußenschutz empfohlen | max. 0,1 x s<br>Bindefehler beim HM durch Kerben in der Rohroberfläche sind in allen 3 Bewertungsgruppen unzulässig. |
| Neuverlegung durch Rohreinzug<br><br>Erdrakete (Black-Box-Verfahren) | GW 325<br>W 400 – 2 (Wasser)<br>G 472 (Gas) | • max. 10 % Ritztiefe<br>• In Abhängigkeit von den Baugrund- und Bettungsverhältnissen ist ein geeigneter Rohraußenschutz erforderlich | max. 0,1 x s<br>Bindefehler beim HM durch Kerben in der Rohroberfläche sind in allen 3 Bewertungsgruppen unzulässig. |
| Sanierung durch Rohreinzug<br><br>Relining (Black-Box-Verfahren) | GW 320 -1<br>(mit Ringraum)<br>W 400 – 2 (Wasser)<br>G 472 (Gas) | • max. 10 % Ritztiefe | max. 0,1 x s<br>Bindefehler beim HM durch Kerben in der Rohroberfläche sind in allen 3 Bewertungsgruppen unzulässig. |
| Sanierung durch Rohreinzug<br><br>Berstlining (Black-Box-Verfahren) | GW 323<br>W 400 – 2 (Wasser)<br>G 472 (Gas) | • max. 10 % Ritztiefe<br>• Polyolefinumhüllung als Rohraußenschutz empfohlen | max. 0,1 x s<br>Bindefehler beim HM durch Kerben in der Rohroberfläche sind in allen 3 Bewertungsgruppen unzulässig. |
| Sanierung durch Rohreinzug<br><br>Swagelining (Black-Box-Verfahren) | GW 320 – 2<br>(ohne Ringraum)<br>W 400 – 2 (Wasser)<br>G 472 (Gas) | • max. 10 % Ritztiefe | max. 0,1 x s<br>Bindefehler beim HM durch Kerben in der Rohroberfläche sind in allen 3 Bewertungsgruppen unzulässig. |

Tab. 2: Regelwerke zu Verlegeverfahren, Rohrmaterial und Verbindungstechnik

## Ziele der PAS 1075

Die maßgebenden Anforderungen an Werkstoffe und Rohre aus Polyethylen, die mit alternativen Verlegetechniken verlegt werden sollen, wurden erstmalig in einer PAS – ein über den DIN publizierter Industriestandard – für eine Mindestnutzungsdauer von 100 Jahren beschrieben.

Ziel war es, mit dieser Vereinheitlichung von Werkstoffen und Rohrkonstruktionen einen Qualitätsstandard zu schaffen, der durch akkreditierte Prüfmethoden abgesichert und durch unabhängige Zertifizierer verifiziert werden kann. Damit war die PAS eine ideale Ergänzung der bewährten Standards des DIN und DVGW. Nutznießer dieser Vereinheitlichung ist der Anwender, dem ein nachvollziehbarer Qualitätsstandard geboten wird, der es ihm ermöglicht, PE-Rohrleitungssysteme für alternative Verlegeverfahren auszuwählen, die nach der Verlegung eine gesicherte Mindestnutzungsdauer von mehr als 100 Jahren aufweisen.

Die Richtlinie PAS 1075 für alternative Verlegeverfahren wurde im Jahr 2020 aus formalen Gründen ersatzlos zurückgezogen – die Nutzung dieser Richtlinie ist jedoch nach wie vor gängige Praxis.

Die grundlegenden Anforderungen an Rohre und Werkstoffe für diese Verfahren wurden in die europäischen Normenwerke für Gas- und Wasserrohre (DIN EN 1555 bzw. DIN EN 12201) implementiert.

## Klassifizierung der Rohrkonstruktionen

**Typ 1:**
Vollwandrohre aus PE 100-RC

**Typ 2 (zwei- oder dreischichtig):**
Rohre mit maßlich integrierten Schichten aus PE 100-RC

**Typ 3:**
Rohre mit Abmessungen gemäß DIN 8074/ISO 4065 aus PE 100-RC mit zusätzlichem äußeren Schutzmantel

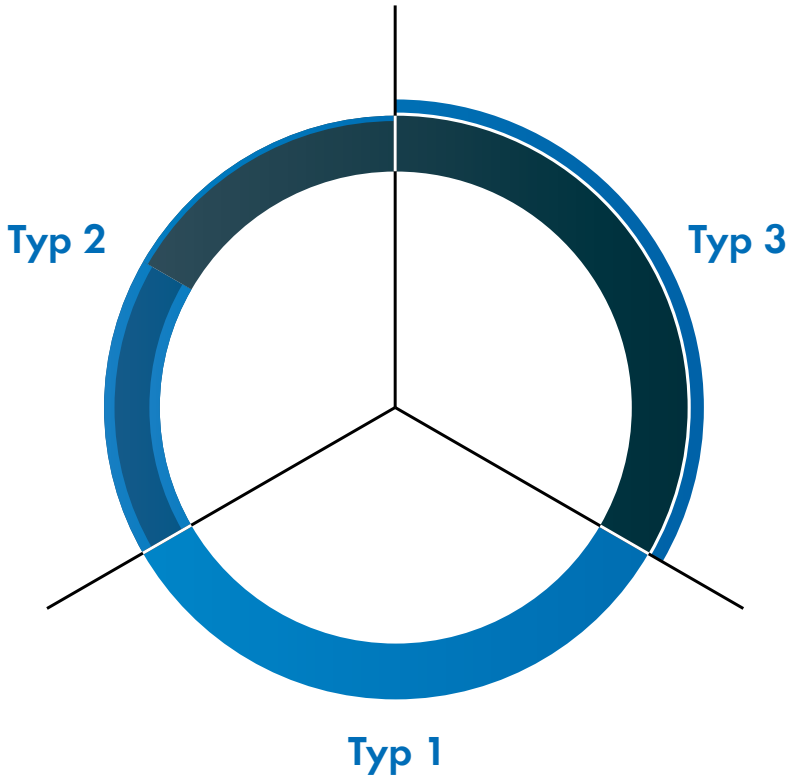



Abb. 1: Rohrsysteme mit integrierten und additiven Schutzschichten gemäß PAS 1075

## Prüfung und Überwachung

Die Weiterentwicklung der bewährten PE 100-Werkstoffe in Bezug auf Spannungsrissbeständigkeit macht es möglich, den besonderen Anforderungen der alternativen Verlegetechniken zu genügen.

Diese besonderen Werkstoffe zeichnen sich durch eine Standzeit im FNCT (Full Notch Creep Test) bzw. im Punktlastversuch bei 80 °C; Sigma 4 N/mm²; 2 % Arkopal N-100 von mindestens 8.760 Stunden aus. Werkstoffe, die diese Anforderungen erfüllen, werden als PE 100-RC bezeichnet.

Darüber hinaus definiert die PAS 1075 auch an die gefertigten Rohre weitergehende Anforderungen, die über die Mindestanforderungen der europäischen Produktnormen DIN EN 12201 und 1555 hinausgehen.

Um den hohen Anforderungen an 100 Jahre Nutzungsdauer auch bei alternativen Verlegetechniken gerecht zu werden, sichern die hohen Anforderungen der PAS folgende Versagensrisiken ab:

### Punktlasten

Zur Vermeidung von Schäden durch Punktlasten legt die PAS 1075 die Mindestanforderung an PE 100-RC Werkstoffe in Bezug auf Widerstand gegen langsamen Rissfortschritt (Spannungsrissbeständigkeit) fest. Da Schäden durch Punktlasten auf der Rohrinnenseite ausgelöst werden, müssen die PE 100-RC Werkstoffe mindestens als 2,5 mm dicke Schicht auf der Rohrinnenseite eingesetzt werden.

### Penetration

Zum Ausschließen des Durchbohrens einer alternativ verlegten Rohrleitung aus Polyethylen durch im direkten Kontakt im Rohrbett liegende scharfe Steine oder Altrohrscherben formuliert die PAS 1075 einen Penetrationstest.

### Verschleißschutz

Zur Sicherstellung eines sicheren Kratzschutzes, der 100 % Druckfestigkeit und eine sichere Verbindungstechnik ermöglicht, definiert die PAS 1075 die Anforderung an einen zusätzlichen Schutzmantel.

### Thermische Alterung

100 Jahre Nutzungsdauer sind für PE 100 bereits heute in der DIN 8074/75 definiert, die PAS 1075 fordert für die PE 100-RC Werkstoffe auch den Nachweis der Alterungsbeständigkeit für 100 Jahre unter zusätzlicher Punktlast.


JCB

# 3 Alternative Verlegeverfahren

## Konventionelle Rohrverlegung / grabenlose Verlegeverfahren



Abb. 2: Black-Box als Charakteristik grabenloser/geschlossener Bauweisen

Die heutigen Versorgungsnetze sind zumindest in Deutschland nahezu flächendeckend erstellt. Daher kommt der Erneuerung und Sanierung, insbesondere durch alternative, geschlossene Verlegeverfahren, eine stärkere Bedeutung als dem Neubau zu.

Auch der DVGW empfiehlt in der Richtlinie W 400-1 die Prüfung der Zweckmäßigkeit grabenloser Techniken. Neben der offenen Bauweise [...] ist die Zweckmäßigkeit grabenloser Bauweisen, unter Berücksichtigung der notwendigen Zusatzqualifikationen und zugehörigen einbaubedingten Zusatzbeanspruchungen [...] zu prüfen. Nähere Informationen zu den Regelwerken für grabenlose Bauweisen finden sich u. a. auch in DVGW GW 320 (A), DVGW GW 321 (A), DVGW GW 322-1 (A) und DVGW GW 323 (M)].

Bei der geschlossenen Bauweise ist es nicht möglich, die verlegte neue Leitung einer Qualitätskontrolle zu unterziehen, da diese durch eine Black-Box gezogen wird, was das Risiko von zukünftigen Schäden durch Beschädigungen beim Rohreinzug erhöht. Außerdem muss die neue Leitung im Betrieb ohne schützende Rohrbettung auskommen, was zusätzliche Risiken wie Punktlasten birgt. Grabenlose Verfahren stellen somit höhere Anforderungen an die verwendeten Rohrsysteme.

Es muss daher technisch gesichert sein, dass bei Anwendung von grabenlosen oder grabenarmen Verlegeverfahren das Rohrsystem die gleiche Nutzungsdauer erreicht wie bei einer offenen Verlegung im Sandbett.

# Offene Verlegung

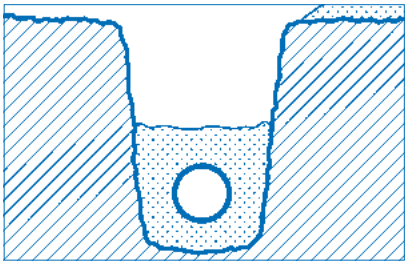
## Offene Verlegung im Sandbett



Abb. 3: Standardrohre werden in einem Sandbett verlegt

Bei der Verlegung in offener Bauweise mit Sandbettung wird die Rohrleitungszone genau definiert, das Rohr in einem schützenden Sandbett verlegt. Im Anschluss müssen die Oberflächen wiederhergestellt werden.

Hinsichtlich der Rohrgrabenausführung gilt u.a. die DIN 4124 „Baugruben und Gräben“, die genau festlegt, wie Arbeitsraumbreiten und der Verbau zu bewerkstelligen sind. Das Rohr muss frei von Riefen und Kratzern sein, dann wird der das Rohr umgebende Boden dabei so präpariert, dass das drucktragende Mediumrohr vor äußeren Einflüssen geschützt ist. In der DIN EN 805 und der DVGW-Richtlinie W 400-2 wird eine Einbettung des Rohres in Sand oder Feinkies vorgeschrieben.



## Offene Verlegung ohne Sandbett

Bei der Verlegung in offener Bauweise ohne Sandbett wird das Rohr direkt im Rohrgraben verlegt. Im Anschluss müssen die Oberflächen wiederhergestellt werden.

Steigender Kostendruck zwingt viele Versorger zu hinterfragen, ob eine aufwendige Sandbettung der neuen Leitung notwendig ist. Ist der Bodenaushub verdichtungsfähig, so kann dieser zum Verfüllen wiederverwendet werden – anstelle des Sandes. Voraussetzung für solche Verlegebedingungen ist ein Rohrsystem, welches den hier auftretenden, erhöhten Belastungen gewachsen ist.

Der Verzicht auf die Sandbettung kann dazu führen, dass Steine über einen längeren Zeitraum die Außenwand des Rohres punkt- oder linienförmig belasten – zusätzlich zu den Betriebslasten wie Innendruck, Erd- oder Verkehrslasten. Wird auf den Schutz durch ein Sandbett verzichtet, muss das ausgewählte Rohrsystem den typischen Oberflächenbeschädigungen durch Kratzer und insbesondere den Punktlasten widerstehen können, damit diese nicht zu Spannungsrissen führen.

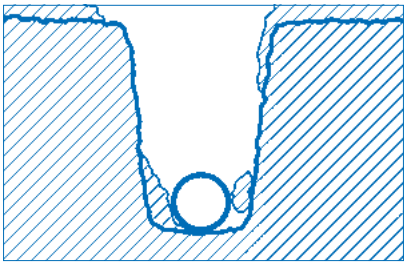




Abb. 4: Bei Verzicht auf Sandbettung wird der Einsatz von Rohrleitungen mit integrierten Schutzschichten empfohlen.

## Pflugverfahren



Abb. 5: Bei der Verlegung mit dem Pflug empfiehlt sich der Einsatz von Rohrleitungen mit integrierten Schutzschichten.

Bei diesem Verfahren wird das neue Rohr kontinuierlich eingepflügt und die Rohrschneise anschliessend sofort wieder verschlossen.

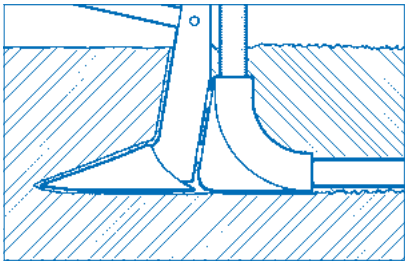
Voraussetzung für solche Verlegebedingungen ist ein Rohrsystem, welches den hier auftretenden, erhöhten Belastungen gewachsen ist.

Je nach Bodenverhältnissen kann es sein, dass die neu verlegte Rohrleitung oberflächig verkratzt wird (max. 10 % der Wanddicke sind zulässig). Außerdem können Steine über einen längeren Zeitraum die Außenwand des Rohres punkt- oder linienförmig belasten – zusätzlich zu den Betriebslasten wie Innendruck, Erd- oder Verkehrslasten.

Der Einfluss des Pfluges auf das Erdreich ist relativ gering. Eine Grundwasserabsenkung ist bei diesem Verlegeverfahren nicht notwendig. Daher ist diese Verlegemethode, auch durch die gering entstehenden Flurschäden, sehr umweltschonend. Eingesetzt werden kann das Verfahren bis zu Bodenklasse 5 in unverbauten Gebieten. Je nach Bodenklasse können Verlegetiefen bis 2 Meter realisiert werden.

Die Verlegung im Pflugverfahren ist mit bis zu 5.000 Metern verlegter Rohrleitung pro Arbeitstag wohl die wirtschaftlichste Form der Neuverlegung einer Rohrleitung. Die Verlegeeinheit besteht aus dem Verlegepflug mit Pflugschwert und Verlegekasten und einer auf einem LKW oder Raupenfahrzeug installierten Seilwinde. Die Verlegeinheit wird von der Seilwinde in Richtung dieses Fahrzeuges gezogen. Erreicht der Pflug das Fahrzeug, wird die Seilwinde an dem nächsten Streckenpunkt in Stellung gebracht und der Vorgang wiederholt sich. In der Startgrube wird das Pflugschwert auf die gewünschte Verlegetiefe abgesenkt. Je nach Rohrdurchmesser, bis OD 225 mm ist die Verlegung möglich, können mehrere Rohrleitungen gleichzeitig eingepflügt werden. In dem nachgeführten Verlegekasten werden die Rohrleitungen von oben in den Boden geführt. Das Erdreich schließt sich wieder hinter dem Pflugschwert durch das Eigengewicht, der Vorgang kann aber durch Maschineneinsatz beschleunigt werden. Punktlasten, ausgelöst durch z.B. Steine im Erdreich, können eine Schädigung der Rohrleitung hervorrufen. Um die angestrebte Mindestnutzungsdauer in der Realität auch zu erreichen, sollten Rohrleitungen aus einem Werkstoff mit nachgewiesen hoher Spannungsrissbeständigkeit eingesetzt werden.

Eine Variante des Pflugverfahrens, insbesondere für Rohrmaterialien, deren zulässige Biegeradien für den normalen Pflug zu groß sind, ist das Raketenpflugverfahren. Der Verfahrensablauf ist identisch, einzig das Einbringen der Rohrleitung erfolgt in Längsrichtung. Das bedeutet, der Rohrstrang wird zusammen mit dem Plugschwert über die gesamte Verlegelänge gezogen. Durch die deutlich höheren mechanischen Belastungen müssen die Rohrleitungen einen zusätzlichen Rohraußenschutz aufweisen. Dabei ist zu beachten, dass die zulässigen Zugkräfte der Rohrleitung und der Verbindung nicht überschritten werden. Die Länge des Rohrstranges wird durch die Zugkräfte begrenzt.



## Fräsverfahren

Spezialgeräte fräsen einen schmalen Rohrgraben, in den im gleichen Arbeitsgang das flexible Rohr eingebracht wird. Den Bodenaushub verwendet man als Verfüllmaterial.

Je nach Bodenverhältnissen kann es sein, dass die neu verlegte Rohrleitung oberflächig verkratzt wird (max. 10 % der Wanddicke sind zulässig). Außerdem können Steine über einen längeren Zeitraum die Außenwand des Rohres punkt- oder linienförmig belasten – zusätzlich zu den Betriebslasten wie Innendruck, Erd- oder Verkehrslasten – und somit Schäden verursachen.

Eine motorbetriebene Fräse öffnet einen schmalen Graben von bis zu 60 cm Breite und einer Tiefe von bis zu 2,5 m. In diesen Graben wird das Rohr eingebracht und nahezu zeitgleich erfolgt die Verfüllung des Rohrgrabens, in der Regel mit dem Aushubmaterial. Anders als bei dem Pflugverfahren können mit diesem Verfahren auch schwierige Böden bis hin zu Bodenklasse 7 bearbeitet werden. Die Verlegeleistung hängt maßgeblich von der vorherrschenden Bodenklasse ab, ist aber geringer als bei der Verlegung im Pflugverfahren. Da bei diesem Verfahren in der Regel keine Verlegung der Rohrleitung in einem Sandbett entsprechend den Regeln der Technik erfolgt, sollten Rohrleitungen aus einem Werkstoff mit nachgewiesen hoher Spannungsrissbeständigkeit eingesetzt werden.

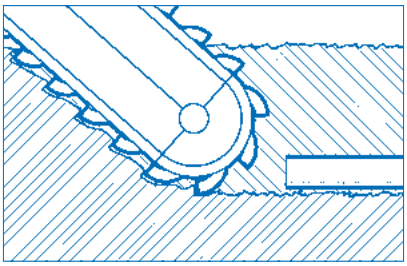




Abb. 6: Beim Fräsverfahren wird der Bodenaushub als Verfüllmaterial verwendet, daher empfiehlt sich der Einsatz von Rohrsystemen mit intgrierten Schutzschichten.

# Grabenlose Verlegung (Black-Box)

## Bodenverdrängung (Erdrakete)

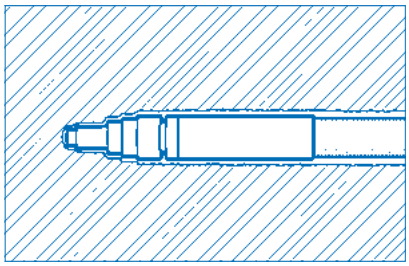


Abb. 7: Bei der Verlegung mit einer Erdrakete kann die eingeschossene Leitung beschädigt werden, daher ist der Einsatz von Rohrleitungen mit additiven Schutzschichten erforderlich.

Mittels einer Erdrakete werden im Allgemeinen Hausanschlussleitungen über wenige Meter durchs Erdreich „geschossen".

Das anstehende Erdreich kann das Neurohr unzulässig tief verkratzen. Maximal 10% Ritztiefe der Rohrwand sind dabei zulässig. Weiterhin bewirken umliegende Steine Punktlasten.

Das Verlegeverfahren Bodenverdrängung mit Erdrakete kommt meist im Bereich der Hausanschlüsse zum Einsatz. Ein pneumatisch betriebener Hammer treibt einen Hohlraum auf, in dem die neue Rohrleitung gebettet wird. Dazu muss das Erdreich ausreichend verdrängungsfähig sein. In lockeren und weichen Böden ist eine statische Unterstützung der Erdrakete notwendig, da keine ausreichende Reibung mit dem Erdreich für den eigenständigen Vortrieb aufgebaut wird. Die Ausgestaltung des Vortriebkanals ist daher in steinigen Böden durch die seitliche Verdrängung der Steine präziser. Das seitliche Ausbrechen der Erdrakete erfolgt in geringem Maße. Die Peilung des Zieles erfolgt in der Startgrube. Mit diesem Verfahren lassen sich Rohrleitungen bis OD 200 mm verlegen.



## Relining

Das Relining bietet sich für die Sanierung von defekten Rohrleitungen an. Je nach Zustand des Altrohres kommt es zu Kratzern und Kerben im Neurohr. Insbesondere V-Naht geschweißte Stahlrohre bergen ein hohes Risiko.

Relining zählt zu den grabenlosen Renovierungsverfahren. Die Funktionsfähigkeit der vorhandenen Leitungen wird unter vollständiger oder teilweiser Einbeziehung der ursprünglichen Substanz und unter Nutzung der bestehenden Leitungstrasse wiederhergestellt. Eingesetzt werden industriell vorgefertigte und geprüfte Kunststoffrohre, die mit oder ohne Ringraum in das Altrohr eingezogen bzw. eingeschoben werden. Beim Rohrstrangrelining wird die gesamte Haltungslänge ausserhalb der Einziehgrube vorgestreckt, beim Langrohrrelining werden die Rohrschüsse beim Einzug in der Einziehgrube miteinander verbunden. Je nach Altrohrzustand muss das Neurohr neben der abdichtenden Funktion auch statische Aufgaben übernehmen. Mit dem Relining geht eine Querschnittsreduzierung einher, die oft aus Gründen der Kapazitätsanpassung, z.B. durch Wegzug von Industrie, Gewerbe und Bevölkerung, auch gewünscht ist. Die neuen Kunststoffrohre haben strömungstechnisch vergleichsweise geringe Widerstandswerte. Sie bewirken, wie die die Praxis zeigt, trotz der Querschnittsverringerung oft eine Erhöhung des Durchsatzes gegenüber den sanierungs-bedürftigen Altrohren.

Der Ringraum zwischen Alt- und PE-Rohrleitung wird nach Abschluss der Baumaßnahme verdämmt. Führungen und Distanzhalter fixieren und sichern die Rohrleitung in der gewünschten Position. Eine Ballastierung mit Wasser wirkt unterstützend. Beim Verdämmen ist die Beuldruckfestigkeit der Rohrleitung zu beachten, um eine Querschnittsverformung zu unterbinden. Ein Drainageeffekt durch zufliessendes Grundwasser wird durch eine Verdämmung verhindert.

Altrohrleitungen enthalten sehr oft Armaturen, Schweißgutrückstände, raue Schweißnahtoberflächen, die zu Oberflächenschädigungen beim Einzug des Neurohres führen können.

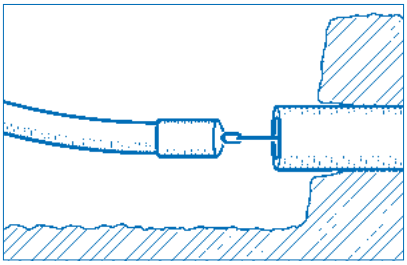




Abb. 8: Beim Relining-Verfahren kann die neue Leitung beschädigt werden, daher ist der Einsatz von Rohrleitungen mit additiven Schutzschichten erforderlich.

## Horizontal-Spülbohrverfahren



Abb. 9: Bei der Verlegung im HDD-Verfahren kann die neue Leitung beschädigt werden, daher ist der Einsatz von Rohrleitungen mit additiven Schutzschichten erforderlich.

Das Horizontalspülbohrverfahren (HDD) ist ein steuerbares Nassbohrverfahren. Je nach Beschaffenheit des Erdreichs und Bohrungsradius gefährden Kratzer und Kerben sowie Punktlasten durch Steine das neu eingezogene Rohr.

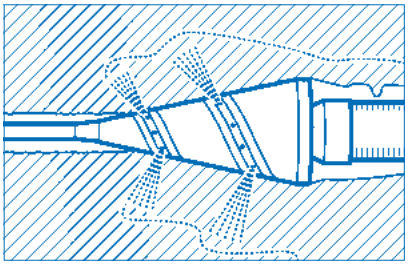
Das Horizontal-Spülbohrverfahren wird zum Beispiel bei Längsverlegungen, Dükerungen und Gebäudeunterquerungen, bei Drainage- und Bewässerungsaufgaben, für die Kabelverlegung in der Verkehrsleittechnik und bei Hang- und Dammsicherungsmaßnahmen eingesetzt. Die Steuerung der Bohrung erfolgt durch Drehen des abgewinkelten Pilotbohrkopfes in dem Bohrloch.

Die Bohrsuspension strömt mit hohem Druck aus dem Bohrkopf, lockert das Erdreich sowie Steine und fördert das Bohrklein aus dem Bohrloch. Die Bohrsuspension wird auf den jeweiligen Untergrund abgestimmt und kann neben Bentonit, einem Tonmineral, weitere Zusätze enthalten, die z.B. eine zusätzliche Stützwirkung auf den Bohrkanal haben.

Je nach gewünschtem Rohrdurchmesser sind nach der Pilotbohrung mehrere Aufweitbohrungen nötig, um den Bohrkanal für das Einspülen der medienführenden Leitung vorzubereiten. Ein Schlagwerk, das in steinigen Böden bis Bodenklasse 5, teilweise auch Bodenklasse 6, zugeschaltet werden kann, erleichtert nicht nur den Vortrieb, sondern auch den Steuervorgang. Bei Bohrungen in Fels wird ein Bohrlochmotor mit Rollenmeißeln vorgeschaltet.

Nach DVGW Arbeitsblatt GW 321 „Steuerbare horizontale Spülbohrverfahren für Gas- und Wasserrohrleitungen – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung“ müssen die Rohrleitungen für die Erneuerung in Trinkwassernetzen mindestens der Druckstufe 10 bar entsprechen. Während des Einziehvorgangs dürfen die Rohre nicht über die zulässigen Zugkräfte hinaus beansprucht werden. Nach DVGW-Arbeitsblatt GW 321 bzw. auf Verlangen des Auftraggebers sind deshalb die direkt auf das Medienrohr einwirkenden Zugkräfte zu messen und zu protokollieren. Die Messung erfolgt mit einer Zugkraftmesseinrichtung, die vor dem einzuziehenden Rohr montiert ist. Aufgrund der bei diesem Verlegeverfahren entstehenden mechanischen Belastungen sollten insbesondere bei kleinen Rohrdurchmessern nur Rohrleitungen der Reihe SDR 11 verwendet werden.

Die Nutzungsdauer der neu verlegten Rohrleitung ist von dem Grad der Unversehrtheit abhängig. Beschädigungen von bis zu 10 % der Rohrwanddicke werden von dem Werkstoff toleriert, darüber hinaus gehende Kratzer und Riefen verringern die Nutzungsdauer der Versorgungsleitung. (Aus diesem Grund wird auch in dem DVGW-Regelwerk GW 321 der Einsatz von Schutzmantelrohren empfohlen.)



## Berstlining

Die Energieeinleitung für das Bersten der Rohre erfolgt schlagend durch modifizierte Erdraketen oder Rammen. Der Berst- und Aufweitkörper wird mittels Seil und Winde im Rohr stabilisierend geführt. Dynamische Verfahren eignen sich besonders für den Einsatz in verdichteten oder steinigen Böden und für spröd brechende Altrohre aus Grauguss, Steinzeug oder Beton.

Die hydraulisch erzeugte Berstkraft wird über ein Gestänge auf den Berst- und Aufweitkörper übertragen. Das statische Berstlining wird zum Bersten von Altrohren aus spröden und duktilen Werkstoffen eingesetzt; letztere werden mit einem speziellen Rollenmesser in der Rohrsohle geschnitten. Eine nachfolgende Aufweitung verdrängt das Altrohr und kalibriert den Berstkanal für den Einziehvorgang.

Durch den Berst- und Einziehvorgang wird das Neurohr stark beansprucht. Altrohrscherben bewirken Kratzer und Riefen, Steine rufen Punktbelastungen in der Endlage hervor.

Aus diesem Grund wird im DVGW-Regelwerk GW 323 der Einsatz von Schutzmantelrohren empfohlen. Im übrigen gelten auch hier die Anforderungen hinsichtlich Mindeststärke von Beschädigungen oder Einhaltung der zulässigen Zugspannungen wie bei den übrigen grabenlosen Verlegeverfahren.

Beim Berstlining wird ein Berst- und Aufweitkörper durch das Altrohr gezogen, die Rohrscherben in das Erdreich verdrängt und gleichzeitig ein industriell vorgefertigtes Rohr mit gleichem oder größerem Durchmesser eingezogen.

Der umliegende Boden muss verdrängbar, die Lage und der Zustand parallel verlaufender Leitungen bekannt sein. Es gibt dynamisch und statisch arbeitende Systeme, die nahezu alle Rohrmaterialien, auch bewehrte Betonrohre, aufbrechen können.

Abhängig von Werkstoff und Zustand des Altrohres kommt es zu Kratzern und Kerben im Neurohr. Scherben und Steine rufen während des Betriebes Punktlasten hervor.

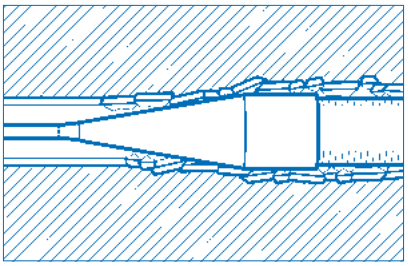




Abb. 10: Bei der Verlegung mit dem Berstlining-Verfahren kann die neue Leitung beschädigt werden, daher ist der Einsatz von Rohrleitungen mit additiven Schutzschichten erforderlich.



Abb. 11: Dynamisches Berstlining (Pipe Cracking)



Abb. 12: Statisches Berstlining

# 4 Die Verlegearten und deren Anforderungen und Versagensrisiken

Unterirdische Infrastrukturen werden mit großem Tiefbauaufwand erstellt. Daher ist es Ziel eines jeden Betreibers, eine neue Rohrleitung möglichst lange schadensfrei betreiben zu können. Rohre aus Polyethylen bieten bei sachgemäßer Verlegung eine Nutzungsdauer von mindestens 100 Jahren [8074, Hessel, Schulte]. Werden sie hingegen bei der Verlegung beschädigt, so kann diese lange Nutzungsdauer zum Teil erheblich verkürzt werden.

## Versagensrisiko Nr. 1: Kratzer und Riefen schwächen die Rohrwand

Ursache hierfür können Beschädigungen oder Schwächungen der Rohrwand beim Einzug sein (s. Abb. 13). Da die genormte Wanddicke genau - allerdings um den Sicherheitsfaktor erweitert - auf den Betriebsdruck abgestimmt ist, bedeutet jede Schwächung die Reduzierung des ingenieurtechnischen Sicherheitsfaktors und damit die Erhöhung der Wahrscheinlichkeit des Risikoereignisses (siehe Seite 5) oder bei deutlicher Beschädigung sogar eine direkte Reduzierung der Druckfestigkeit der neuen Rohrleitung und somit eine Verkürzung der Nutzungsdauer.



Abb. 13: Beim Einzug entstehen Kratzer und Riefen, die die Rohrwand schwächen und somit eine Verkürzung der Nutzungsdauer zur Folge haben.

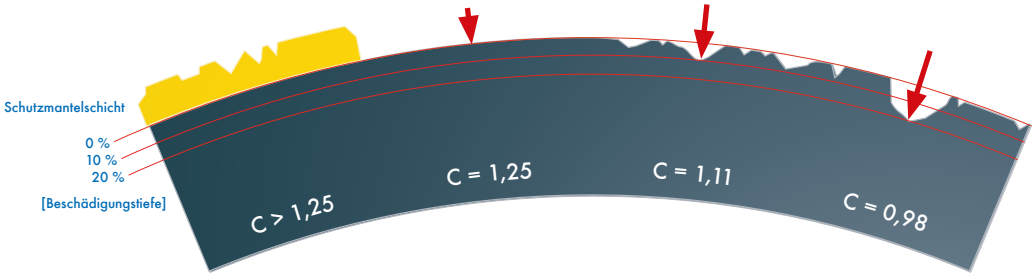



Abb. 14: Betrachtung des Sicherheitsfaktors C in Abhängigkeit zur Riefentiefe

Eine Beschädigungstiefe von 10 % der Rohrwand ist gemäß den Regelwerken zulässig, denn trotz der Verringerung des Sicherheitsfaktors ist eine Verkürzung der Nutzungsdauer der Rohrleitung nicht zu erwarten. Gefährlich allerdings ist eine tiefer gehende Schwächung der Rohrwand.

Die Druckprüfung eines neuen Rohrleitungssystems soll als Bauabnahme dienen, die Schwächung der Rohrwand einer Polyethylen-Rohrleitung SDR 11 fällt bei der Druckprüfung erst ab einer Riefentiefe von etwa **24 %** auf. Jedoch bereits bei einer Beschädigungstiefe von 20 % der Rohrwand sinkt der Sicherheitsfaktor durch die Reduzierung der Wanddicke auf unter 1.

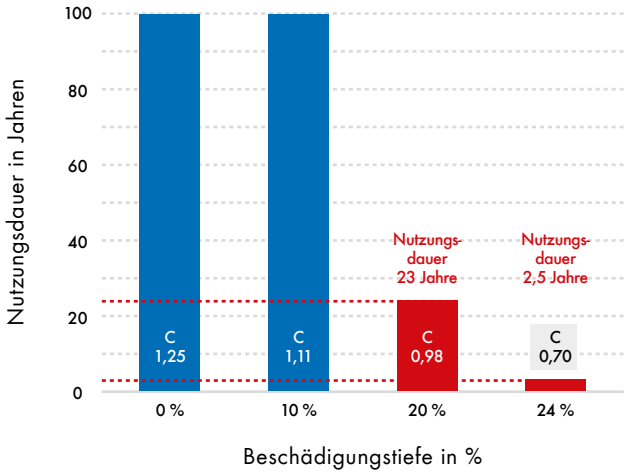



Abb. 15:
Diagramm Nutzungsdauer in Abhängigkeit von der Beschädigungstiefe

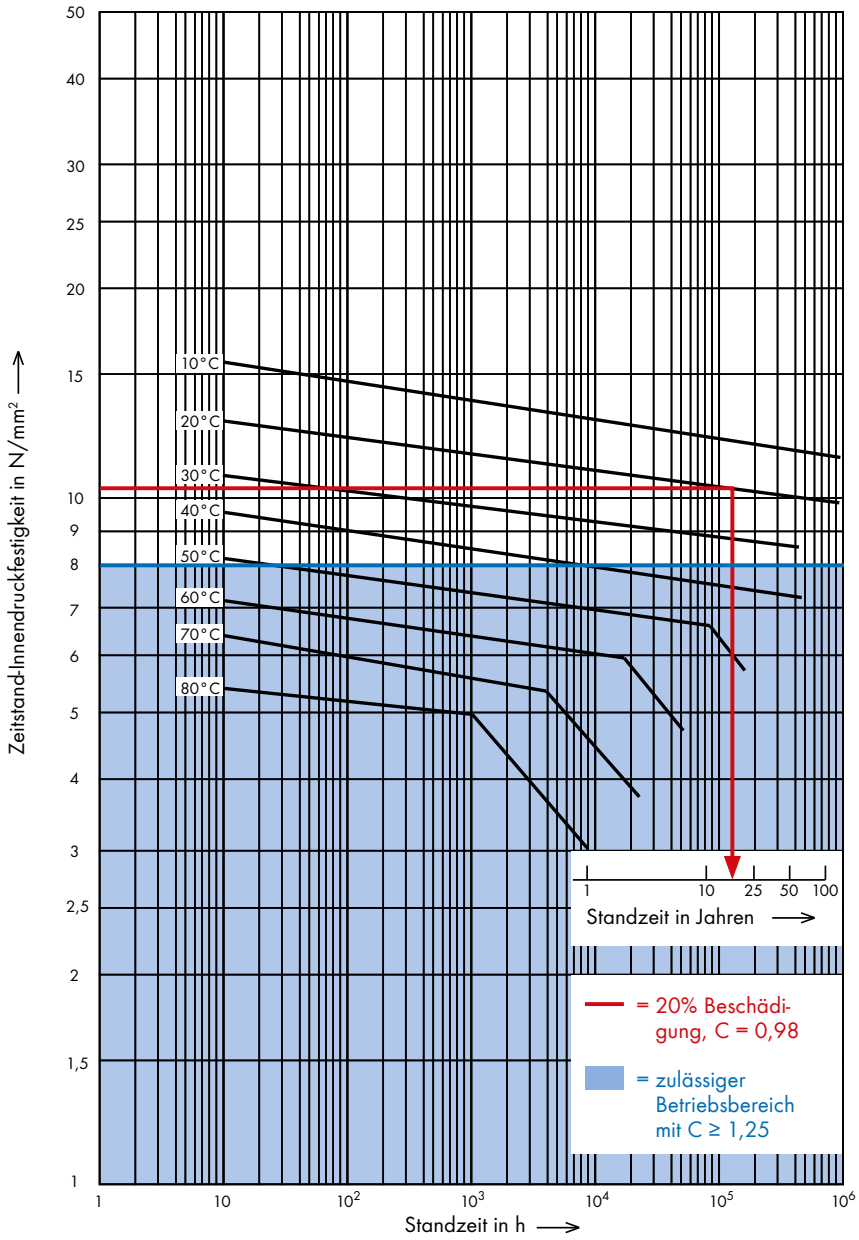



Abb. 16:
Standzeit in Stunden einer unbeschädigten und einer um 20 % geschwächten Rohrleitung aus PE 100-RC

## Vergleichsrechnung unbeschädigter zu beschädigter Rohrwand:
## Abmessung: 110 x 10,0 mm, SDR 11 Trinkwasserleitung PE 100-RC zulässiger Betriebsdruck 16 bar:

Bei einer Beschädigungstiefe von 20 % reduziert sich an dieser Stelle die Wanddicke auf 8,0 mm, dadurch erhöht sich die Prüfspannung örtlich auf 10,20 N/mm². Zur Vereinfachung der Rechnung wird die Kerbgeometrie und die Auswirkungen auf das Bauteil hier nicht berücksichtigt. Die Auswirkung auf die Nutzungsdauer lässt sich in den Referenzkennlinien der Zeitstand-Innendruckfestigkeit (Mindestkurven nach DIN 8075) von Rohren aus PE 100 ablesen. Es verbleibt eine Restnutzungsdauer von **nur 23 Jahren**. Diese Betrachtung anhand des flachen, also duktilen Astes der Zeitstandkurve gilt nur für die spannungsrissbeständigen PE 100-RC Werkstoffe gemäß PAS 1075. Bei kerbempfindlicheren Standardqualitäten des PE 100 ist bei einer solchen Kerbtiefe ein noch früheres Versagen durch Sprödbrüche zu befürchten.

## Versagensrisiko Nr. 2: Punktlasten

Ein weiterer Risikofaktor im Betrieb einer nicht im Sand gebetteten PE-Rohrleitung sind auftretende Punktlasten. Diese werden zum Beispiel durch aufliegende Steine, die auf die Rohrwand drücken, verursacht. Bei schlechter Werkstoffqualität kann es auch hierdurch zu vorzeitigen Schäden durch Spannungsrisse in der Rohrwand kommen (siehe Abb. 19).

Entscheidend für die Lebenserwartung der Rohre unter extremen Einsatzbedingungen ist der Widerstand des Rohrwerkstoffes gegenüber von Punktlasten verursachten Spannungsrissen, um die normative Nutzungsdauer von 100 Jahren trotz erhöhter Anforderungen zu erreichen.



Abb. 17: PE-Rohre ohne schützendes Sandbett

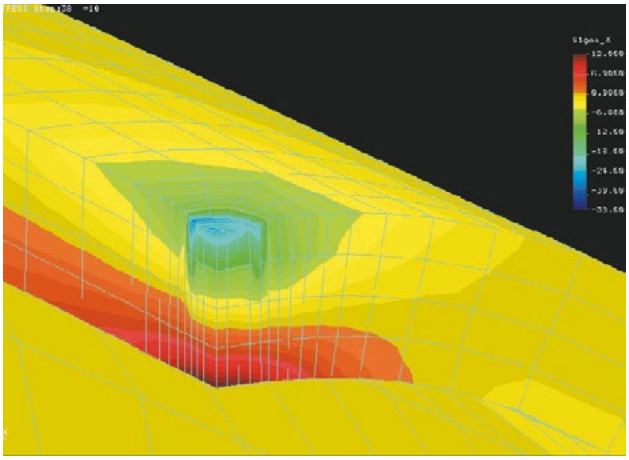
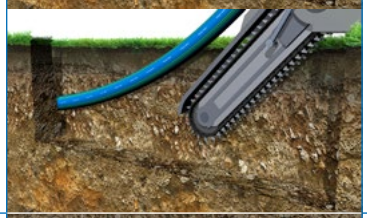


Abb. 18: Punktlastauswirkung bei ungeschütztem PE-Rohr: Sehr hohe Spannungskonzentration auf der Innenseite (Quelle: FEM-Berechnung FH Münster)



Abb. 19: Spannungsriss auf der Rohrinnenseite durch Punktlast bei falscher Werkstoffauswahl (Quelle: HESSEL Ingenieurtechnik)

## Übersicht verschiedener Verlegeverfahren und deren Versagensrisiken

| Verlegeverfahren | Verfahrens-beschreibung | Risiko der Verringe-rung der Nutzungs-dauer bei Verwen-dung ungeeigneter Materialien (s. S. 6) | Auswirkung bei Auswahl ungeeigneter Rohrwerkstoffe/-konstruktionen |
|---|---|---|---|
| Offene Rohrverlegung im Sandbett |  |  | – |
| Offene Rohrverlegung ohne Sandbett |  |  | Vorzeitiges Versagen der Rohrleitung durch Punktlasten |
| Offene Rohrverlegung ohne Sandbett<br><br>Pflug- und Fräsverfah-ren | <br> |  | Vorzeitiges Versagen der Rohrleitung durch Punktlasten |
| Neuverlegung durch Rohreinzug<br><br>Spülbohren/Erdrakete (Black-Box) | <br> |  | - Vorzeitiges Versagen der Rohrleitung durch Punktlasten, Kerbgefahr<br>- Reduzierung des Sicherheitsfaktors und/oder Verkürzung Nutzungsdauer<br>- unsichere Schweißungen |
| Erneuerung durch Rohreinzug<br><br>Relining (Black-Box) |  |  | - Vorzeitiges Versagen der Rohrleitung durch Punktlasten, Kerbgefahr (V-Nähte bei Stahlrohren)<br>- Reduzierung des Sicherheitsfaktors und/oder Verkürzung Nutzungsdauer<br>- unsichere Schweißungen |
| Erneuerung durch Rohreinzug<br><br>Berstlining (Black-Box) |  |  | - Altrohrstücke in scharfkantiger Geo-metrie wirken auf das Neurohr<br>- Reduzierung des Sicherheitsfaktors und/oder Verkürzung Nutzungsdauer<br>- unsichere Schweißungen |

Tab. 3: Verlegeverfahren und deren Versagensrisiken

# 5 Rohrmaterialauswahl

Entscheidend für die Materialauswahl ist das gewählte Verlegeverfahren und dementsprechend das Beschädigungsrisiko der eingesetzen Rohrsysteme.

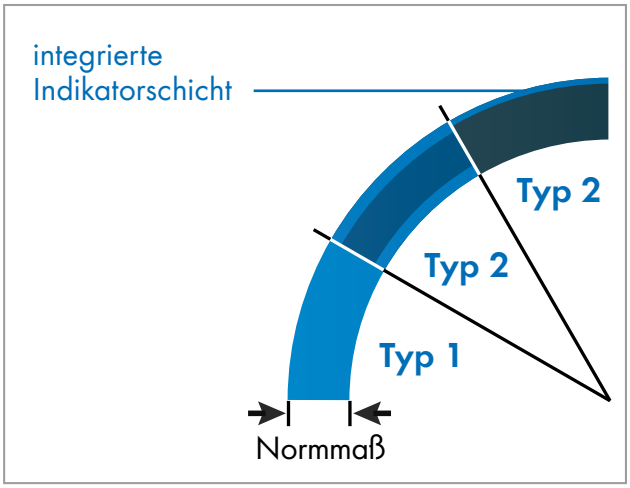



Abb. 20: Rohre mit maßlich integrierten Schutzschichten gemäß DIN 8074/ISO 4065 aus PE 100-RC nach PAS 1075 Typ 1 und 2

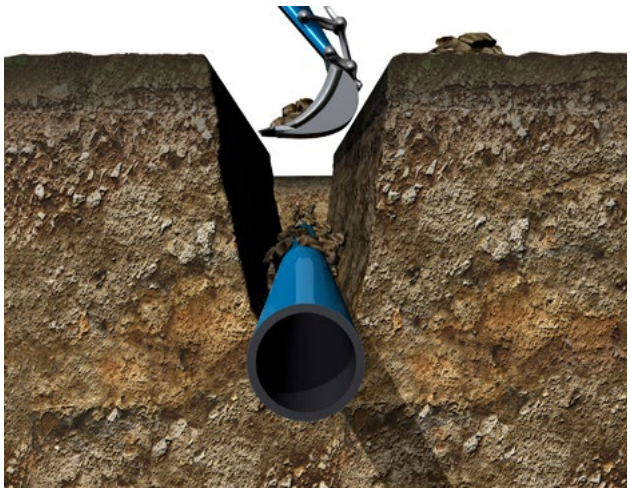


Abb. 21: Offene Verlegung ohne Sandbett

Bei den **Verlegetechniken in offener Bauweise** ohne Sandbettung sind auftretende Punktlasten durch Steine oder Scherben, die auf die Rohrwand drücken, zu erwarten. Der Einsatz von Polyethylenrohren aus RC-Werkstoffen mit integrierten Schutzschichten und höchstem Widerstand gegen langsame Rissfortpflanzung ist für diese Art der Verlegung unumgänglich. Die Rohre sollten der PAS 1075 Typ 1 oder 2-Norm entsprechen. Über einen Kerbschutz verfügt diese Rohrkonstruktion nicht.

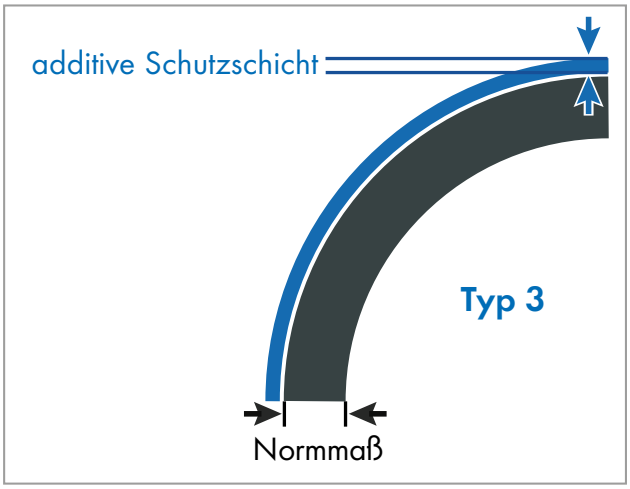



Abb. 22: Rohre mit Abmessungen gemäß DIN 8074/ISO 4065 aus PE 100-RC nach PAS 1075 Typ 3 (mit additiver Schutzschicht)

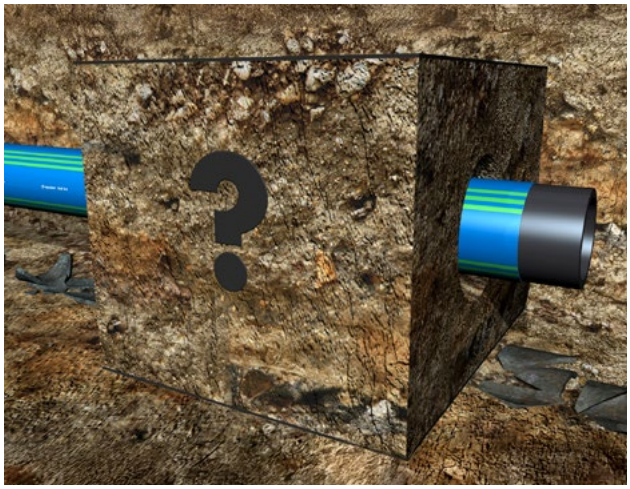


Abb. 23: Black-Box-Verfahren / geschlossene Bauweise

**Grabenlose Verlegetechniken** beanspruchen die einzubauenden Rohre in besonderem Maße. Bei der Neuverlegung oder der Sanierung von Altrohren sind Riefen und Kerben im Rohr nicht zu vermeiden. Rohre mit additiver Schutzschicht sind daher für Black-Box-Verfahren erforderlich, um einen schadensfreien Betrieb der Leitung zu gewährleisten. Schutzmantelrohrsysteme entsprechen der PAS 1075 Typ 3.

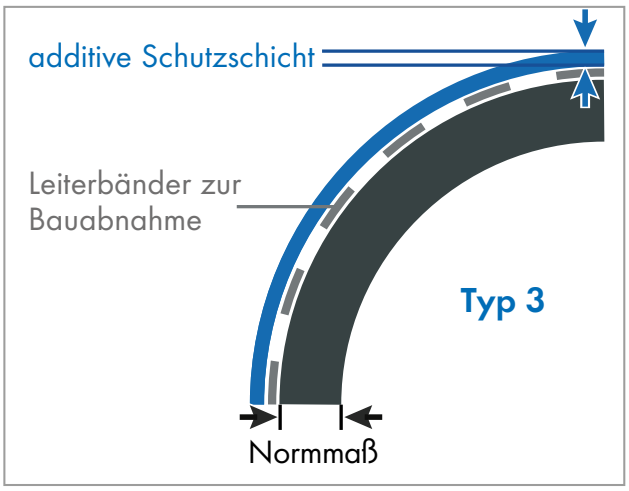



Abb. 24: Rohre mit Abmessungen gemäß DIN 8074/ISO 4065 aus PE 100-RC nach PAS 1075 Typ 3 (mit additiver Schutzschicht und Qualitätsnachweis)




Abb. 25: Durchgangsprüfung als Nachweis der Nichtbeschädigung der neuen Rohrleitung

In den Regelwerken für grabenlose Verlegeverfahren wird eine lückenlose Dokumentation aller relevanten Prozesse der Baumaßnahme gefordert. Die gültigen Regelwerke des DVGW empfehlen hierfür eine intensive Wareneingangskontrolle der Rohrleitung und Rohrleitungsteile vor der offenen und grabenlosen Verlegung. Insbesondere bei grabenloser Verlegung wird empfohlen, die freiliegenden Teile des neu verlegten Rohrleitungsabschnittes visuell auf unzulässige Beschädigung hin, vor der Druckprobe, zu überprüfen. Dabei bleiben die nicht sichtbaren Rohrleitungsteile (Black-Box) ungeprüft.

Ein Nachweis der Nichtbeschädigung ist so nicht möglich. Rohre mit integrierten Leiterbändern zur Bauabnahme bieten die Möglichkeit des Qualitätsnachweises und schließen diese Überprüfungslücke.

Bei Einsatz von Rohrsystemen mit Qualitätsnachweis dient die Protokollierung der Durchgangsprüfung als Nachweis der Nichtbeschädigung der neu eingebrachten Leitung.

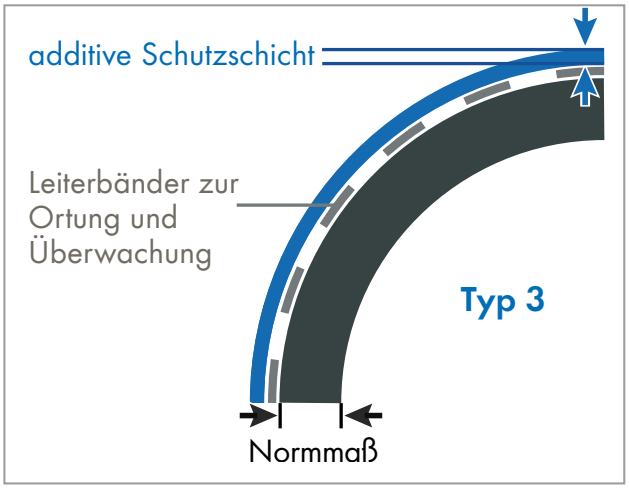



Abb. 26: Rohre mit Abmessungen gemäß DIN 8074/ISO 4065 aus PE 100-RC nach PAS 1075 Typ 3 (mit additiver Schutzschicht und Funktionsüberwachung)




Abb. 27: Diskontinuierliche oder kontinuierliche Zustandsüberwachung im laufenden Betrieb

Eine Überwachung des beschädigungsfreien Zustands einer Rohrleitung im laufenden Betrieb erhöht die Sicherheit und reduziert die Betriebskosten – die Notwendigkeit manueller Inspektionen entfällt. Folgekosten für die Sanierung einer Leitung und Schäden an Personen, Anlagen und der Umwelt werden vermieden. Eine frühzeitige Erkennung von Leitungsschäden minimiert dabei das Betreiberrisiko.

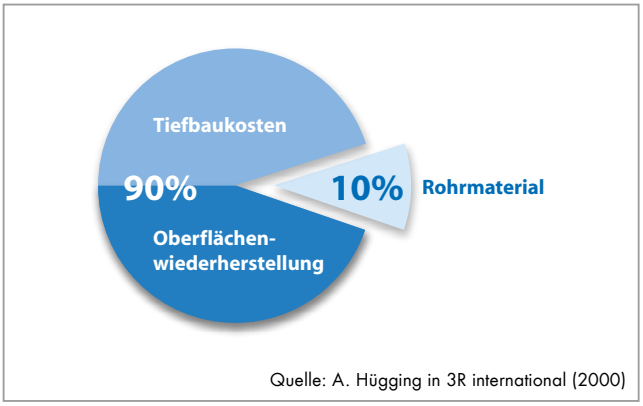
Rohre mit Lecküberwachung bieten die Möglichkeit, den beschädigungsfreien Einbau zuverlässig nachzuweisen und Verluste aufgrund von Undichtigkeiten im laufenden Betrieb über die gesamte Nutzungsdauer hinweg zuverlässig auszuschließen. Der Einsatz solcher Systeme sichert die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften bei Forderung nach einem Lecküberwachungssystem ab.

# 6 Wirtschaftliche Betrachtungsperspektiven

Die Auswahl von Rohrwerkstoffen und -systemen im Tiefbau hat extrem langfristige, insbesondere auch wirtschaftliche Auswirkungen. Einmal verbaut und ausgelegt für mehrere Generationen, ist ein nachträglicher Zugriff auf die Rohrleitungen kaum noch möglich:

- Wertvolle versiegelte Oberflächen entstehen
- Bei späteren Schäden entstehen enorme Kosten
- Umleitung von Verkehren oder Sperrung von Strassen ist bei der heutigen Verkehrsdichte kaum noch durchsetzbar

Wirtschaftlichkeit meint ein günstiges Preis-Leistungs-Verhältnis unter Berücksichtigung von Nutzungsdauer, Betriebs- und Instandhaltungskosten. Externe Kosten wie Verkehrsbehinderungen, Lärm und $CO_2$-Emissionen fehlen heute in der Regel noch in den Kostenvergleichs- bzw. Wirtschaftlichkeitsberechnungen der Entscheider. Diese Kosten müssen heute von der Gesellschaft getragen werden.




Quelle: A. Hügging in 3R international (2000)

Abb. 28: Tiefbaukosten bis zu 90 %, davon bis zu 50 % Oberflächenwiederherstellung. Rohrmaterial: 10 %




Abb. 29: Kostenvergleichsprogramm zur Berechnung von Baumaßnahmen

Durch die Kostenrelationen im Tiefbau werden die alternativen, grabenlosen Verlegetechniken zusätzlich wirtschaftlich interessant. Der Rohrpreis macht selten mehr als 15 % aus, die Gesamtkosten werden zu 85 % oder mehr durch Tiefbau bzw. Oberflächen-Wiederherstellung bestimmt. Durch Nutzung grabenloser Verlegetechniken eröffnen sich erhebliche Kostensenkungspotentiale.

Für den Vergleich von Rohrwerkstoffen (PE, Guss, Stahl) und Verlegeverfahren hat egeplast ein Kostenvergleichsprogramm entwickelt. Mit dem egeplast Webkalkulator lassen sich einfach Verfahrensvergleiche erstellen. Die Leistungspositionen sind wie bei einem Leistungsverzeichnis angeordnet, mit praxisnahen Richtwerten hinterlegt und unterstützen Planer und Auftraggeber bei der Planung der Baumaßnahme.

Die werkstoffspezifischen Vorteile von PE-Rohren (Flexibilität, geringes Gewicht, lange Längen, kleine Baugruben usw.) kommen dabei voll zum Tragen.

# Fazit



Abb. 30: Rohr mit additiver Schutzschicht nach Einspülvorgang

PE-Rohre werden wegen ihrer Materialeigenschaften seit Jahrzehnten geschätzt und gewinnen weltweit gegen andere Rohrwerkstoffe Marktanteile.

Moderne RC-Rohre erlauben auf die ansonsten vorgeschriebene Einsandung zu verzichten und generieren dadurch Zeit- und Kostenvorteile. Die Festlegung der Werkstoffanforderungen in den europäischen Regelwerken und der PAS 1075 geben den Anwendern die notwendige Sicherheit.

Zur Erreichung eines wirksamen und zuverlässigen Schutzes des Medienrohres bei grabenlosen Verlegeverfahren ist ein zusätzlicher Schutzmantel unverzichtbar, folgt man den Kriterien der Logik und Empirie. Nur so verbleibt die volle Druckfestigkeit und die Möglichkeit der sicheren Verbindungstechnik.

RC-Rohre mit additiver Außenschicht und der Möglichkeit der Überprüfung der Leitung auf Nichtbeschädigung stellen für die grabenlose Bauweise den aktuellen Stand der Technik dar. Verarbeiter, Planer und Auftraggeber haben bei grabenloser Bauweise nur bei Verwendung dieser Rohre überhaupt die Möglichkeit einer Qualitätssicherung. Bei Rohren ohne Rohraußenschutz muss sogar von einer gesteigerten Gefährlichkeit ausgegangen werden.

Mit Rohrleitungssystemen mit integrierten Leiterbändern kann

- ✓ der Planer dokumentieren, dass er die für das Verlegeverfahren richtigen Rohre ausgewählt hat und eine mängelfreie Vertragsleistung erbracht hat. In einem späteren Schadensfall kann er hierauf verweisen.
- ✓ der Verarbeiter vorsorglich bei der Abnahme nachweisen und dokumentieren lassen, dass er die Rohre ohne Beschädigung verlegt hat. Im Falle eines etwaigen späteren Schadens kann er hierauf verweisen.
- ✓ der Netzbetreiber vorsorglich dokumentieren, dass die Rohrleitungsanlagen zum Zeitpunkt der Fertigstellung unbeschadet waren. Nahe liegt es daher, dass ein Netzbetreiber in der Ausschreibung einen Nachweis der unbeschädigten Verlegung bei Abnahme anhand von Rohren mit Leiterbändern fordert.

# Quellen/Literatur


[1] Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU), Jahresgutachten 1998. Welt im Wandel – Strategien zur Bewältigung globaler Umweltrisiken

[2] Gutachten von FRESHFIELDS BRUCKHAUS DERINGER LLP „Haftungsrisiken bei der Verlegung von Rohren im sandbettfreien und grabenlosen Verfahren der am Bau Beteiligten", Köln 2008

[3] Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen/B (VOB/B) Ausgabe 2006

[4] Münchener Kommentar zum Bürgerlichen Gesetzbuch (MüKO, BGB), 4. Auflage, Paragraph 633, Rn. 17

[5] Münchener Kommentar zum Bürgerlichen Gesetzbuch, (MüKO, BGB), 4. Auflage, Paragraph 633, Rn. 19

[6] Fachbericht Dr. Joachim Hessel „100 Jahre Nutzungsdauer von Rohren aus Polyethylen" 3R international (46) Heft 4/2007

[7] U. Schulte: „100 Jahre Lebensdauer" Kunststoffe 87 (1997) S. 203-206

[8] A. Hügging „Ertüchtigung von Gasnetzen aus Grauguss mit Berstlining" 3R international (39) Heft 9-10/2000, S. 602-607

[9] Druckgeräterichtlinie (97/23/EG), 05/1997

[10] Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), 09/2002

[11] DVGW GW 100 „Geschäftsordnung - Tätigkeit der DVGW-Fachgremien und Ausarbeitung des DVGW-Regelwerkes" 06/2009

[12] DVGW Arbeitsblatt GW 320-1 „Erneuerung von Gas- und Wasserrohrleitungen durch Rohreinzug oder Rohreinschub mit Ringraum„ 02/2009

[13] DVGW Arbeitsblatt GW 320-2 „Rehabilitation von Gas- und Wasserrohrleitungen durch PE-Reliningverfahren ohne Ringraum; Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung" 06/2000

[14] DVGW Arbeitsblatt GW 321 „Steuerbare horizontale Spülbohrverfahren für Gas- und Wasserrohrleitungen - Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung" 10/2003

[15] DVGW Arbeitsblatt GW 322-1 „Grabenlose Auswechslung von Gas- und Wasserrohrleitungen - Teil 1: Press-/Ziehverfahren - Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung" 10/2003

[16] DVGW Arbeitsblatt GW 322-2 „Grabenlose Auswechslung von Gas- und Wasserrohrleitungen - Teil 2: Hilfsrohrverfahren - Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung" 03/2007

[17] DVGW Merkblatt GW 323 „Grabenlose Erneuerung von Gas- und Wasserversorgungsleitungen durch Berstlining; Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung" 07/2004

[18] DVGW Arbeitsblatt GW 324 „Fräs- und Pflugverfahren für Gas- und Wasserrohrleitungen; Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung" 08/2007

[19] DVGW Arbeitsblatt GW 325 „Grabenlose Bauweisen für Gas- und Wasser-Anschlussleitungen; Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung" 03/2007

[20] DVGW GW 335-A2 Arbeitsblatt „Kunststoff-Rohrleitungssysteme in der Gas- und Wasserverteilung; Anforderungen und Prüfungen - Teil A2: Rohre aus PE 80 und PE 100" 11/2005

[21] DVGW GW 335-B2 Arbeitsblatt „Kunststoff-Rohrleitungssysteme in der Gas- und Wasserverteilung; Anforderungen und Prüfungen - Teil B 2: Formstücke aus PE 80 und PE 100" 09/2004

[22] DVGW Arbeitsblatt W 400-1 „Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV); Teil 1: Planung" 02/2015

[23] DVGW Arbeitsblatt W 400-2 „Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV); Teil 2: Bau und Prüfung" 08/2022

[24] DVGW Arbeitsblatt G 472 „Gasleitungen aus Kunststoffrohren bis 16 bar Betriebsdruck" 03/2020

[25] PAS 1075 „Rohre aus Polyethylen (PE 100-RC) für alternative Verlegetechniken, Technische Anforderungen und Prüfung" 04/2009

[26] DVS 2207-1 „Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen - Heizelementschweißen von Rohren, Rohrleitungsteilen und Tafeln aus PE" 08/2015

[27] DVS 2202-1 „Fehler an Schweißverbindungen aus thermoplastischen Kunststoffen - Merkmale, Beschreibung, Bewertung" 07/2006

[28] DIN EN 1555-1 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Gasversorgung - Polyethylen (PE) - Teil 1: Allgemeines; Deutsche Fassung EN 1555-1:2010" 12/2021

[29] DIN EN 1555-2 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Gasversorgung - Polyethylen (PE) - Teil 2: Rohre; Deutsche Fassung EN 1555-2:2010" 12/2021

[30] DIN EN 12201-1 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung und für Entwässerungs- und Abwasserdruckleitungen - Polyethylen (PE) - Teil 1: Allgemeines; Deutsche Fassung EN 12201-1:2024" 03/2025

[31] DIN EN 12201-2 „Kunststoff-Rohrleitungssysteme für die Wasserversorgung und für Entwässerungs- und Abwasserdruckleitungen - Polyethylen (PE) - Teil 2: Rohre; Deutsche Fassung EN 12201-2:2024" 03/2025

[32] DIN 8074 „Rohre aus Polyethylen (PE) - PE 80, PE 100 - Maße" 10/2023

[33] DIN 8075 „Rohre aus Polyethylen (PE) - PE 80, PE 100 - Allgemeine Güteanforderungen, Prüfungen" 08/2018

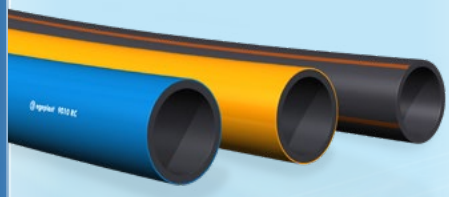
[34] DIN 4124 „Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten" 01/2012

[35] DIN EN 805 „Wasserversorgung – Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden; Deutsche Fassung EN 805:2000" 03/2000


Egal ob Pilotprojekt, neue bzw. alternative Verlegeverfahren oder Spezialauftrag – wir beraten Sie gerne bei Ihrem Bauprojekt.
egeplast

## Offene Verlegung

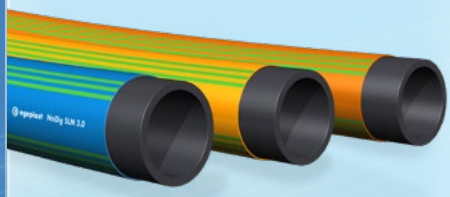
**egeplast**
**egelen® | 90 10® RC**



- Punktlastbeständig

## Grabenlose Bauweise

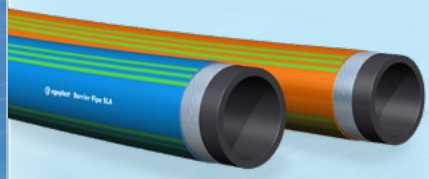
**egeplast**
**NoDig SLM® 3.0**



- Punktlastbeständig
- Kratz- und riefenbeständig

## Risikobehaftete Böden

**egeplast**
**Barrier Pipe SLA®**



- Punktlastbeständig
- Kratz- und riefenbeständig
- Permeationsdicht

# Add-on Features

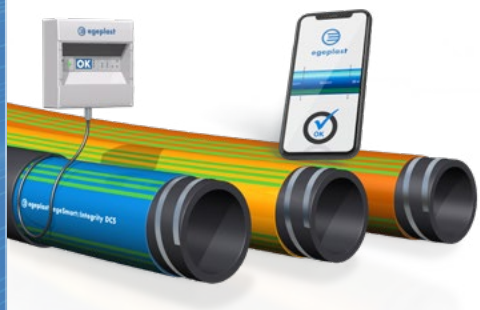
+ **egeDetect+** Erweiterte Leckageortung
+ **HexelOne®** PE-Hochdruckleitungen bis 30 bar (Wasser) u
+ **Green Gas Pipes & Chem-proof+** Für aggr
+ **egeFit®** System- und Verbindungstechnik

# Produktmatrix

## egeSmart – Überwachte Rohrsysteme

egeplast

### egeSmart: Integrity DCS



- Punktlastbeständig
- Kratz- und riefenbeständig
- Leckageüberwacht

egeplast

### egeSmart: Leak Control 3L



- Punktlastbeständig
- Kratz- und riefenbeständig
- Leckageüberwacht
- Permeationsdicht

egeplast

### egeSmart: Data



- Punktlastbeständig
- Kratz- und riefenbeständig
- Leckageüberwacht
- Permeationsdicht
- End-to-end Datenübertragung

nd 16 bar (Gas)

essive und diffundierende Medien

# Notizen



Informationen, Quellen und Hintergründe zu unserem Nachhaltigkeitsmanagement finden Sie auf unserer Website unter www.egeplast.de/nachhaltigkeit

egeplast

**egeplast international GmbH**
Tel.: +49 2575 9710-0 | Fax: +49 2575 9710-110
Robert-Bosch-Straße 7 | 48268 Greven, Germany
info@egeplast.de | www.egeplast.de

ege 2820 DE 06/26