Handbuch

Verlegung von Kabelschutzrohren aus Kunststoff

Leitfaden für die Planung, Verlegung und Abnahme von Kabelschutzrohr-Systemen

VKK – CH 2022

Impressum und Kontakt

Herausgeber
Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen VSE
Hintere Bahnhofstrasse 10
CH-5000 Aarau
Telefon +41 62 825 25 25
info@strom.ch
www.strom.ch

Autoren der Erstauflage (Ausgabe 2010)

Peter Stauffer	Verband Kunststoff-Rohre und -Rohrleitungsteile VKR	AG Mitglied
Mathias Leisinger	Verband Kunststoff-Rohre und -Rohrleitungsteile VKR	AG Mitglied
	HakaGerodur AG	AG Mitglied
Christian Binder	Verband Kunststoff-Rohre und -Rohrleitungsteile VKR, SYMALIT AG	AG Mitglied
Walter Scherrer	BKW FMB Energie AG	AG Mitglied
Toni Nussbaum	Sankt Galler Stadtwerke, sgsw	AG Mitglied
Harry Ringeisen	St. Gallisch-Appenzellische Kraftwerke AG SAK	AG Mitglied
Hansjörg Born	Swisscom (Schweiz) AG	AG Mitglied
Markus Feuz	Swisscom (Schweiz) AG	AG Mitglied
Andreas Meier	Brugg Kabel AG	AG Mitglied
Beat Kurmann	Eidg. Starkstrominspektorat ESTI	AG Mitglied
Christoph Maurer	Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen VSE	AG Leiter

Autoren der 1. Überarbeitung (Ausgabe 2022)

Christian Binder	MCAM Symalit AG	AG Leiter
Tim Grandchamp	MCAM Symalit AG	AG Mitglied
Michael Gressmann	Verband Kunststoff-Rohre und -Rohrleitungsteile VKR	AG Mitglied
Andreas Jeker	Primeo Energie AG	AG Mitglied
Andreas Hasler	AEW Energie AG	AG Mitglied
Marc Suter	Axpo Grid AG	AG Mitglied
Marc Weber	Services Industriels Genève SIG	AG Mitglied
Marco Hutz	Bouygues AG	AG Mitglied
Mario Kropf	Bouygues AG	AG Mitglied
René Luppi	SBB CFF FFS	AG Mitglied
Robert Hediger	Nexans Schweiz AG	AG Mitglied
Thomas Rakun	Gruner Böhringer AG	AG Mitglied
Walter Hallauer	Eidg. Starkstrominspektorat ESTI	AG Mitglied
Martin Meili	Swisscom (Schweiz) AG	AG Mitglied
Patrick Bader	Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen VSE	AG Mitglied

Verantwortung Kommission
Für die Pflege und die Weiterentwicklung des Dokuments zeichnet die VSE-Kommission Netztechnik und Betrieb verantwortlich.

© VSE/AES / VKK – CH 2022

Chronologie

Datum	Kurzbeschreibung
2010	Publikation Erstauflage
Sept. 2020 – Dez. 2021	Überarbeitung Erstauflage
7. März – 15. April 2022	Branchenvernehmlassung der 1. Überarbeitung
2. Mai 2022	Genehmigung durch VSE Geschäftsleitung

Das Dokument wurde unter Einbezug und Mithilfe des VSE und Branchenvertretern erarbeitet.

Der VSE verabschiedete das Dokument am 02.05.2022.

Druckschrift Nr. 1103d, Ausgabe 2022

Copyright
© Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen VSE

Alle Rechte vorbehalten. Gewerbliche Nutzung der Unterlagen ist nur mit Zustimmung vom VSE/AES und gegen Vergütung erlaubt. Ausser für den Eigengebrauch ist jedes Kopieren, Verteilen oder anderer Gebrauch dieser Dokumente als durch den bestimmungsgemässen Empfänger untersagt. Die Autoren übernehmen keine Haftung für Fehler in diesem Dokument und behalten sich das Recht vor, dieses Dokument ohne weitere Ankündigungen jederzeit zu ändern.

Sprachliche Gleichstellung der Geschlechter.
Das Dokument ist im Sinne der einfacheren Lesbarkeit in der männlichen Form gehalten. Alle Rollen und Personenbezeichnungen beziehen sich jedoch sowohl auf Frauen wie auch auf Männer. Wir danken für Ihr Verständnis.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen, Begriffe und Definitionen 7

Vorwort 8

1. Einleitung 9
1.1 Ziel und Zweck 9
1.2 Grundlagen 9
1.3 Geltungsbereich 10

2. Planungsgrundlagen 11
2.1 Material und Eigenschaften 11
2.1.1 Lebensdauer 11
2.1.2 Brandverhalten 11
2.1.3 Witterungsverhalten 11
2.1.4 Längenausdehnung (Dilatation) der Rohre 12
2.2 Rohre und Dimensionierung 13
2.2.1 Standardisierte Rohr-Nennweiten 13
2.2.2 Rohrdimensionierung 14
2.2.3 Rahmenbedingungen für den Kabeleinzug 14
2.3 Verbindungstechnik 14
2.4 Ausschreibung 14

3. Ausführung 15
3.1 Gesundheitsschutz und Arbeitssicherheit 15
3.1.1 Gefahren im Umgang mit PE 15
3.1.2 Regeln zur Arbeitssicherheit auf der Baustelle 15
3.2 Baustelleneinrichtung und effiziente Arbeitstechnik 15
3.3 Transport und Lagerung 15
3.3.1 Transport 15
3.3.2 Lagerung 16
3.4 Offene Verlegung 17
3.4.1 Bettung und Verfüllung von Gräben 17
3.4.1.1 Graben 17
3.4.1.2 Rohrbettung 19
3.4.1.3 Verlegen von Kabelschutzrohren in Rollen 20
3.4.2 Bauzonen und bauliche Massnahmen 20
3.4.2.1 Strassen und Plätze 20
3.4.2.2 Kultur- und Wiesland 21
3.4.2.3 Rohranlagen im Gefälle 21
3.4.2.4 Rohrmontage an Kunstbauten 21
3.4.2.5 Verlegung in Wasserschutzzonen 22
3.4.2.6 Verlegung in Tunneln 23
3.5 Grabenlose Verlegeverfahren 23
3.5.1 Übersicht grabenlose Verlegeverfahren 23
3.6 Verbindungstechnik 24
3.6.1 Ablängen und Anschrägen des Rohrs auf der Baustelle 24
3.6.2 Vorbereiten der Rohre 24
3.6.3 Steckmuffen-Verbindungen 26
3.6.4 Geschweisste Verbindungen 29

© VSE/AES / VKK – CH 2022

3.6.4.1 Stumpfschweissen 30
3.6.4.2 Elektroschweissen 31
3.7 Richtungsänderungen 32
3.7.1 Bogen 32
3.7.2 Bauseits kaltgebogene Rohre 33
3.8 Kabelschächte (Schlaufschächte) 33
3.9 Schachteinführung 34
3.10 Gebäudeeinführung 35
4. Abnahme 36
4.1 Einmessen der Rohre 36
4.2 Abnahmeprüfung 36
4.3 Kalibrierung 37
4.3.1 Kalibrier-Abmessungen 37
4.3.2 Aufzeichnung der Kalibrierkräfte 38
4.3.3 Kamera-Inspektion 39
4.4 Dokumentation und Protokolle 40
5. Entsorgung und Ökologie 41
Anhang 1: Grabenlose Verlegeverfahren 42
1.1 Einpflügen und Einfräsen 42
1.1.1 Einpflügen von Rohrleitungen 42
1.1.2 Einfräsen von Rohrleitungen 43
1.2 Bodenverdrängungsverfahren / Erdrakete 45
1.3 Richtpressverfahren 46
1.3.1 Pressbohrvortrieb generell 46
1.3.2 Pressbohrung mit Pilotbohrung 47
1.3.3 Pressbohrung ohne Pilotbohrung / Steuerung 47
1.3.4 Pressbohrung mit Rohrsteuerung 48
1.4 Bohrung im Spülverfahren (HDD) 49
1.5 Schlagvortrieb / Rammvortrieb 50
1.6 Microtunneling 51
1.7 E-Power Pipe Verfahren 53
Anhang 2: Doppelsteckmuffen ohne Sicke 54
Anhang 3: Elektro-Schweissen 55
Anhang 4: Beispiel Kabelzugberechnung 56
4.1 Verlegerichtung 56
4.2 Formeln 56
4.3 Reibungskoeffizienten 57
4.4 Richtungsänderungsfaktor 57
4.5 Beispielberechnung mit unterschiedlicher Einzugsrichtung ohne Höhendifferenz 58
4.6 Beispielberechnung mit gleicher Einzugsrichtung mit Höhendifferenz 61
Anhang 5: Beispiel Abnahmeprotokoll mit Checkliste 62
Anhang 6: Beispiel Kalibrierprotokoll 65

© VSE/AES / VKK – CH 2022

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Dokumentenstruktur 8
Abbildung 2: Stapelhöhe von Kabelschutzrohren 16
Abbildung 3: Ermittlung der empfohlenen Grabenbreite für Rohrblöcke 17
Abbildung 4: Rohrblock gestapelt 18
Abbildung 5: Rohrblock einfach 18
Abbildung 6: Rohrblock im verspriessten Graben 18
Abbildung 7: Einbettung mit einer Lage 19
Abbildung 8: Einbettung mit mehreren Lagen 19
Abbildung 9: Beispiel Rohrblock mit mehreren Lagen und Abstandshalter 20
Abbildung 10: Beispiel Einbettung mit mehreren Lagen und Abstandshalter 20
Abbildung 11: Verlegung im Steilhang 21
Abbildung 12: Elemente des planerischen Gewässerschutzes 22
Abbildung 13: Beispiel eines Rohrblocks im Vispertaltunnel 23
Abbildung 14: Anschrägen mit Raspel 24
Abbildung 15: Anschrägen mit Anfasscheibe 24
Abbildung 16: Abdichtung Kabelschutzrohr im Muffenbereich 25
Abbildung 17: Doppelsteckmuffe ohne Sicke 29
Abbildung 18: Stumpfschweissen Anwärmen 30
Abbildung 19: Stumpfschweissen Fügen 30
Abbildung 20: Vorgehen Elektroschweissen 31
Abbildung 21: Beispiel flexibler Bogen 32
Abbildung 22: Beispiel starre Bögen 32
Abbildung 23: Kunststoffschacht offen 34
Abbildung 24: Vorfabrizierter Schacht 34
Abbildung 25: Bauseits auf Mass hergestellter Betonschacht 34
Abbildung 26: Pressringe zur Rohrabdichtung 35
Abbildung 27: Rohreinführung für Betonschalungen 35
Abbildung 28: Beispiel einer Beschädigung durch eingedrungenes Betonbewehrungseisen ins Rohr 36
Abbildung 29: Beispiel einer Beschädigung durch Riss quer zur Rohrachse 36
Abbildung 30: Kaliber-Abmessungen 37
Abbildung 31: Beispiel einer Aufzeichnung der Kalibrierkräfte 39
Abbildung 32: Beispielaufnahmen einer Kamerainspektion 39
Abbildung 33: Thermische und stoffliche Verwertung von Kunststoffrohren 41
Abbildung 34: Pflugverfahren mittels Zugkraft / Zugseil 42
Abbildung 35: Vibrationspflug 43
Abbildung 36: Beispiel Fräsverfahren 1 44
Abbildung 37: Beispiel Fräsverfahren 2 44
Abbildung 38: Beispiel Fräsbagger 44
Abbildung 39: Beispiel Verfahren mit Erdrakete aus dem Gebäude 45
Abbildung 40: Funktionsweise Richtpressverfahren 46
Abbildung 41: Pressbohrung mit Pilotbohrstrang 47
Abbildung 42: Pressbohrung mit Aufweitsystem und Pressbohrrohren 47
Abbildung 43: Pressbohrung ohne Pilotbohrung / Steuerung 48
Abbildung 44: Pressbohrung mit Rohrsteuerung 48
Abbildung 45: Funktionsweise Horizontalspülbohrverfahren 49
Abbildung 46: Schlagvortrieb 50
Abbildung 47: Microtunneling 51

© VSE/AES / VKK – CH 2022

Abbildung 48: Befüllung Medienrohre im Microtunneling 52
Abbildung 49: Funktionsprinzip E-Power Pipe Verfahren 53
Abbildung 50: Beispiel Schachteinrichtung E-Power Pipe 53
Abbildung 51: Verlegerichtung von oben nach unten 56
Abbildung 52: Hindernisse am Anfang des Einzugs 56
Abbildung 53: Richtungsänderungsfaktor bei unterschiedlichen Kurvenwinkel und Reibungskoeffizienten 58
Abbildung 54: Streckenabschnitte und Kurvenwinkel zur Beispielberechnung 59
Abbildung 55: Zugkräfte bei unterschiedlicher Einzugsrichtung ohne Höhendifferenz 60
Abbildung 56: Vergleich Zugkräfte ohne und mit Höhendifferenz 61

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Standardabmessungen von Kabelschutzrohren in der Stromversorgung 13
Tabelle 2: Standardabmessungen von Kabelschutzrohren in der Datenkommunikation 13
Tabelle 3: Wahl der Verbindungstechnik 14
Tabelle 4: Anleitung Rohrverbindung mit angeformter, aufgesteckter oder angeschweisster Muffe und Gummidichtungen 27
Tabelle 5: Anleitung Rohrverbindung mit Doppelsteckmuffe mit Gummidichtung 28
Tabelle 6: Angaben für kaltgebogene Rohre (Zu beachten: Thermische Längenausdehnung vgl. Kapitel 2.1.4) 33
Tabelle 7: Empfohlene Abmessungen von Kaliber für verschiedene Rohrdurchmesser 38
Tabelle 8: Reibungskoeffizienten bei Verlegearten 57

Abkürzungen, Begriffe und Definitionen

Für Abkürzungen, Begriffe und Definitionen wird auf das Glossar des VSE verwiesen (Link).

© VSE/AES / VKK – CH 2022

Vorwort

Beim vorliegenden Dokument handelt es sich um ein Branchendokument des VSE. Es ist Teil eines umfassenden Regelwerkes für die Elektrizitätsversorgung im offenen Strommarkt. Branchendokumente beinhalten branchenweit anerkannte Richtlinien und Empfehlungen zur Nutzung der Strommärkte und der Organisation des Energiegeschäftes und erfüllen damit die Vorgabe des Stromversorgungsgesetzes (StromVG) sowie der Stromversorgungsverordnung (StromVV) an die Energieversorgungsunternehmen (EVU).

Branchendokumente werden von Branchenexperten im Sinne des Subsidiaritätsprinzips ausgearbeitet, regelmässig aktualisiert und erweitert. Bei den Bestimmungen, welche als Richtlinien im Sinne des StromVV gelten, handelt es sich um Selbstregulierungsnormen.

Die Dokumente sind hierarchisch in vier unterschiedliche Stufen gegliedert

Grundsatzdokument: Marktmodell für die elektrische Energie – Schweiz (MMEE – CH)
Schlüsseldokumente
Umsetzungsdokumente
Werkzeuge/Software

Beim vorliegenden Dokument «Verlegung von Kabelschutzrohren aus Kunststoff VKK-CH» handelt es sich um ein Werkzeug / Software.

Dokumentstruktur

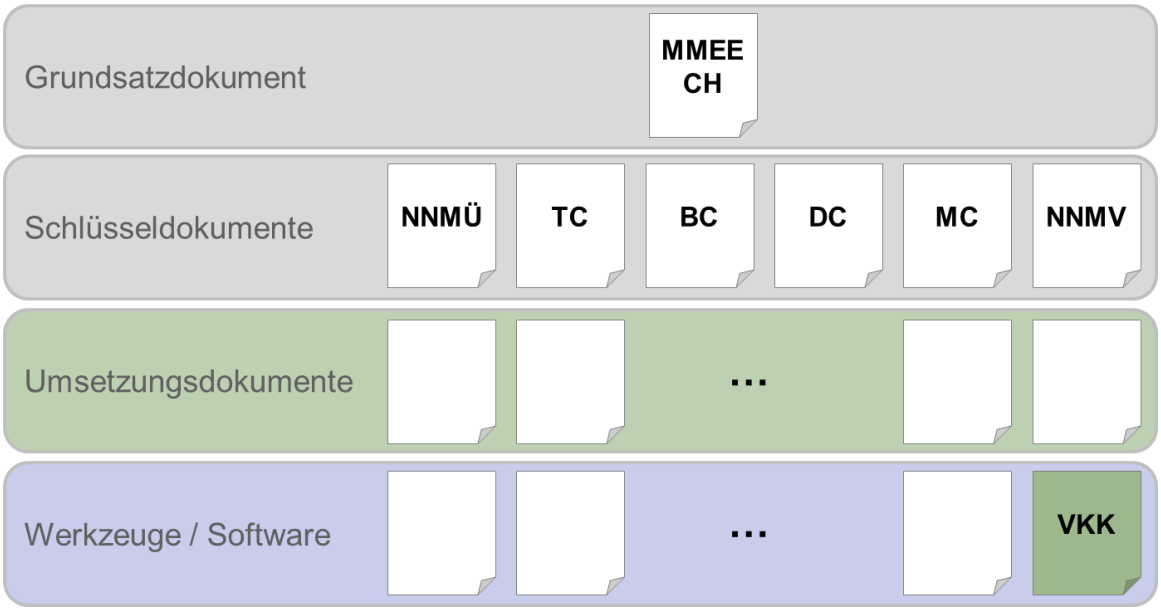


Abbildung 1: Dokumentenstruktur

© VSE/AES / VKK – CH 2022

1. Einleitung

1.1 Ziel und Zweck

(1) Die vorliegende Richtlinie wurden durch eine Arbeitsgruppe des Verbands Schweizerischer Elektrizitätswerke VSE erarbeitet. Sie dient den verantwortlichen Personen im Bereich Kabelleitungsbau als Orientierungshilfe für die Planung, Verlegung und Abnahme von Kabelschutzrohren aus Kunststoff. Sie gibt Leitlinien für die Entsorgung von Bauabfällen und für die Verwertung von Rohrleitungen nach der Nutzungsdauer. Die Richtlinie enthält zudem praxisbezogene Anhänge für die Verteilnetzbetreiber (VNB), Planer und Bauunternehmer. Des Weiteren kann die Richtlinie als Vorlage für die Erstellung werkseigener Vorschriften verwendet werden.

1.2 Grundlagen

(1) Sammlung der amtlichen Bundes- und der kantonalen Gesetzgebung. Im Speziellen sind dies:

- Bundesgesetz betreffend die elektrische Schwach- und Starkstromanlagen vom 24. Juni 1902 (Stand am 1. Januar 2021) (Elektrizitätsgesetz, EleG), SR 734.0
- Verordnung über elektrische Schwachstromanlagen vom 30. März 1994 (Stand am 20. April 2016) (Schwachstromverordnung), SR 734.1
- Verordnung über elektrische Starkstromanlagen vom 30. März 1994 (Stand am 1. Juni 2019) (Starkstromverordnung), SR 734.2
- Verordnung vom 7. Dezember 1992 (Stand am 1. Juni 2019) über das Eidgenössische Starkstrominspektorat, SR 734.24
- Weisungen, Richtlinien, Empfehlungen, usw. des Eidgenössische Starkstrominspektorates (ESTI), abrufbar unter: www.esti.admin.ch.
- Verordnung vom 30. März 1994 (Stand am 1. Juli 2021) über elektrische Leitungen (Leitungsverordnung, LeV), SR 734.31
- Verordnung vom19. Dezember 1983 (Stand am 1. Juli 2007) über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (Verordnung über die Unfallverhütung, VUV), SR 832.30
- Verordnung vom 18. Juni 2021 (Stand am 1. Januar 2022) über die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer bei Bauarbeiten (Bauarbeitenverordnung, BauAV), SR 832.311.141
- Bundesgesetz vom 24. Januar 1991 (Stand am 1. Januar 2022) über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG), SR 814.20
- Branchenempfehlungen «Schutz der Gewässer bei Erstellung und Betrieb von elektrischen Anlagen mit wassergefährdenden Flüssigkeiten», abrufbar beim VSE unter: www.strom.ch
- Bundesgesetz vom 4. Oktober 1963 (Stand am 1. Januar 2021) über Rohrleitungsanlagen zur Beförderung flüssiger oder gasförmiger Brenn- oder Treibstoffe (Rohrleitungsgesetz, RLG), SR 746.1
- Rohrleitungsverordnung vom 26. Juni 2019 (Stand am 1. Juli 2021) (RLV) SR 746.11
- Normen des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA), beziehbar unter: www.sia.ch.
- SIA 118 Allgemeine Bedingungen für Bauarbeiten
- SIA 190 Kanalisationen
- SIA 205 Verlegung von unterirdischen Leitungen - Räumliche Koordination und technische Grundlagen

© VSE/AES / VKK – CH 2022

- SIA 405 GEO405: Geoinformationen zu unterirdischen Leitungen
- Brandschutznormen der Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (VKF)
- Normpositionen-Katalog (NPK, Kapitelgruppe 150: Bauarbeiten für erdverlegte Leitungen) der Schweizerischen Zentralstelle für Baurationalisierung CRB, abrufbar unter: www.crb.ch.
- Norm SN 640 535 C Grabarbeiten, beziehbar unter: www.snv.ch.
- Richtlinie des Bundesamtes für Umwelt BAFU für die Verwertung mineralischer Bauabfälle, Ausbauasphalt, Strassenaufbruch, Betonabbruch, Mischabbruch, beziehbar unter: www.admin.bafu.ch.
- Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA) vom 4. Dezember 2015 (Stand am 1. Januar 2022), SR 814.600
- Güteanforderungen RL01-22 Kabelschutzrohre aus Polyethylen des Verbandes für Kunststoff-Rohre und –Rohrleitungsteile (VKR), abrufbar unter: www.vkr.ch
- Bestehende Bauvorschriften der VNB, Swisscom (Schweiz) AG und der SBB (3003.05 Kabelschutz, Projektierung, Bau).

(2) Die vorliegende Auflistung ist nicht abschliessend und befreit die Verantwortlichen nicht, weitere für die Arbeiten massgebenden Richtlinien, Verordnungen und Gesetze einzuhalten.

1.3 Geltungsbereich

(1) Diese Richtlinie gilt für die Planung und Verlegung von Kabelschutzrohr-Systemen und Zubehörteilen aus Polyethylen (PE), welche für den Kabelschutz im Bereich der Elektrizitätsversorgung (Hoch- und Niederspannung) sowie der Datenkommunikation vorgesehen sind. Die oberirdische, freie Verlegung von Kabelschutzrohren (z.B. Montage an Kunstbauten / Brücken) wird in dieser Richtlinie nur am Rande beschrieben. Bei solchen Verlegearten ist die Koordination aller am Objekt Beteiligten unumgänglich.

(2) Die Richtlinie gilt für die Verlegung der Rohre auf herkömmliche Weise, also im offenen Grabenbau sowie für grabenlose Verlegemethoden.

(3) Für die Verlegung von Kabelschutzrohren in Wasserschutzzonen sind vorgängig die zuständigen Behörden zu kontaktieren.

© VSE/AES / VKK – CH 2022

2. Planungsgrundlagen

2.1 Material und Eigenschaften

(1) C+S Kabelschutzrohre werden aus Polyethylen (PE) hergestellt.

(2) Kabelschutzrohre weisen aktuelle Materialeigenschaften gemäss <c+s> Güteanforderungen RL01-22 auf (vgl. VKR).

2.1.1 Lebensdauer

(1) Kabelschutzrohr-Systeme aus Kunststoff haben sich während mehr als 50 Jahren im täglichen Einsatz bewährt.

(2) Aufgrund bisheriger Erfahrungen kann von folgenden Nutzungsdauern ausgegangen werden:

- PE LD Rezyklat > 50 Jahre
- PE HD Rezyklat > 60 Jahre
- Neuwaren (PE 80, PE 100) > 70 Jahre

(3) Kunststoff ist ein langlebiger Werkstoff.

2.1.2 Brandverhalten

(1) Der Werkstoffe PE gilt als brennbar und qualmend.

(2) Die Brandschutzkennziffer gemäss VKF beträgt 4.3.

(3) PE sondert im Brandfall keine toxischen Gase ab. Das Brandverhalten ist vergleichbar mit Holz oder Wachs:

- Beim Abbrand entstehen CO, CO_2, Wasserdampf und Kohlenwasserstoffe. Ähnlich wie bei Kerzenwachs.
- Kann beim Abbrand starke Verbrennungen auf der Haut verursachen da PE tropfend abbrennt.
- Kann mit jedem handelsüblichen Feuerlöscher gelöscht werden.

(4) Spezielle flammwidrige Kabelschutzrohre aus Kunststoff sind ebenfalls verfügbar.

(5) Für nähere Angaben zum Brandschutz ist der Hersteller zu kontaktieren.

2.1.3 Witterungsverhalten

(1) Kunststoffrohre sind gegen Witterungseinflüsse wenig empfindlich. Eventuelle Verfärbungen sind auf einen photomechanischen Effekt unter Sonnenbestrahlung zurückzuführen.

(2) Rohre, die über 2 Jahre der Sonne ausgesetzt sind, bleichen ohne qualitative Beeinträchtigung möglicherweise allmählich aus. Oberirdisch verlegte Kabelschutzrohre sind gegen direkte Sonneneinstrahlung zu schützen.

2.1.4 Längenausdehnung (Dilatation) der Rohre

(1) Infolge des hohen linearen Ausdehnungs-Koeffizienten von thermoplastischen Kunststoffen ist der Längenänderung bei grossen Temperaturschwankungen während der Verlegephase Beachtung zu schenken.

(2) Bei ungenügender Einstecktiefe besteht deshalb die Gefahr, dass sich die Rohre aus der Muffe zurückziehen.

(3) Berechnungsformel und Beispiel:

Formel: $\boldsymbol{\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T \ [m]}$

$\Delta l = Längenänderung\ des\ Kunststoffrohres\ [m]$

$\alpha = Längenausdehnungskoeffizient\ für\ PE-Rohre:\ 0.00018\ \left[\frac{1}{K}\right]\ \ oder:\ \ 18 \cdot 10^{-5}\ \left[\frac{1}{K}\right]$

$l_0 = Länge\ des\ Kunststoffrohres\ vor\ Temperaturänderung\ [m]$

$\Delta T = Umgebungstemperaturänderung\ [K]$

(K steht für Kelvin und entspricht der Temperaturänderung in °C.
K wird in der korrekten Formelbezeichnung verwendet)
Quelle: Technisches Handbuch "Rohrleitungssysteme aus PE/PP", Akatherm FIP GmbH
Siehe auch: https://www.krv.de/artikel/laengenausdehnungskoeffizient

Beispiel:
An einem sonnigen Herbstnachmittag werden Kabelschutzrohre aus PE in einer Länge von 10 m verlegt. Durch die Sonneneinstrahlung erwärmen sich die Rohre auf 40°C. Am nächsten Morgen beträgt die Temperatur der Rohre nur noch 5°C. Wie gross ist die Längenänderung in Metern?

Lösung:
$\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot \Delta T\ [m] = 0.00018 \cdot 10 \cdot 35 = \underline{0.063\ m}$

→ ***Somit verkürzt sich <u>ein</u> Rohr um 63 mm.***

Fazit: Rohre, wenn möglich am frühen Vormittag verlegen!

2.2 Rohre und Dimensionierung

2.2.1 Standardisierte Rohr-Nennweiten

(1) Generell sind Kabelschutzrohre gemäss der RL01-22 <c+s> Güteanforderung auf den Aussendurchmesser standardisiert.

(2) Im Bereich der Stromversorgung sind standardmässig Kabelschutzrohre in folgenden Abmessungen am Schweizer Markt verfügbar:

Nominaler Aussendurchmesser [mm]	**Innendurchmesser (lichte Weite) [mm]****
DN/OD	**DN/ID**
72	60
92	80
112	100
132	120
163	148
214	195
250*	234
315*	295

Tabelle 1: Standardabmessungen von Kabelschutzrohren in der Stromversorgung

* Üblicherweise werden hier SN2 Rohre mit Betonumhüllung eingesetzt.
** Toleranzen siehe RL01-22 <c+s> Güteanforderung

(3) Sind andere Rohrabmessungen erforderlich, können diese vom Planer und/oder VNB in Abstimmung mit dem Hersteller bestimmt werden.

(4) Im Bereich der Datenkommunikation sind Kabelschutzrohre in folgenden Abmessungen am Markt erhältlich:

Nominaler Aussendurchmesser [mm]	**Innendurchmesser (lichte Weite) [mm]**
DN/OD	**DN/ID**
32	28
40	34
50	44
50	40
63	55

Tabelle 2: Standardabmessungen von Kabelschutzrohren in der Datenkommunikation

© VSE/AES / VKK – CH 2022

2.2.2 Rohrdimensionierung

(1) Durch die elektrische Belastung erwärmen sich die Kabel und dehnen sich aus. Diese Ausdehnung muss vom Kabelschutzrohr aufgenommen werden.

(2) Folgende Kriterien sind bei der Auswahl des Rohrdurchmessers zu berücksichtigen:

Zu beachten ist, dass die Faktoren bei Kupfer- und Aluminiumleiter unterschiedlich sind. Zusätzlich ist eine allfällige Wärmeberechnung sowie die Kabeldilatation zu beachten. Es sind die Faktoren der Kabelhersteller zu beachten.

- Wird ein Kabel pro Rohr eingezogen, soll der minimale Rohrinnendurchmesser mindestens das 1,4-fache des Kabeldurchmessers aufweisen.
- Werden drei Kabel pro Rohr eingezogen, soll der minimale Rohrinnendurchmesser mindestens das 2,6-fache des grössten Kabeldurchmessers aufweisen.

Die angegeben Faktoren beziehen sich auf Kupferkabel.

2.2.3 Rahmenbedingungen für den Kabeleinzug

(1) Folgende Rahmenbedingungen sind bei der Planung bzgl. Kabeleinzug zu berücksichtigen:

- Der Kabeleinzug sollte wenn möglich von oben nach unten erfolgen, um die Zugkräfte zu reduzieren.
- Hindernisse (Bögen, etc.) sind, wenn möglich immer am Anfang des Kabeleinzugs zu positionieren.
- Schlaufschächte sind so zu dimensionieren, dass die minimalen Biegeradien für alle zu verlegenden Kabel eingehalten werden können.

2.3 Verbindungstechnik

(1) Bei der Auswahl der Verbindungstechnik der Rohre sind die örtlichen Gegebenheiten zu beachten.

Verbindungtechnik	Eigenschaften	Anwendungen
Steckmuffen-Verbindung	Kostengünstige Standard-Verbindungstechnik	Standard-Anwendungen im offen Graben
Stumpf- bzw. Elektroschweiss-Verbindungen	Aufwendigere Verbindungstechnik (Schweissmaschinen erforderlich). Erfüllt höhere Anforderungen an Dichtheit und Längskraftschlüssigkeit.	Leitungsführung an Brücken und im Tunnel/ Microtunnel.

Tabelle 3: Wahl der Verbindungstechnik

2.4 Ausschreibung

(1) Rohre und Formteile sind entsprechend Normpositionen-Katalog (NPK, Kapitelgruppe 150: Bauarbeiten für erdverlegte Leitungen) auszuschreiben. Ergänzend sind die jeweiligen Vorschriften der Verteilnetzbetreiber (VNB) zu beachten.

© VSE/AES / VKK – CH 2022

3. Ausführung

3.1 Gesundheitsschutz und Arbeitssicherheit

3.1.1 Gefahren im Umgang mit PE

(1) Kabelschutzrohre bestehen i.d.R. aus Polyethylen (PE) - teilkristalliner *Thermoplast mit folgenden Eigenschaften:*

- Ist geruchs- und geschmacksfrei sowie physiologisch unbedenklich.
- Sondern bei üblichen Schweisstemperaturen keine schädlichen Dämpfe ab.
- Schmilzt bei 125 - 140°C.

3.1.2 Regeln zur Arbeitssicherheit auf der Baustelle

(1) Zu beachten sind die anwendbaren Regeln der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes sowie der Auftraggeber (z.B. Bahnen). Insbesondere:

- Bauarbeitenverordnung BauAV (Art. 4 Sicherheits- und Gesundheitsschutzkonzept)
- Neun lebenswichtige Regeln für den Verkehrsweg- und Tiefbau (vgl. www.suva.ch/regeln)

3.2 Baustelleneinrichtung und effiziente Arbeitstechnik

(1) Die Baustelle muss günstige Bedingungen zur Installation von Rohrleitungssystemen zulassen:

- Geeignetes Materiallager (trockene Umgebung und fester, ebener Untergrund) für Rohre, Formteile und Gerätschaft.
- Rohrlager auf ebenem und festem Untergrund und einfacher, sicherer Materialtransport. Ggfs. Plattform erstellen.
- Vermeidung von Verunreinigung der Schweiss- / Dichtflächen (saubere Arbeitskleidung)
- Gegebenenfalls Verwendung von auf Mass gefertigte Spezial-Formteile, Etagen- und Rohrbogen und Abstandhalter (Rondellen für Microtunnel) zum Einbau im Graben.

3.3 Transport und Lagerung

(1) Die Rohre werden standardmässig in Stangen (gemufft und ungemufft, lose, gebündelt oder in Palettenrahmen verpackt) oder in Rollen geliefert (siehe auch Güteanforderungen VKR RL01-22).

3.3.1 Transport

(1) Die Rohre sind sorgfältig und schonend auf- und abzuladen. Während des Transportes müssen sie auf der ganzen Länge aufliegen und seitlich genügend abgestützt sein, um bleibende Verformungen zu verhindern.

© VSE/AES / VKK – CH 2022

3.3.2 Lagerung

(1) Die Lagerung der Rohre hat so zu erfolgen, dass keine Verformungen und Beschädigungen eintreten. Insbesondere sind die Rohre gegen Sonneneinstrahlung zu schützen

(2) Rohrpakete sind so zu stapeln, dass die Rahmenhölzer aufeinander zu liegen kommen. Rollenrohre sind liegend zu lagern.

(3) Das Schleifen von Rohren und Formteilen über grössere Strecken oder auf hartem Untergrund ist zu vermeiden.

(4) Die Stapelhöhe $\mathbf{h_s}$ sollte für Kabelschutzrohre aus PE 1,0 m nicht überschreiten

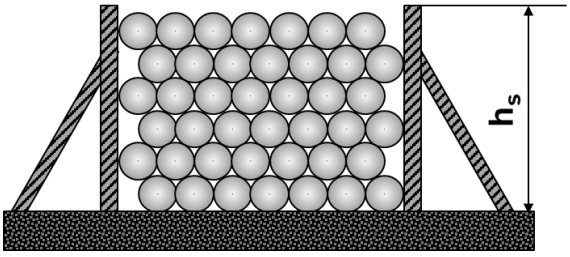


Abbildung 2: Stapelhöhe von Kabelschutzrohren

(5) Aufgrund der Unfallgefahr ist eine lose Freilagerung ohne Holzverschalung nicht zulässig.

© VSE/AES / VKK – CH 2022

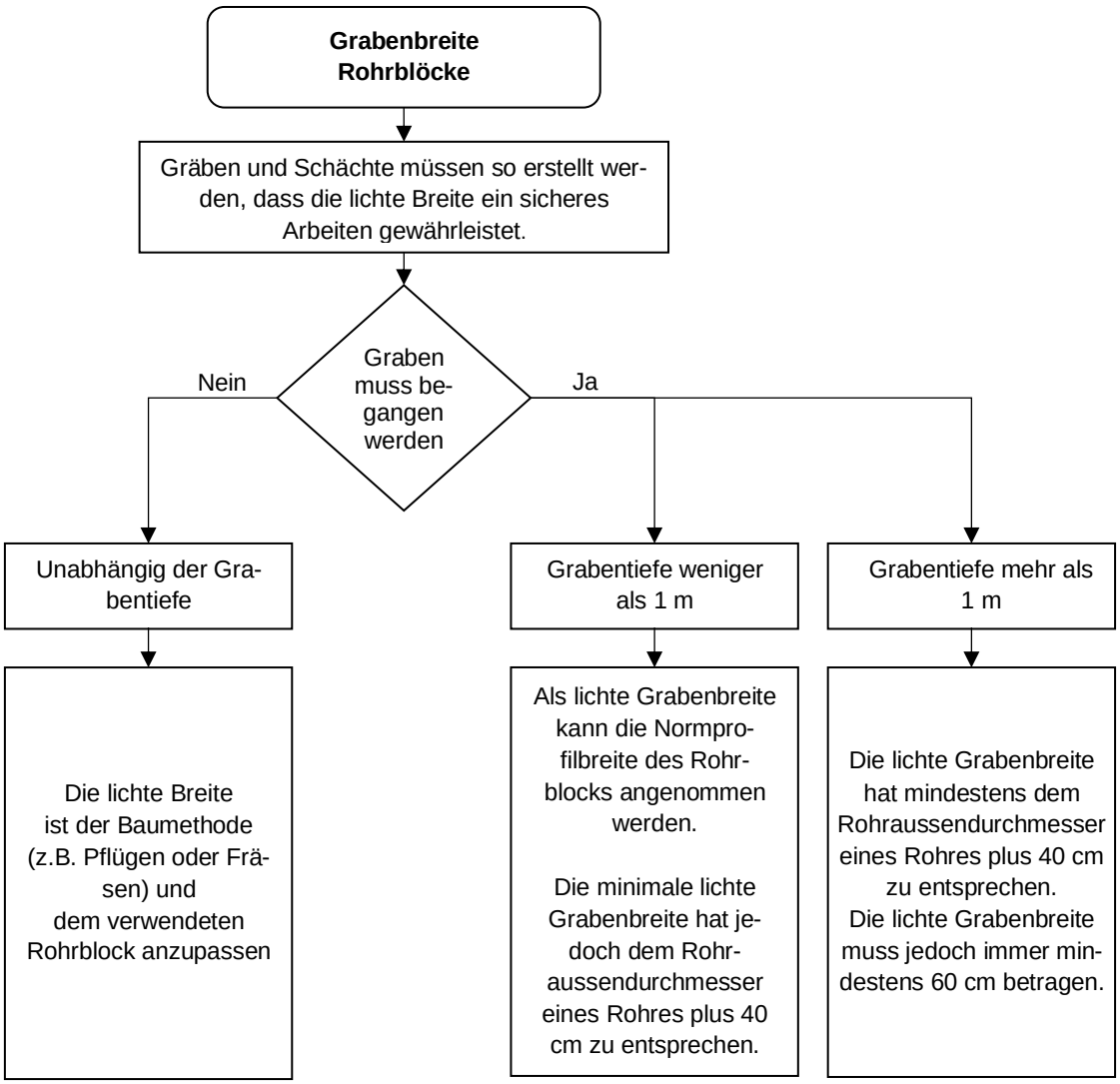
3.4 Offene Verlegung

3.4.1 Bettung und Verfüllung von Gräben

3.4.1.1 Graben

(1) Die lichte Grabenbreite muss nach den Vorgaben der Bauarbeitenverordnung (BauAV, 5. Kapitel Gräben, Schächte und Baugruben) ausgelegt werden.

(2) Bezüglich Rohrblöcken kann folgendes angewendet werden:



Lichte Breite siehe Kapitel 3.4.1.2 «Rohrbettung»

Abbildung 3: Ermittlung der empfohlenen Grabenbreite für Rohrblöcke

© VSE/AES / VKK – CH 2022

(3) Folgende Abbildungen zeigen Beispiele von Rohrblockverlegungen:

Abbildung 4: Rohrblock gestapelt

Abbildung 5: Rohrblock einfach

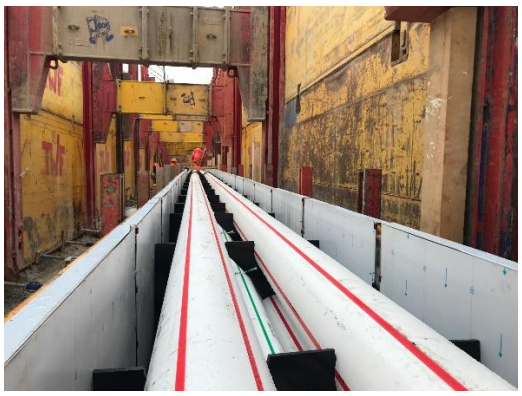


Abbildung 6: Rohrblock im verspriessten Graben

© VSE/AES / VKK – CH 2022

3.4.1.2 Rohrbettung

(1) Bei der Rohrbettung ist auf folgendes zu achten:

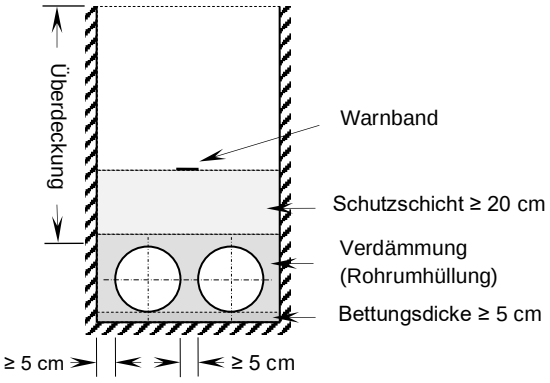


Abbildung 7: Einbettung mit einer Lage

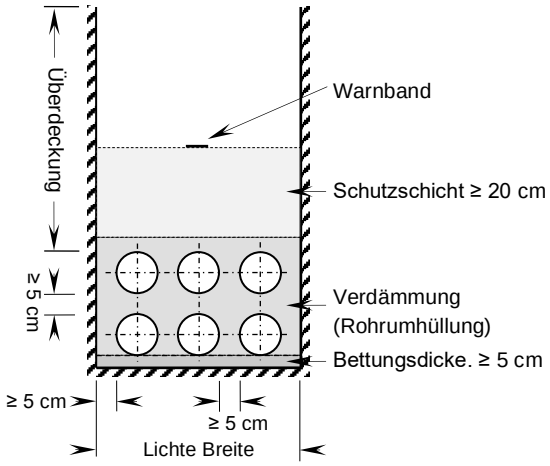


Abbildung 8: Einbettung mit mehreren Lagen

Die Abbildungen beziehen sich auf Grabentiefen von weniger als 1 m.

- Zur Sicherheit und klaren Trassenkennzeichnung ist ein Warnband über der Schutzschicht zu verlegen (vgl. Abbildung 7 und Abbildung 8).
- Für die Bettung, Verdämmung und Schutzschicht ist, je nach Beanspruchung der Kabelschutzrohre, feinkörniges, geeignetes Material zu verwenden (Aushubmaterial, Sand, Beton, etc.). Es ist zu beachten, dass das für die Rohrumhüllung verwendete Material die Rohre nicht beschädigt und es nicht zu Ausschwemmungen führen kann.
- Quellfähige Distanzhalter (z.B. Holz) sind nicht zulässig.
- Es sind Standard- oder auf Mass hergestellte Abstandhalter aus Kunststoff zu verwenden.
- Bei mehrlagigen Rohrblöcken hat der Abstand zwischen den Lagen mindestens 5 cm zu betragen (vgl. Abbildung 8).

© VSE/AES / VKK – CH 2022

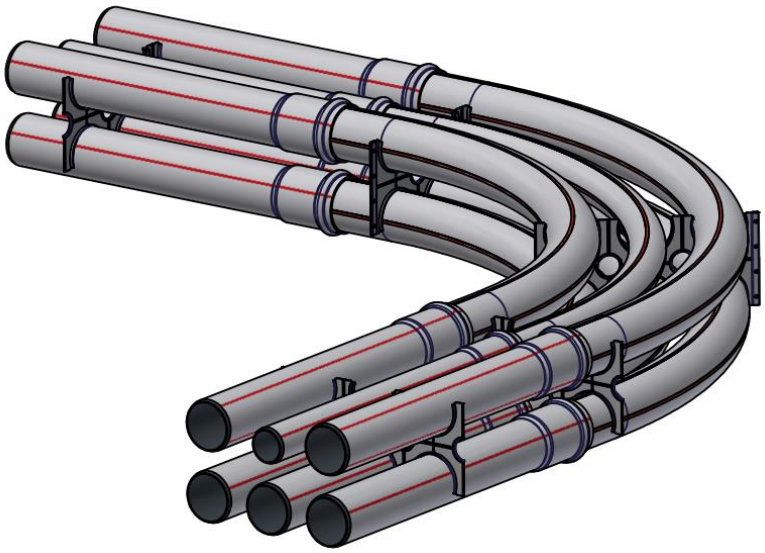


Abbildung 9: Beispiel Rohrblock mit mehreren Lagen und Abstandshalter

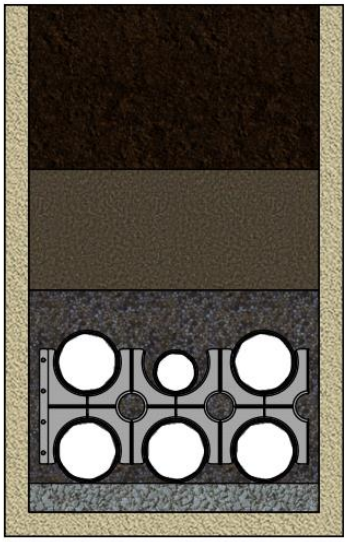


Abbildung 10: Beispiel Einbettung mit mehreren Lagen und Abstandshalter

3.4.1.3 Verlegen von Kabelschutzrohren in Rollen

(1) In Einzelfällen werden auch im offenen Baugraben Rohre auf Rollen oder Bobinen eingesetzt.

(2) Bevor die Rohre ins Grabenprofil verlegt werden, sind sie abzurollen und einige Zeit geradlinig auf dem Boden ausgelegt liegen zu lassen. Dadurch können sich die durch das Aufrollen im Material entstandenen Spannungen wieder abbauen.

(3) Um Drallbildungen zu verhindern, dürfen die Rohre nicht aus der Rolle gezogen werden.

(4) Der sichere und fachgerechte Umgang mit diesen aufgerollten Rohren ist mit dem Hersteller abzustimmen.

3.4.2 Bauzonen und bauliche Massnahmen

3.4.2.1 Strassen und Plätze

(1) Die minimale Überdeckung von Rohren richtet sich nach den Vorschriften der jeweils zuständigen Behörde. Bei zulässiger Minderüberdeckung sind angemessene Schutzmassnahmen (Beton oder ähnliches) zu treffen. Durch Terrainverschiebungen / Strassenbauten kann die Minimalüberdeckung über bestehenden Rohranlagen variieren.

(2) Beim Einfüllen und Verdichten des Grabens sind die einschlägigen Normen und die Richtlinien der jeweils zuständigen Behörde zu befolgen.

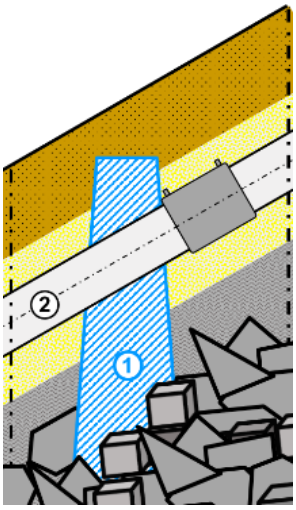
© VSE/AES / VKK – CH 2022

3.4.2.2 Kultur- und Wiesland

(1) Die Leitungen sind genügend tief zu verlegen (Tiefenlockerung). Wasserführende Schichten sind zu beachten. Der Graben soll weder zur Entwässerung dienen noch eine Wassersperre sein. Nötigenfalls sind geschweisste Rohrverbindungen zu verwenden.

3.4.2.3 Rohranlagen im Gefälle

(1) Rohranlagen im Steilhang (Gefälle) sind gegen das Abrutschen in der Längs- oder Querrichtung zu sichern (z.B. mit Betonriegeln). Nötigenfalls sind geschweisste Rohrverbindungen zu verwenden (vgl. Abbildung 11).



1 Betonriegel
2 Kabelschutzrohr

Abbildung 11: Verlegung im Steilhang

3.4.2.4 Rohrmontage an Kunstbauten

(1) Bei der offenen Verlegung von Kabelschutzrohren (z.B. Montage unter oder seitlich an einer Brücke) ist die Verlegung zwischen Planer, Unternehmer, Verteilnetzbetreiber (VNB) und Lieferant zu besprechen. Es gelten neben den ästhetischen Aspekten auch die technischen Gesichtspunkte wie Dilatation, UV- und Witterungsstabilität, Temperaturbeständigkeit und Montage (Statik der Kunstbauten) zu berücksichtigen.

(2) **Brandschutz**

In Gebäuden sind die vorgeschriebenen Brandschutzmassnahmen zu beachten. Standard-Kabelschutzrohre erfüllen gehobene Brandschutzanforderungen dafür nicht. Es sind aber Sonderrohre mit flammgeschützten Eigenschaften für diese Applikation im Markt verfügbar (vgl. Kapitel 2.1.2).

© VSE/AES / VKK – CH 2022

3.4.2.5 Verlegung in Wasserschutzzonen

(1) Bei Verlegung in Wasserschutzzonen bedarf es einer Abstimmung mit den zuständigen kantonalen oder kommunalen Behörden.

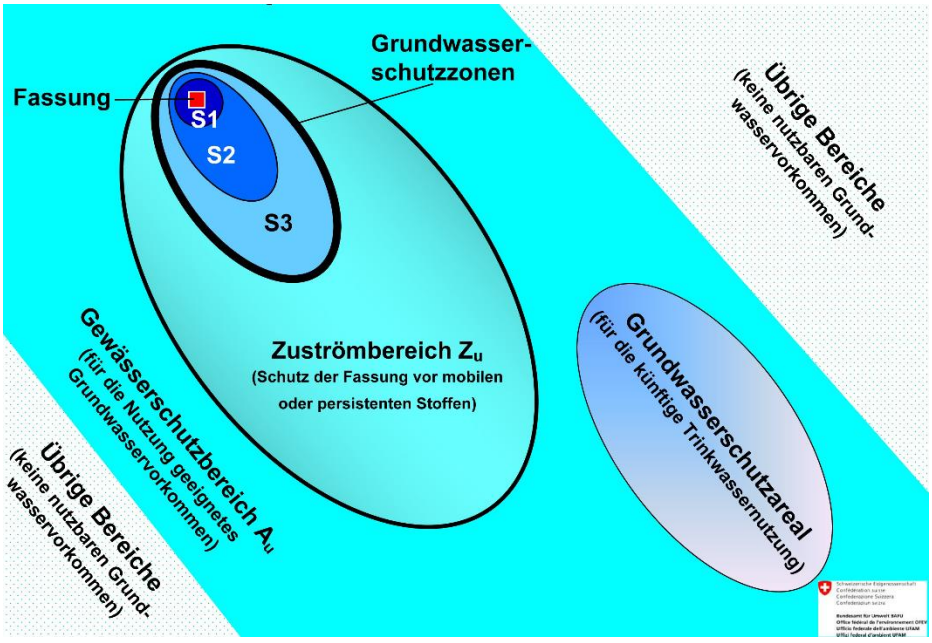
(2) Anlagen sind bewilligungspflichtig gemäss Art. 19 Abs. 2 Gewässerschutzgesetz.

(3) S1: Verbot jeglicher Anlagen

(4) S2: grundsätzliches Anlagenverbot, Ausnahmemöglichkeit bei wichtigen Gründen und Ausschluss Grundwassergefährdung

(5) S3: Anlagenverbot für Anlagen, die das Speichervolumen oder den Durchflussquerschnitt des Grundwasserleiters verringern

(6) Au: Anlagenverbot für Anlagen unter mittlerem Grundwasserspiegel.



(Bildquelle: Bundesamt für Umwelt BAFU)

Abbildung 12: Elemente des planerischen Gewässerschutzes

3.4.2.6 Verlegung in Tunneln

(1) Bei Verlegung in Tunneln sind die Richtlinien der zuständigen Behörden zu beachten.

(2) Im Tunnelbau sind insbesondere folgende technische Merkblätter zu beachten:

«Kabelrohrblöcke und Kabelzugschächte 24 001-10405» vom Bundesamt für Strassen (ASTRA).

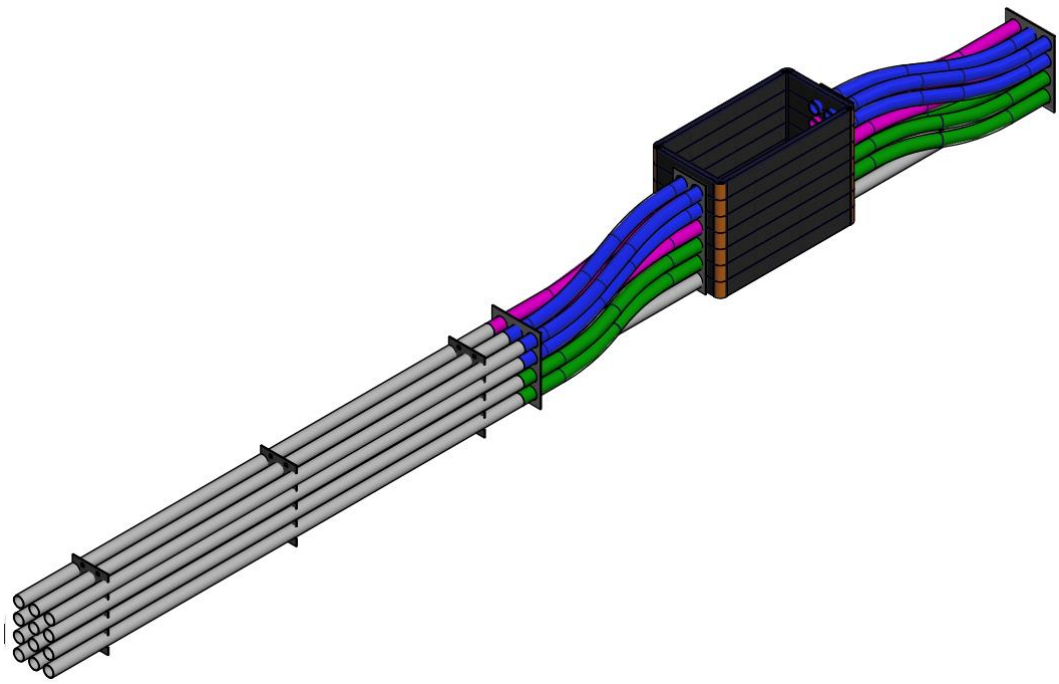


Abbildung 13: Beispiel eines Rohrblocks im Vispertaltunnel

Bei Verlegung von Kabelschutzrohren in Bahntunneln sind die Vorgaben der jeweiligen Betreiber zu beachten.

3.5 Grabenlose Verlegeverfahren

3.5.1 Übersicht grabenlose Verlegeverfahren

(1) Im Anhang 1 werden die folgenden grabenlosen Verlegeverfahren beschrieben und illustriert:

- Einpflügen
- Einfräsen
- Erdrakete
- Richtpressverfahren
- Spülbohrverfahren (HDD)
- Schlagvortriebsverfahren
- Microtunneling
- E-Power Pipe Verfahren

© VSE/AES / VKK – CH 2022

(2) Bei den aufgeführten Verlegearten handelt es sich um sehr spezialisierte Bauarbeiten. Die Planung und Ausführung dieser Bauarbeiten erfordern Erfahrung und die entsprechende Berücksichtigung der vorhandenen Bodenarten. Die werkspezifischen Vorgaben müssen in jedem Fall eingehalten werden.

3.6 Verbindungstechnik

3.6.1 Ablängen und Anschrägen des Rohrs auf der Baustelle

(1) Das Ablängen der Rohre soll so erfolgen, dass Reste unter Verwendung einer Doppelmuffe wiederverwendet werden können:

- gewünschtes Mass anzeichnen und mit geeignetem Trennwerkzeug oder feinzahniger Säge rechtwinklig ablängen.
- Rohr mit Anfasgerät, Trennschleifer mit «Aufsatz für Fase» oder Raspel anschrägen (Möglichst wie die Original-Fase am Rohr).

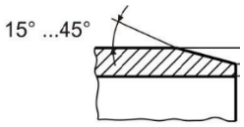


Abbildung 14: Anschrägen mit Raspel

Abbildung 15: Anschrägen mit Anfasscheibe

3.6.2 Vorbereiten der Rohre

(1) Die entsprechende Anzahl Rohre auf der Grabensohle auslegen.

(2) Die Muffen und Spitzenden sind folgendermassen vorzubereiten:

- Spitzende mit Putzlappen reinigen
- Spitzende aussen und Muffe innen gut reinigen.
- Bei Verbindungen mit Gummidichtungen das Spitzende (inkl. angeschrägte Fläche) mit Gleitmittel bestreichen

© VSE/AES / VKK – CH 2022

(3) Kabelschutzrohre müssen mit den entsprechenden Dichtungen verlegt werden damit die Funktion und Lebensdauer der Kabelschutzanlage nicht beeinträchtig wird (Verlegevorschriften der VNB sind zu beachten).

Bemerkung: Die Dichtungen werden werkseitig durch den Rohrhersteller / Rohrlieferanten eingesetzt und sind somit im Lieferumfang enthalten. Der Farbpunkt auf dem Gummiring zeigt immer in Richtung Rohröffnung wo das Spitzende des anderen Rohres eingeschoben wird (vgl. Abbildung 16).

Achtung: Bei Reinigung, Entnahme und Wiedereinsetzen der Dichtungen ist vor der Verlegung der Rohre auf korrektes und lagerichtiges Wiedereinsetzen der Dichtung zu achten.

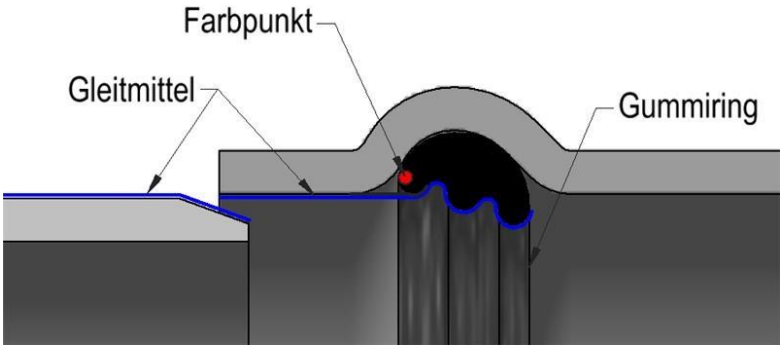


Abbildung 16: Abdichtung Kabelschutzrohr im Muffenbereich

© VSE/AES / VKK – CH 2022

3.6.3 Steckmuffen-Verbindungen

(1) Nach dem Vorbereiten der Rohre gemäss Kapitel 3.6.2 wird die Rohrverbindung folgendermassen ausgeführt:

a) Rohrverbindungen mit angeformter, aufgesteckter und angeschweisster Muffe und Gummidichtung:

Schritt	Tätigkeit und Illustration
1	Gleitmittel auf Spitzende und an der Dichtung auftragen.
2	Rohr mit Muffe und das Spitzende mit angebrachter Markierung axial ausrichten

© VSE/AES / VKK – CH 2022

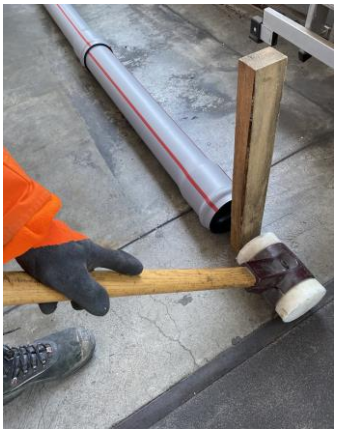
Schritt	Tätigkeit und Illustration
3	Spitzende in die Muffe einführen
4	Rohr am Ende anheben und mit einer Drehbewegung bis zur Markierung einschieben.
5	Bei grossen Nennweiten sind geeignete Hilfsmittel zum Einschieben zu verwenden, ohne die Rohrenden zu beschädigen.
	

Tabelle 4: Anleitung Rohrverbindung mit angeformter, aufgesteckter oder angeschweisster Muffe und Gummidichtungen

b) Rohrverbindung mit Doppelsteckmuffe mit Gummidichtung:

Schritt	Tätigkeit	Illustration
1	An Rohrenden Gleitmittel auftragen und gegebenenfalls Einschubmarkierung anbringen	
2	Rohr axial ausrichten, anheben und in Doppelmuffe einfügen	
3	Rohr am Ende anheben und mit einer Drehbewegung bis zur Markierung einschieben	
4	Bei grösseren Dimensionen können geeignete Hilfsmittel verwendet werden	

Bei jedem Arbeitsunterbruch die Rohrenden und Muffen mit Muffenstopfen verschliessen!

Tabelle 5: Anleitung Rohrverbindung mit Doppelsteckmuffe mit Gummidichtung

© VSE/AES / VKK – CH 2022

c) Doppelsteckmuffen ohne Sicke

Doppelsteckmuffen ohne Sicke können in Galerien oder Tunneln eingesetzt werden (vgl. Abbildung 17). Eine Tabelle zur Anwendung ist in Anhang 2 aufgeführt.

Abbildung 17: Doppelsteckmuffe ohne Sicke

3.6.4 Geschweisste Verbindungen

(1) Schweissverbindungen sind in Bereichen einzusetzen, wo Hang- oder Grundwasser oberflächennah vorhanden ist.

(2) Grundsätzlich ist eine zuverlässige Schweissbarkeit nur von Kabelschutzrohre aus PE-HD (PE80 und PE100) **Neuware** gewährleistet.

(3) Die Schweissbarkeit anderer Materialien (PE-LD), sowie aus Recycling-Material ist nicht in jedem Fall gewährleistet und ist für diese Ausnahmefällen zwischen Auftraggeber und Hersteller zu vereinbaren.

(4) Bei Rohrtrassen grösser Nennweiten d_n 214 mm, d_n 250 mm und d_n 315 mm sind Richtungsänderungen (Bogen auf Mass) mit Schweissverbindungen auszuführen.

(5) Die Verbindung frei verlegter, oberirdische Kabelschutzrohre (Brücken) sind aufgrund der Dilatation mittels Schweissverbindungen auszuführen.

(6) Prinzipielle wird bei Schweissen von Kabelschutzrohren aus PE-HD zwischen Stumpfschweissen und Elektroschweissen unterschieden.

© VSE/AES / VKK – CH 2022

(7) Der ausführende Bauunternehmer ist dafür verantwortlich, dass er für das Schweissen von Kabelschutzrohren nur qualifiziertes und ausgebildetes Personal einsetzt. Dazu werden vom VKR und vom SVS entsprechende Zertifikats-Schweisskurse angeboten.

3.6.4.1 Stumpfschweissen

(1) Beim Stumpfschweiss tritt verfahrensbedingt ein Wulst auch an der Innenseite der Verbindung auf (siehe 3). Diese Wulst stellt eine Verengung des Rohrquerschnitts dar und kann zu Problemen bei der Kalibrierung führen. Diese Wulst kann mit entsprechenden «Innenwulst-Entfernern» über ein Gestänge abgeschält werden. Dieser Arbeitsschritt des Innenwulst-Entfernen ist vom Planer auszuschreiben.

(2) Beim Heizelement-Stumpfschweissen werden die Verbindungsflächen der Rohre oder der Formteile mittels eines Heizelements (Schweiss-Spiegel) erwärmt und anschliessend unter Druck zusammengefügt.

(3) Beim Stumpfschweissen lassen sich nur Rohre bzw. Formteile der gleichen Nennweite und der gleichen Wanddicke miteinander verbinden!

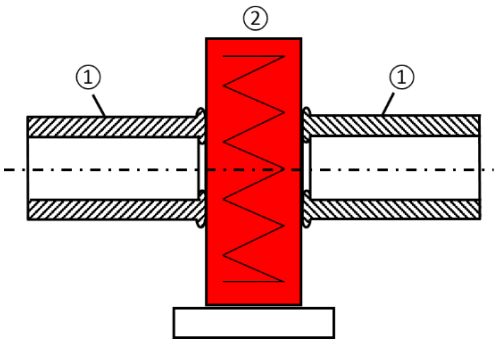


Abbildung 18: Stumpfschweissen Anwärmen

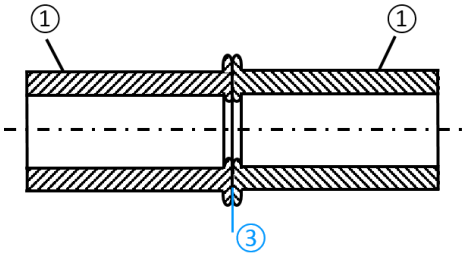


Abbildung 19: Stumpfschweissen Fügen

① Rohr ② Heizelement ③ Fügeebene

(4) Die folgenden Phasen des Schweissprozesses und die Voraussetzungen sowie Detailschritte sind in der DVS 2207-1 ausführlich beschrieben

- Hobeln
- Angleichen
- Anwärmen
- Umstellen/ Fügen
- Abkühlen

(5) Die Anforderungen an die Schweissmaschine und Zubehör, (wie Trenngeräte und Rollenböcke) sowie deren mindestens 1x jährlicher Wartungsintervall ist in DVS 2208-1 geregelt.

(6) Die Schweissparameter sind beim jeweiligen Rohrhersteller anzufragen.

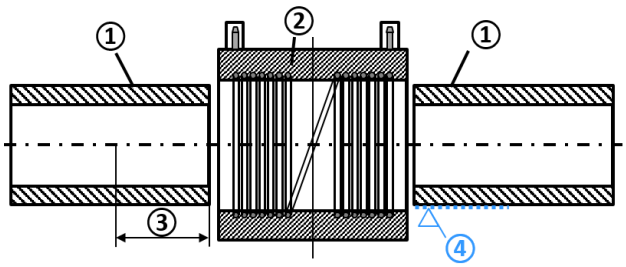
© VSE/AES / VKK – CH 2022

3.6.4.2 Elektroschweissen

(1) Beim Heizwendel-/ oder Elektroschweissen überlappen sich die Verbindungsflächen (Rohroberfläche und Fitting-Innenseite) und werden mit Hilfe von im Fitting positionierten Widerstandsdrähten (Heizwendel) durch elektrische Energie auf Schweisstemperatur erwärmt und dadurch geschweisst. Folgende Abbildung 20 zeigt das Prinzip.

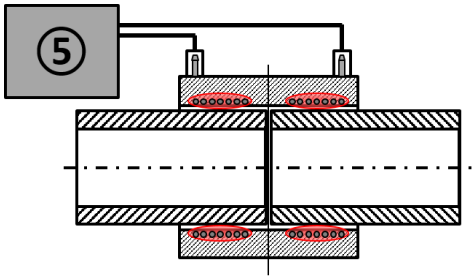
Rohre und Formstück ungeschweisst

① Rohr
② Fitting
③ Einstecktiefe
④ rotationsgeschälte Oberfläche



Schweissen

⑤ Schweissgerät



Fertige Verbindung

⑥ Fügeebene

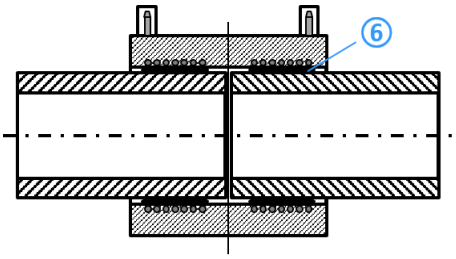


Abbildung 20: Vorgehen Elektroschweissen

(2) Elektroschweiss-Formstücke ermöglichen das Verbinden von Rohren verschiedener Wanddicken bei gleicher Nennweite. Die Anwendbarkeit (Kompatibilität) ist beim Hersteller zu erfragen.

(3) Der Schweissprozess gliedert sich in folgende Phasen:

- Rohr schälen (Rotationsschälgerät einsetzen.)
- Rohr und Elektroschweissfitting reinigen (nur im geschälten Bereich)
- Einstecktiefe/ Fittingposition markieren (auf spannungsfreie Montage achten)
- Schweissen
- Abkühlen

Für nähere Details siehe Anhang 3.

(4) Die Voraussetzungen sowie Detailschritte sind in der DVS 2207-1 ausführlich beschrieben.

© VSE/AES / VKK – CH 2022

(5) Beim Elektroschweissen werden die Schweissdaten mittels Barcodes automatisch ins Schweissgerät eingescannt.

(6) Das Schweissgerät ist gemäss DVS 2208-1 mindestens 1x jährlich zu warten.

3.7 Richtungsänderungen

3.7.1 Bogen

(1) Bei Richtungsänderungen sind vorgeformte, starre Standard-Bogen (45° und 90°) oder starre Bogen auf Mass zu verwenden und einzubetonieren. Im Bogenbereich ist der Einsatz von Steckmuffen-Verbindungen nicht zu empfehlen. (Elektroschweissmuffen sind eine gängige Alternative)

(2) Der Standard-Radius bei starren Bögen beträgt Innendurchmesser mal 10.
Je grösser der Bogenradius desto einfacher der Kabelzug.

(3) Die Verwendung flexibler Bögen ist mit dem VNB. Die unsachgemässe Verwendung flexibler Bögen kann beim Kabeleinzug Probleme verursachen. Ferner können an flexiblen Bögen Beschädigungen auftreten, wenn die Rohranlage wieder freigespitzt werden muss.

Abbildung 21: Beispiel flexibler Bogen

Abbildung 22: Beispiel starre Bögen

© VSE/AES / VKK – CH 2022

3.7.2 Bauseits kaltgebogene Rohre

(1) Zur Richtungsänderung mit kaltgebogenen Rohren sind die in der Tabelle 1 aufgeführten minimalen Biegeradien einzuhalten.

(2) Die durch das Kaltbiegen auftretende Ovalität des Rohres darf die nachfolgende Kalibrierung nicht behindern.

DN/OD	DN/ID	Min. zulässiger Verlegeradius [m]		Minimale Einstecktiefe [mm]
		≥ 10°C	0°C	
Kabelschutzrohre Stromversorgung				
72	60	2,70	3,60	100*
92	80	3,60	4,80	105*
112	100	5,00	7,50	130*
132	120	8,40	12,00	150*
163	148	10,50	15,00	190*
214	195	14,00	20,00	250*
250	234	Kaltbiegung nicht zulässig!		
315	295	Kaltbiegung nicht zulässig!		
Kabelschutzrohre Datenkommunikation				
32	K 28	1,26	1,68	-
40	K 34	1,53	2,04	-
50	K 40/44	1,80	2,40	120
63	K 55	2,75	4,13	130

Tabelle 6: Angaben für kaltgebogene Rohre (Zu beachten: Thermische Längenausdehnung vgl. Kapitel 2.1.4)

* Gemäss VKR-Richtlinie 01-10 (Verband Kunststoff-Rohre und -Rohrleitungsteile)

(3) Die hier aufgeführten Angaben beziehen sich auf ganze Rohrstangen.

(4) Werden zulässige Biegeradien unterschritten (auch kurzfristig) besteht Knickgefahr im Rohr!

(5) Die Besonderheiten bei der Verlegung und Biegung (minimale Verlegeradien) von Rohren und Bögen unter Frosttemperaturen (< 0 °C) sind beim Hersteller anzufragen.

3.8 Kabelschächte (Schlaufschächte)

(1) Schlaufschächte sind so zu dimensionieren, dass die minimalen Biegeradien für alle zu verlegenden Kabel (Kupfer / Aluminium) eingehalten werden können.

(2) Die Distanz zwischen den Schlaufschächten ist von der Topografie, dem Kabelgewicht sowie der Anzahl und Geometrie der Richtungsänderungen abhängig. Kabelzugberechnung sollten erstellt werden. Weitere Details können bei den Kabelherstellern eingeholt werden.

Beispiel Kabelzugberechnung vgl. Anhang 4.

© VSE/AES / VKK – CH 2022

(3) Kabelschächte stehen in unterschiedlichen Materialien zur Verfügung:

- vorfabrizierte Kunststoffschächte (z.B. HD-PE glasfaserverstärkt),
- vorfabrizierte Beton-/ Polymerbetonschächte oder
- bauseits hergestellte Kabelschächte auf Mass.

Folgende Abbildungen zeigen Ausführungsbeispiele:

Abbildung 23: Kunststoffschacht offen

Abbildung 24: Vorfabrizierter Schacht

Abbildung 25: Bauseits auf Mass hergestellter Betonschacht

3.9 Schachteinführung

(1) Schachteinführungen sind zugfest und wenn möglich wasserdicht auszuführen.

(2) Schachteinführungen werden mit Endmuffen ausgeführt.

© VSE/AES / VKK – CH 2022

3.10 Gebäudeeinführung

(1) Gebäudeeinführungen sind zugfest, gas- sowie wasserdicht auszuführen und müssen den jeweiligen Brandschutznormen der Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (VKF) und den Vorgaben des VNB entsprechen.

(2) Gebäudeeinführungen werden üblicherweise mittels Rohrabdichtungen (Pressringe) oder speziellen Kabeldurchführungen ausgeführt.

Beispiele für Einführungen:

Abbildung 26: Pressringe zur Rohrabdichtung

Abbildung 27: Rohreinführung für Betonschalungen

© VSE/AES / VKK – CH 2022

4. Abnahme

4.1 Einmessen der Rohre

(1) Neu verlegte oder baulich veränderte Kabelschutzrohre sind vor dem Verfüllen der Gräben nach Lage und Überdeckung bzw. Höhe zu vermessen und in einen Werkplan oder in ein digitales System (GIS) zu übertragen.

4.2 Abnahmeprüfung

(1) Für sämtliche neu erstellten Rohranlagen wird dringend empfohlen, diese nach Art. 157 ff Norm SIA 118 nach der Bauvollendung abzunehmen. Ein in sich geschlossener, vollendeter Werkteil (z.B. nicht mehr zugängliches Bauteil oder Schacht zu Schacht Verbindungen) kann auch als Teilabschnitte geprüft und dem Verteilnetzbetreiber (VNB) übergeben werden. Mit der Abnahme des Werkes beginnen die Rüge- und Verjährungsfristen für den Unternehmer zu laufen. Ist nichts anderes vereinbart, gelten die Fristen und weitere Bestimmungen gemäss Norm SIA 118.

(2) Mit einer Abnahme wird der fachlich richtige Einbau der Rohranlage überprüft und sichergestellt, so dass insbesondere:

- die Rohranlage nach den Ausführungsplänen erstellt wurde
- die maximal zulässige Verformung der Rohre nicht überschritten ist (Kalibrierung)
- keine Beschädigungen vorliegen (Kontrolle mit Kamerainspektion)
- die Rohranlage frei von Verunreinigungen ist (Sand, Kies, Fremdkörper)

(3) Die Kalibrierung und Kamerainspektion werden am vorschriftsgemäss ausgeführten Rohrblock durchgeführt. Die Endkontrolle des Rohrblocks (Batterie) schliesst eine laufende Kontrolle während dem Bau der Rohranlage durch den VNB oder dessen Vertreter nicht aus.

(4) Dichtheit
Die eingesetzten Lippendichtungen dienen nur als Sperre gegen das Eindringen von nichtflüssigen Materialien (Erdmaterial, Sand, Beton, usw.). Wenn höhere Anforderungen an die Dichtheit des Kabelschutzrohr-Systems gefordert sind, ist in der Regel ein Stoffschluss (schweissen) zu wählen. Für das genaue Vorgehen ist der Hersteller zu konsultieren.

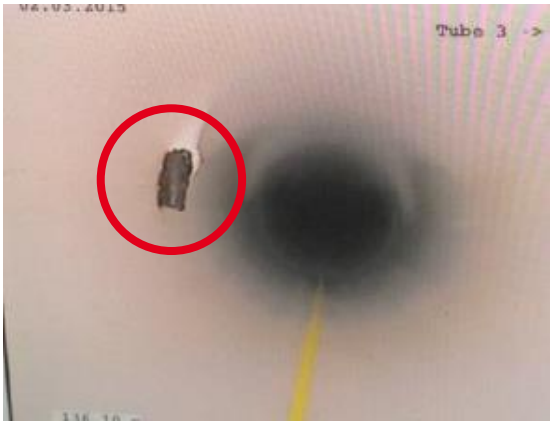


Abbildung 28: Beispiel einer Beschädigung durch eingedrungenes Betonbewehrungseisen ins Rohr

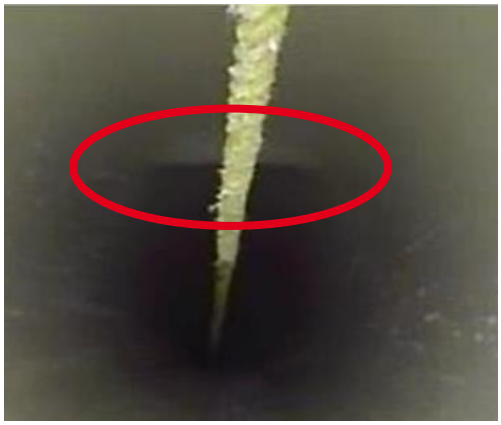


Abbildung 29: Beispiel einer Beschädigung durch Riss quer zur Rohrachse

© VSE/AES / VKK – CH 2022

4.3 Kalibrierung

4.3.1 Kalibrier-Abmessungen

(1) Aus folgenden Gründen ist das Kaliber aus geeignetem weichem Material wie z.B. Kunststoff oder Hartholz (Buche) gefertigt und ist zylindrisch und konisch abgeschrägt:

- Vermeidung von Beschädigungen am Rohr
- Festzustellen von Unebenheiten oder scharfen Fremdkörpern im Rohr

Hinweis: Es empfiehlt sich, das Kaliber mit einem hellen Klebestreifen über die gesamte zylindrische Oberfläche zu umwickeln. Mit einem Foto kann der Zustand festgehalten werden, bevor die Lehre in die Leitung eingeführt wird (Neuzustand des Klebstreifens). Anschliessend können die Kratzer/Schrammen auf dem Klebestreifen im Kalibrierprotokoll notiert werden. Nachfolgend kann das Kaliber mit Gleitmittel eingestrichen werden und die Klebestreifen ersetzt werden, falls diese verkratzt oder beschädigt sind.

(2) Das Kaliber hat einen vorgeschriebenen Durchmesser, der eine maximale Verformung des Rohrinnendurchmesser von 10% zulässt. Der VNB kann abweichende Toleranzen festlegen. Die Abmessungen des Kalibers werden in folgender Abbildung 30 und Tabelle 6 beschrieben.

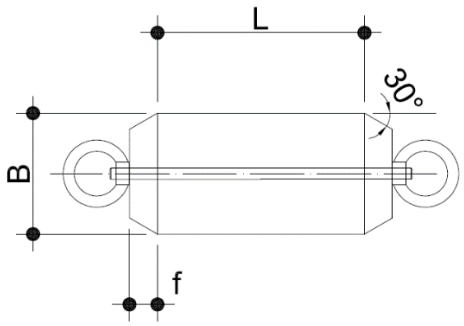


Abbildung 30: Kaliber-Abmessungen

© VSE/AES / VKK – CH 2022

(3) Folgende Tabelle zeigt die Abmessungen von Kaliber für die verschiedenen Rohrdurchmesser.

Rohraussen-durchmesser DN/OD	Rohrinnen-durchmesser DN/ID	Kaliberabmessungen [mm]		
		Durchmesser B	Länge L	Anfasung f
Kabelschutzrohre Stromversorgung				
72	60	54	118	10
92	80	72	118	15
112	100	90	185	20
132	120	108	185	25
163	148	133	185	30
214	195	175	280	35
250	234	210	330	40
315	295	265	410	55
Kabelschutzrohre Datenkommunikation				
32	K 28	24	55	5
40	K 34	30	65	5
50	K 40	36	80	7,5
63	K 55	49	95	15

Tabelle 7: Empfohlene Abmessungen von Kaliber für verschiedene Rohrdurchmesser

(4) Bei Bedarf können zur einfachen und effektiven Kontrolle, um Unebenheiten oder scharfe Fremdkörper innen am Kabelschutzrohr festzustellen, auf das Kaliber zwei nebeneinander liegenden Klebestreifen von ca. 100 mm Breite angebracht werden. Dabei sind die Klebestreifen mit Gleitmittel zu versehen. Es empfiehlt sich, vor Einzug ein Foto der Klebestreifen zu machen. Allfällige Kratzer/Schrammen auf den Klebestreifen sind im Kalibrierprotokoll festzuhalten. Ersetzen Sie die Klebestreifen anschliessend, falls diese verkratzt oder beschädigt sind.

4.3.2 Aufzeichnung der Kalibrierkräfte

(1) Als weiteres Abnahmekriterium kann bei der Kalibrierung die Zugkraft zum Ziehen des Kalibers gemessen werden. Diese ist abhängig von der Länge und den Umlenkungen der Trassee.

(2) Es wird empfohlen, folgende Zugkräfte nicht zu überschreiten: 100...300 daN (Dekanewton; entspricht 1…3 kN) je nach Durchmesser und Länge.

(3) Weiter wird empfohlen, die Zugkräfte beim Kalibrieren aufzuzeichnen. Es ist darauf zu achten, die Kalibriergeschwindigkeit der Anlagen anzupassen und nicht zu hoch zu wählen (Praxiswerte 20-80 m/min). Folgende Abbildung 31 zeigt ein Beispiel einer Aufzeichnung der Kalibrierkräfte.

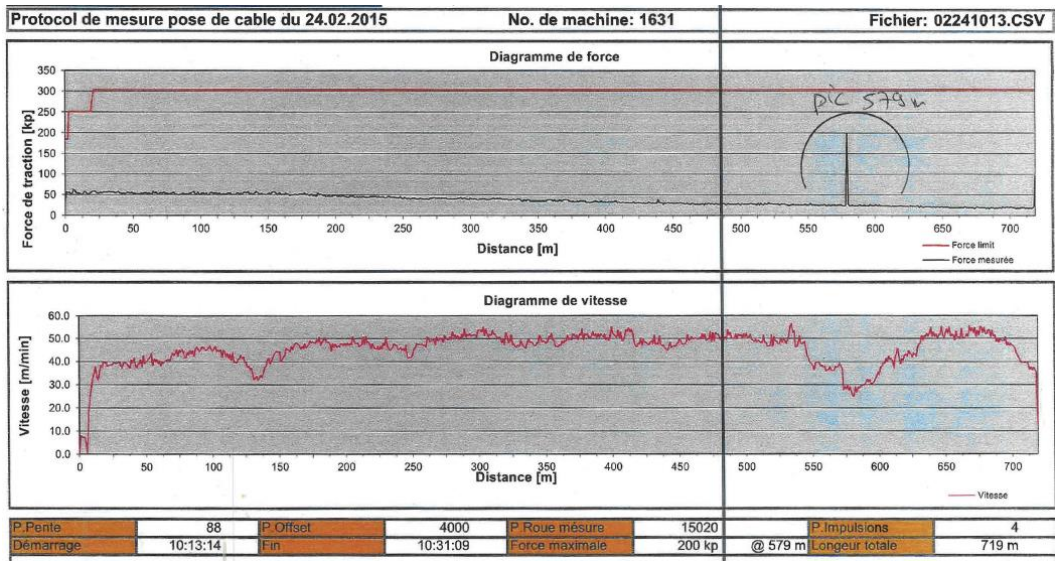


Abbildung 31: Beispiel einer Aufzeichnung der Kalibrierkräfte

4.3.3 Kamera-Inspektion

(1) Die Befahrung mit einer Kamera oder einem Kamerakaliber erlaubt es, den Zustand der Rohranlage vor dem Kabeleinzug optisch zu inspizieren. Folgende Abbildungen zeigen Beispiele einer Kamerainspektion.

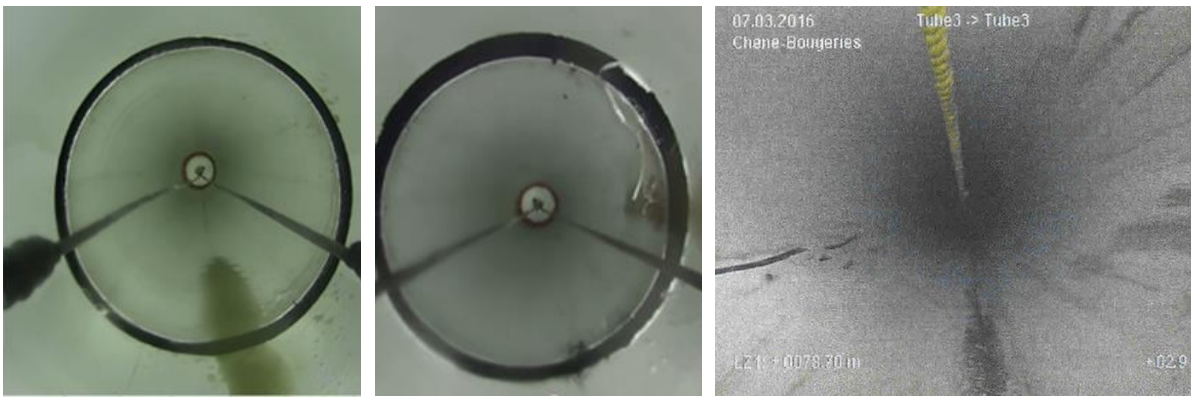


Abbildung 32: Beispielaufnahmen einer Kamerainspektion

4.4 Dokumentation und Protokolle

(1) Die Werkabnahme ist zu protokollieren, das Protokoll ist von allen Parteien zu unterzeichnen. Sind keine oder unwesentliche Mängel vorhanden, gilt das Werk als abgenommen und die Garantiezeit (Rügefrist) beginnt. Sind wesentliche Mängel vorhanden, welche die ordnungsgemässe Nutzung des Werkes nicht zulässt, müssen diese in angemessener Frist vor einer weiteren Abnahme beseitigt werden.

(2) Die Abnahme muss in der Regel folgende Dokumente beinhalten:

- Abnahmeprotokoll
- Plan des ausgeführten Werkes (PAW)
- Kalibrier-Protokoll
- TV-Aufnahmen der Kamera-Inspektion

Beispiel eines Abnahme- und Kalibrier-Protokolls siehe Anhang 5 und Anhang 6.

© VSE/AES / VKK – CH 2022

5. Entsorgung und Ökologie

(1) Die Entsorgung der Bauabfälle ist gemäss den Grundsätzen der Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA) durchzuführen.

(2) Gemäss Art. 17 Bst. d VVEA fallen Bauabfälle von Kabelschutzrohren unter die Kategorie: «weitere stofflich verwertbare Abfälle wie Glas, Metalle, Holz und Kunststoffe» die jeweils möglichst sortenrein zu trennen sind.

(3) Generell ist die Wiederverwertung von Kabelschutzrohren aus ökologischen und ökonomischen Gründen anzustreben. Abfälle sind nach untenstehender Reihenfolge zu behandeln:

a) Wiederverwenden
b) Verwerten
c) Verbrennen in Kehrichtverbrennungsanlagen

Folgende Grafik illustriert den Verwertungsprozess:

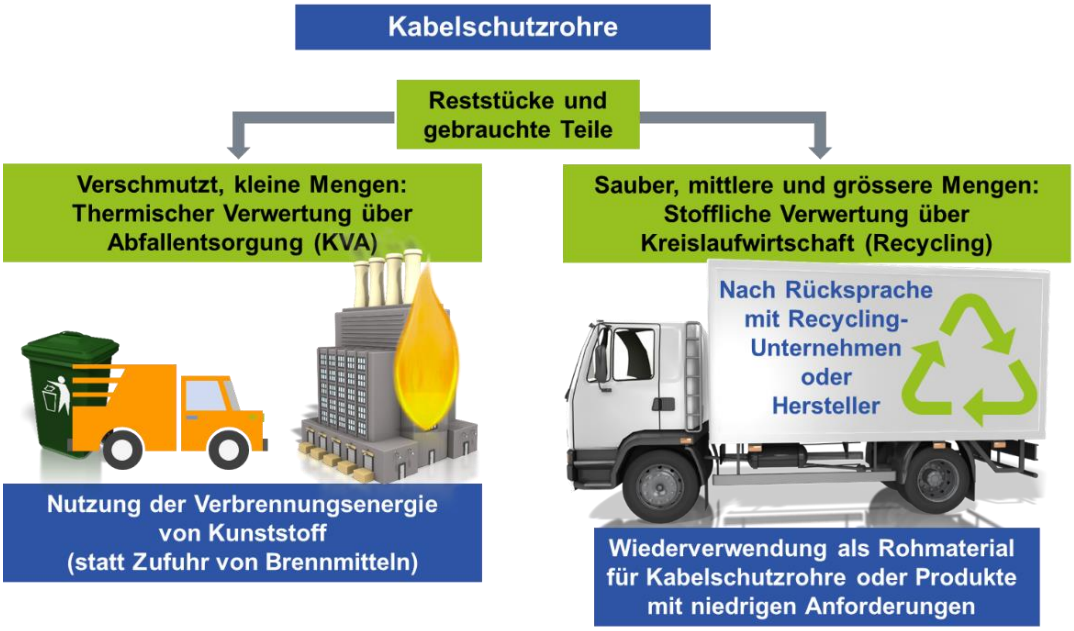


Abbildung 33: Thermische und stoffliche Verwertung von Kunststoffrohren

Anhang 1: Grabenlose Verlegeverfahren

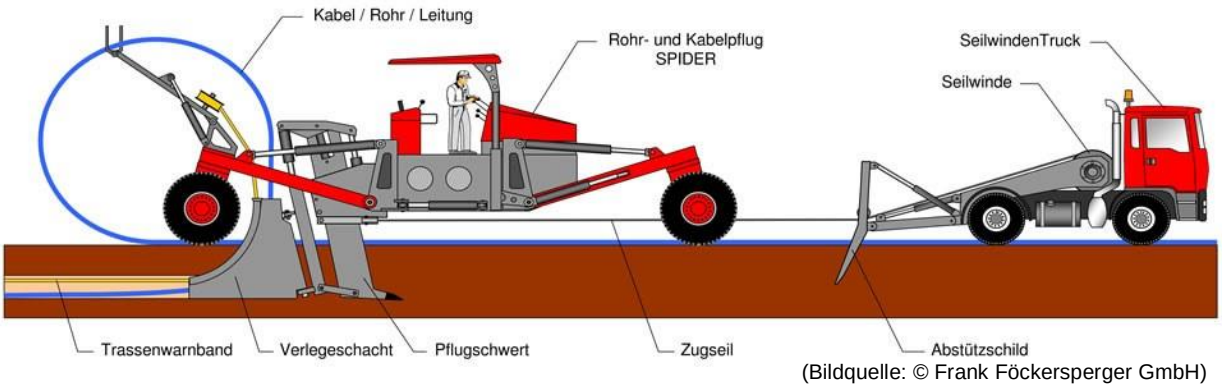
1.1 Einpflügen und Einfräsen

1.1.1 Einpflügen von Rohrleitungen

(1) Im sogenannten Pflugverfahren können Kabel und Rohre bis 315 mm Durchmesser eingepflügt werden. Das Pflugverfahren gehört zu den alternativen, grabenlosen Verfahren. Der sogenannte Spinnenpflug wird mit Hilfe eines geländegängigen Zugfahrzeugs, das mit einer Seilwinde versehen ist, gezogen. Das Pflugschwert wird am Trassenbeginn in eine Startgrube eingesetzt. Durch die Zugkraft der Seilwinde verdrängt das Pflugschwert das Erdreich, dadurch entsteht ein Hohlraum, in dem die Leitung spannungsfrei abgelegt wird. Das vorgängige Sondieren von bestehenden Leitungen ist dabei zwingend notwendig. Das ideale Einsatzgebiet des Pflugverfahrens ist freies Kulturland (keine bestehenden Werkleitungen vorhanden).

(2) Vibrationspflüge werden hauptsächlich für das Einpflügen von Kabeln und Kabelschutzrohren eingesetzt. Auch entlang von Strassen und Wegen kann problemlos eingepflügt werden. Durch die Vibration wird der Boden gelockert und durch den Eigenantrieb des Vibrationspfluges wird kein zusätzliches Seilwindenzugfahrzeug benötigt.

(3) Rohrleitungen können bis zu einer Tiefe von 1,40 m als Rohrbündel oder Einzelrohr eingepflügt werden.



(Bildquelle: © Frank Föckersperger GmbH)

Abbildung 34: Pflugverfahren mittels Zugkraft / Zugseil

Abbildung 35: Vibrationspflug (Bildquelle: © Frank Föckersperger GmbH)

1.1.2 Einfräsen von Rohrleitungen

(1) Mit dem Fräsverfahren werden Rohrleitungen eingefräst. Auch dieses Verfahren gehört zu den alternativen, grabenlosen Verfahren, welche eine Start-, Zwischen- und Zielgrube aufweisen müssen. Beim Fräsverfahren wird mittels Grabenfräse oder Felsfräse ein Graben mit einer Grabenbreite bis zu 0,25 m und einer Grabentiefe bis zu 1,50 m, abhängig von der Geologie, gefräst. Dabei wird das Produkteleerrohr in dem erstellten Fräsgraben verlegt. Nach dem Verlegen kann der Graben mit dem Fräsgut verfüllt werden. Das vorgängige Sondieren von bestehenden Leitungen ist zwingend notwendig. Das ideale Einsatzgebiet des Fräsverfahrens sind Gebiete bei direkt anstehendem Felsen. Wenn es keine Vermischung der Bodenarten / -schichten geben darf, aufgrund von Vorgaben der Behörden, ist von einem Fräsen abzusehen.

(2) Rohrleitungen können bis zu einer Tiefe von 1,50 m und bis zu DN 214 verlegt werden. Die einzelnen Abschnittslängen können bis zu 100 m lang sein und eine Wochenleistung bis zu 300 m ist möglich.

Abbildung 36: Beispiel Fräsverfahren 1

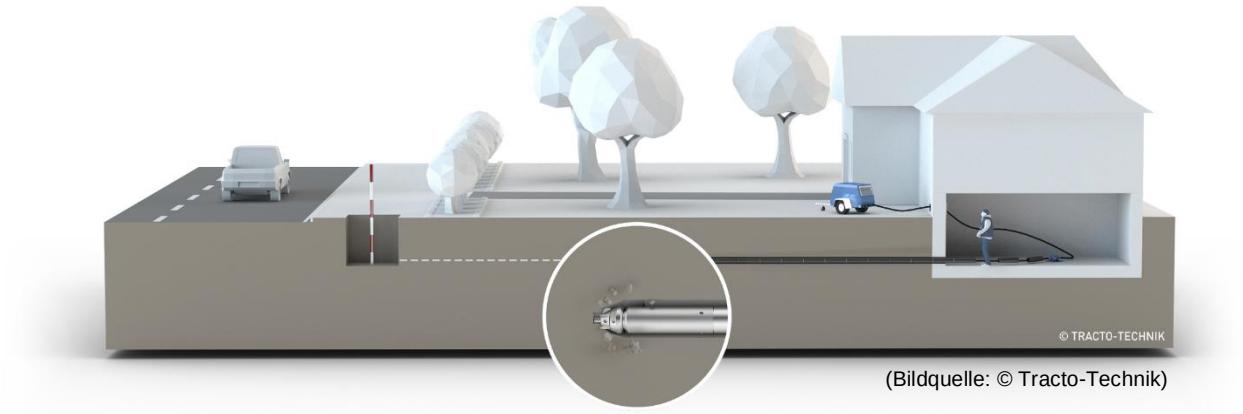
Abbildung 37: Beispiel Fräsverfahren 2

Abbildung 38: Beispiel Fräsbagger

1.2 Bodenverdrängungsverfahren / Erdrakete

(1) Mit dem Bodenverdrängungsverfahren können Rohrleitungen unterirdisch verlegt werden. Durch die raketenähnliche Form des pneumatisch angetriebenen Verdrängungshammer wird der Hammer auch Erdrakete genannt. Die Erdrakete gehört zu den grabenlosen und nicht steuerbaren Verfahren mit einer Start- und Zielgrube. Zur Ausrichtung der Erdrakete wird mit Hilfe einer Peiloptik, in der Startgrube, ein Peilstab in der Zielgrube anvisiert (vgl. Abbildung 39). Danach wird die Erdrakete in einer Lafette in Höhe und Lage ausgerichtet. Müssen Geländehebungen vermieden werden, muss die Bohrtiefe min. dem 10-fachen Durchmesser der Erdrakete entsprechen.

(2) Mit dem Vortrieb der Erdrakete kann ein Langrohr bis DN 160 aus Kunststoff direkt mit eingezogen werden. Mit der Erdrakete können die Rohrleitungen unterirdisch bis zu einer Länge von 25 m verlegt werden. Dabei können Vortriebsgeschwindigkeiten von bis zu 15 m/h erreicht werden. Grundvoraussetzung für den Einsatz einer Erdrakete ist, dass der anstehende Boden verdrängbar ist (geologische Vorabklärung).



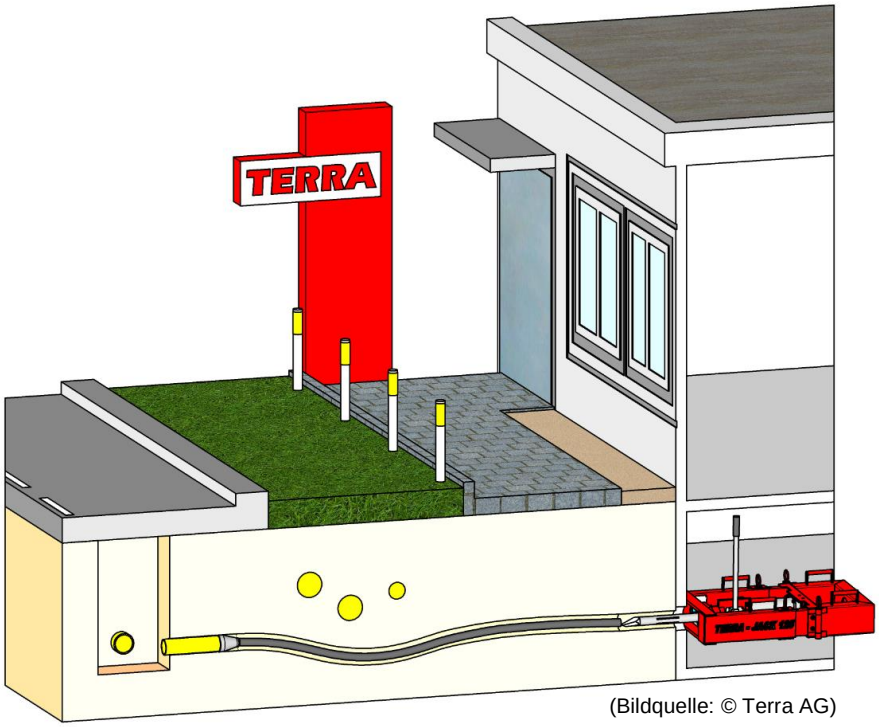
(Bildquelle: © Tracto-Technik)

Abbildung 39: Beispiel Verfahren mit Erdrakete aus dem Gebäude

1.3 Richtpressverfahren

(1) Mit dem Richtpressverfahren können Rohrleitungen unterirdisch verlegt werden. Das Richtpressverfahren gehört zu den grabenlosen Verfahren mit einer Start- und Zielgrube. Beim Richtpressverfahren werden Stahlgestänge, mit einem Bohrkopf und einer Sonde an der Spitze, ins Erdreich gepresst. Mittels Aufweitkopf können Rohrleitungen bis zu 110 mm eingezogen werden.

(2) Das Bohrverfahren ist steuerbar, die einzelnen Bohrabschnittslängen können bis zu 30 m sein und Kurvenradien von minimal 30 m. Die Richtwerte sind in Abhängigkeit zum gewählten Bohrdurchmesser und der vorhandenen Geologie zu sehen. Das Richtpressverfahren kommt überwiegend bei Hausanschlüssen zum Einsatz (vgl. Abbildung 40).



(Bildquelle: © Terra AG)

Abbildung 40: Funktionsweise Richtpressverfahren

1.3.1 Pressbohrvortrieb generell

(1) Beim Pressbohrvortrieb wird ein Stahlrohr hydraulisch durch den Boden gepresst. An dessen Spitze wird von einem Bohrkopf der anstehende Boden verdrängungslos abgetragen und im Innern des Rohres nach hinten befördert. Hier stehen verschiedene Bohrkopfarten zur Verfügung. Je nach Boden kann, jeweils der geeignete Bohrkopf angebaut werden. Für felsigen Boden wird zusätzlich ein Imlochhammer verwendet. Die Stahlrohre können so unter Hindernissen wie Gleiskörpern oder hoch frequentierten Strassen hindurchgepresst werden, um dann später beliebige Medienrohre, Versorgungs- und Telekommunikationsleitungen (Gas, Strom, Wasser, Kabelfernsehen, Telefon) hindurchzuziehen. Es werden nur zwei Gruben benötigt. Vorgängig werden eine Start- und eine Zielgrube ausgehoben – nicht tiefer als nötig, um die Bohranlage auf der gewünschten Bohrachse zu positionieren.

© VSE/AES / VKK – CH 2022

1.3.2 Pressbohrung mit Pilotbohrung

(1) Hierbei wird zunächst ein Pilotrohrstrang bodenverdrängend eingebracht. Mit Hilfe der optischen Gasse in den Pilotrohren, einem Steuerkopf mit Steuerschrägen und dem Optisch-Elektronischen-Navigationssystem kann der Pilotrohrstrang zielgenau gesteuert werden.

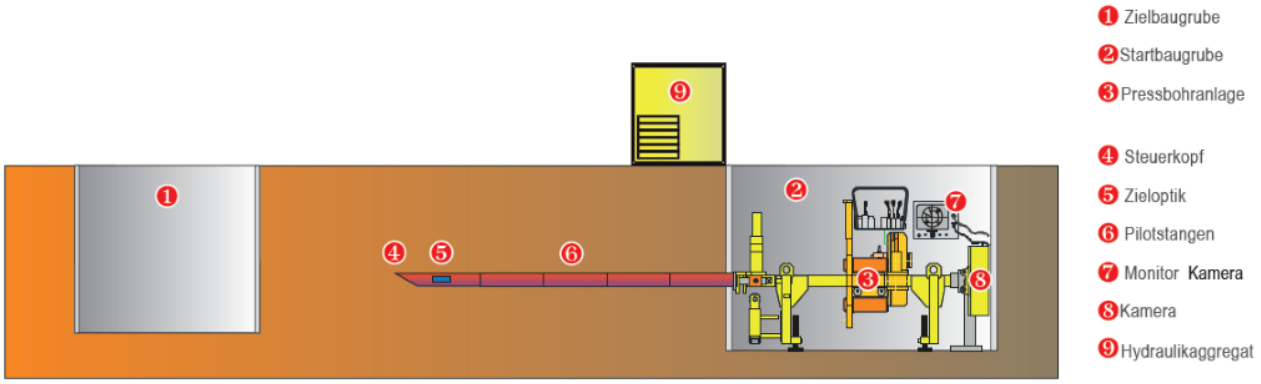


Abbildung 41: Pressbohrung mit Pilotbohrstrang

(2) An das eingebrachte Pilotrohr wird ein den Bodenverhältnissen angepasstes Aufweitsystem gefolgt von Pressbohrrohren mit innenliegenden Förderschnecken angeschlossen.

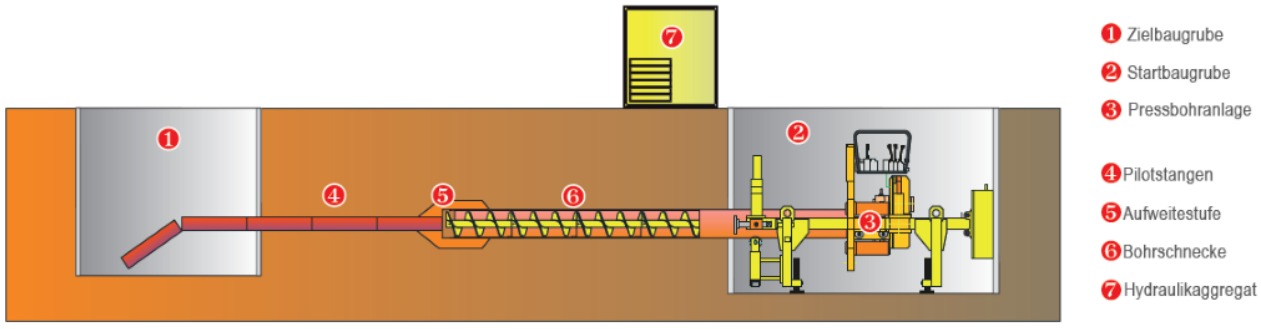


Abbildung 42: Pressbohrung mit Aufweitsystem und Pressbohrrohren

1.3.3 Pressbohrung ohne Pilotbohrung / Steuerung

(1) Bei kurzen Bohrlängen können Stahlrohre mit Durchmessern von 150 bis 800 mm im Locker- oder Festgestein in nur einem Arbeitsschritt ohne Pilotbohrung und ohne Rohrsteuerung verlegt werden. Die Bohranlage wird vorgängig auf die gewünschte Bohrachse und –höhe justiert.

© VSE/AES / VKK – CH 2022

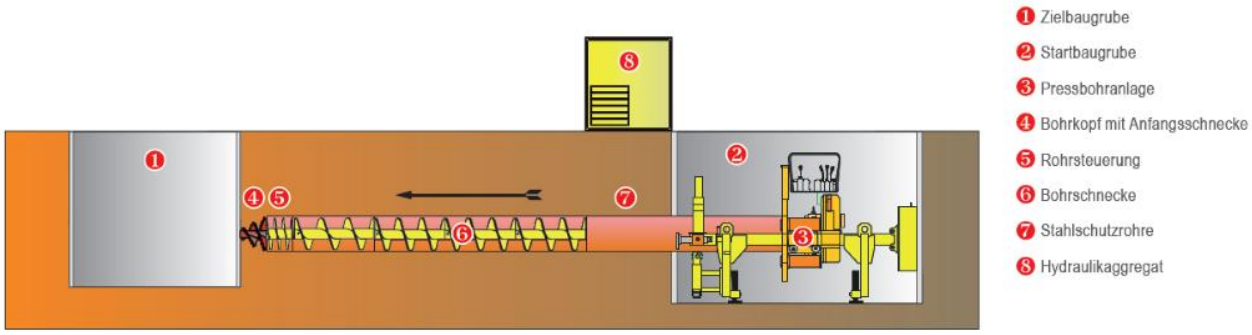


Abbildung 43: Pressbohrung ohne Pilotbohrung / Steuerung

1.3.4 Pressbohrung mit Rohrsteuerung

(1) Die Rohrsteuerungen ermöglichen es, ein Stahlrohr mit Durchmessern von 508 bis 1‘220 mm im Locker- oder Festgestein in nur einem Arbeitsschritt gesteuert zu verlegen. Mit Hilfe des Optischen-Elektronischen-Navigationssystems, sowie Neigungs- und Winkelsensoren kann der Bohrkopf horizontal sowie auch vertikal gesteuert werden.

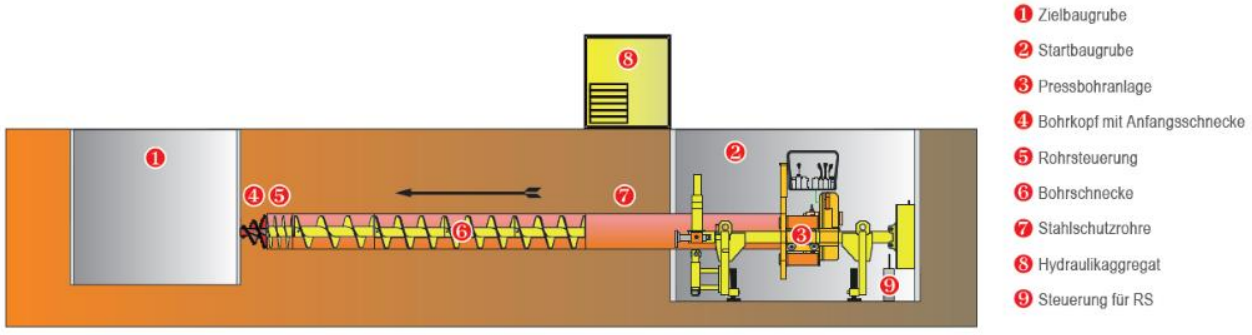


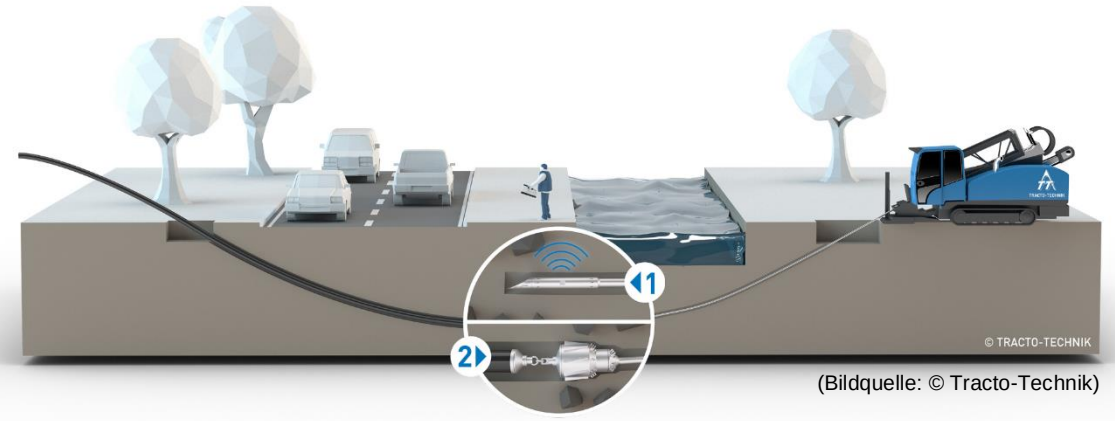
Abbildung 44: Pressbohrung mit Rohrsteuerung

© VSE/AES / VKK – CH 2022

1.4 Bohrung im Spülverfahren (HDD)

(1) Mit dem Horizontalspülbohrverfahren (HDD) können Rohrleitungen unterirdisch verlegt werden (vgl. Abbildung 45). Das Horizontalspülbohrverfahren gehört zu den grabenlosen Verfahren mit einer Start- und Zielgrube. Beim Horizontalspülbohrverfahren erfolgt als erstes eine Pilotbohrung, die die Richtung der gesamten Bohrung vorgibt. Nach der Pilotbohrung wird das Bohrloch mit einem Aufweitkopf aufgeweitet und mittels Bentonit bzw. Aditive gestützt. Abhängig vom geplanten Bohrdurchmesser wird entweder eine weitere Aufweitung vollzogen oder das Produktleerrohr wird direkt mit der ersten Aufweitung mit dem Aufweitkopf gezogen. Um eine Horizontalspülbohrung erfolgreich zu realisieren, sollte die Geologie bekannt sein. Eine bekannte Geologie minimiert das Risiko bzgl. einem Einsturz des Bohrlochs, ein Verlust der Bohrspülung oder Festwerden der Rohrleitung. Daher ist es essenziell während der Bohrung die Zugkräfte, Bohrgut und Bohrspülung genau zu beobachten, um gegebenenfalls die Bohrspülung bzw. Additive anzupassen.

(2) Das Bohrverfahren ist steuerbar, die einzelnen Bohrabschnittslängen können bis zu 500 m lang sein, eine maximale Tiefe von 8 bis 12 m und Kurvenradien von minimal 12 m aufweisen. Die Richtwerte sind in Abhängigkeit zum gewählten Bohrdurchmesser und der vorhandenen Geologie zu sehen. Dabei beträgt der maximale Bohrdurchmesser 700 mm. Auf Grund der erhöhten Zugkraft sind PE-HD Rohre zu verwenden.

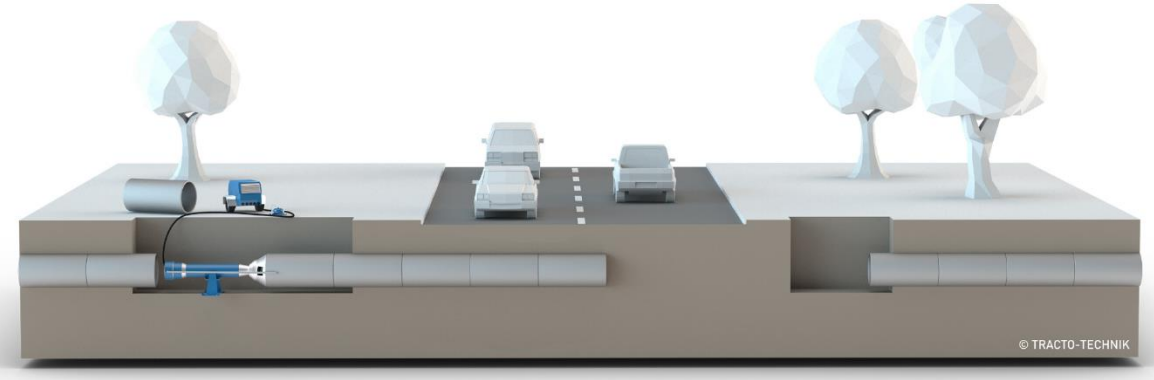


(Bildquelle: © Tracto-Technik)

Abbildung 45: Funktionsweise Horizontalspülbohrverfahren

1.5 Schlagvortrieb / Rammvortrieb

(1) Beim Stahlrohrvortrieb (Rammen) werden Strassen, Gleisanlagen, Gebäude und Flüsse bis 60 m Länge unterquert (vgl. Abbildung 46). Mit diesem Verfahren lassen sich Stahlrohre bis 4‘000 mm Durchmesser ohne Presswiderlager einrammen. Diese Technik eignet sich für horizontale Tunnel und solche mit geringen Neigungen. Da das Erdreich nicht verdrängt wird, können so auch oberflächennah Leitungen verlegt werden. Die längs- bzw. spiralgeschweissten oder nahtlosen Stahlrohre werden als Schutzrohr für die Bündelung von Leitungssystemen genutzt. Das sich im Stahlrohr befindende Erdmaterial wird mit Wasser oder Druckluft entfernt und das Rohr gereinigt.



(Bildquelle: © Tracto-Technik)

Abbildung 46: Schlagvortrieb

1.6 Microtunneling

(1) Mit einem Microtunnelverfahren können Kabelschutzrohre mittels Tunnelbautechnik verlegt werden. Das Microtunneling gehört zu den grabenlosen Verfahren mit einer Start- und Zielgrube. Beim Microtunneling bohrt sich der Bohrkopf durch den Untergrund. Mit dem Fortschritt des Bohrkopfes wird zeitgleich das Mantelrohr mittels Hydraulikpressen nach getrieben. Die Steuerung des Bohrkopfes erfolgt ausserhalb der Tunnelbohrmaschine aus einem Steuercontainer, der in unmittelbarer Nähe der Startgrube positioniert ist. Der Operator im Steuercontainer steuert die Tunnelbohrmaschine mittels Laser und / oder Kreiselkompass.

(2) Mit dem Vortrieb können Mantelrohre mit einem Durchmesser von ca. 500 mm bis 4‘000 mm vorgetrieben werden, Kurvenradien von minimal ca. 150 m und Vortriebsgeschwindigkeiten von bis zu 15 m pro Tag sind möglich. Diese Richtwerte sind in Abhängigkeit zum gewählten Bohrdurchmesser und der vorhandenen Geologie.

Abbildung 47: Microtunneling (Bildquelle: © Herrenknecht AG)

(3) Der Einzug von Leerrohren in einen Microtunnel kann mittels Führungsschablonen realisiert werden. Die Führungsschablonen unterstützen mittels Rollen den Einzug der Leerrohre und Fixierung der Leerrohre.

Abbildung 48: Befüllung Medienrohre im Microtunneling

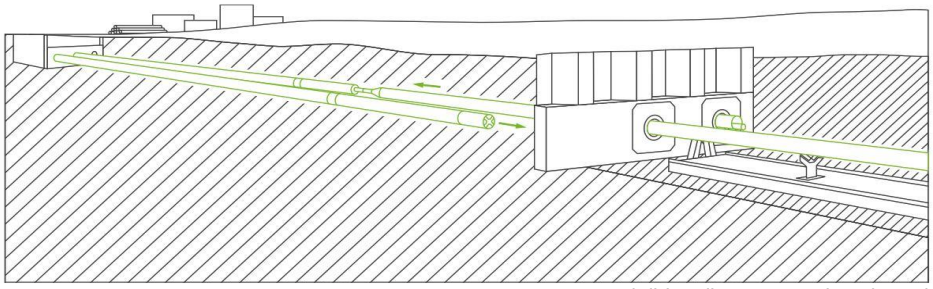
(4) Bei der Verlegung in Abbildung 48 ist auf die Ringsteifigkeit der Rohre und auf die Dichtigkeit der Rohrverbindungen zu achten.

© VSE/AES / VKK – CH 2022

1.7 E-Power Pipe Verfahren

(1) Mit einem E-Power Pipe Verfahren können Rohrleitungen mittels einer zweistufigen Tunnelbautechnik verlegt werden. Das E-Power Pipe Verfahren gehört zu den grabenlosen Verfahren mit einer Start- und Zielgrube. Beim E-Power Pipe Verfahren erfolgt als erstes eine Pilotbohrung mittels einer Tunnelbohrmaschine. Mit dem Fortschritt des Bohrkopfs werden zeitgleich wiederverwendbare Stahlvortriebsrohre mittels eines elektrisch betriebenen Pressschlitten nachgetrieben. Die Steuerung des Bohrkopfs erfolgt ausserhalb der Tunnelbohrmaschine aus einem Steuercontainer, der in unmittelbarer Nähe der Startgrube positioniert ist. Der Operator im Steuercontainer steuert die Tunnelbohrmaschine mittels Kreiselkompasses und einem magnetfeldgestützten Ortungssystem. Nach der Pilotbohrung wird die Rohrleitung mit einem an den Stahlvortriebsrohren angebrachten Zugkopf eingezogen. Während des Einzugs wird der Hohlraum zwischen Bohrloch und Rohrleitung unter Zugabe von Verfüllmaterial gestützt und verfüllt. Abhängig vom geplanten Rohrleitungsdurchmesser wird für den Einzug noch eine Aufweitmaschine vor die Rohrleitung montiert.

(2) Mit dem zweistufigen Verlegeverfahren können zugfeste Schutzrohre mit einem Durchmesser von ca. 250 mm bis 700 mm verlegt werden. Kurvenradien von minimal 350 m und Vortriebsgeschwindigkeiten von bis zu 120 m pro Tag sind möglich. Das Bohrverfahren ist steuerbar, die einzelnen Bohrabschnittslängen können bis zu 1500 m lang sein und eine minimale Überdeckung von 2 m aufweisen. Diese Richtwerte sind in Abhängigkeit zum gewählten Bohrdurchmesser und der vorhandenen Geologie. Der maximale Bohrdurchmesser beträgt 505 mm bzw. 800 mm unter Verwendung einer Aufweitmaschine.



(Bildquelle: © Herrenknecht AG)

Abbildung 49: Funktionsprinzip E-Power Pipe Verfahren

(Bildquelle: © Herrenknecht AG)

Abbildung 50: Beispiel Schachteinrichtung E-Power Pipe

Anhang 2: Doppelsteckmuffen ohne Sicke

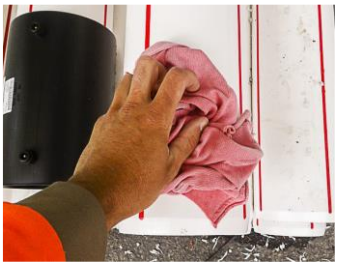
Schritt	Tätigkeit	Illustration
1	An Rohrenden Gleitmittel auftragen und gegebenenfalls Einschubmarkierung anbringen	
2	Rohr axial ausrichten, anheben und in Doppelmuffe ohne Sicke einfügen	
3	Rohr am Ende anheben und mit einer Drehbewegung bis zur Markierung einschieben	
4	Bei grösseren Dimensionen können geeignete Hilfsmittel verwendet werden	

Bei jedem Arbeitsunterbruch die Rohrenden und Muffen mit Muffenstopfen verschliessen!

© VSE/AES / VKK – CH 2022

Anhang 3: Elektro-Schweissen

1. Visuelle Kontrolle



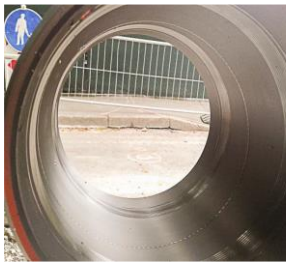
2. Rohrreinigung

3. Markierung des Schälbereichs

4. Rohroberfläche rotierend oder von Hand schälen

5. Messung der Muffenlänge

6. Markierung Einstecktiefe beider Rohrenden



7. Zustand der Muffe prüfen

8. Reinigen der Rohroberfläche und Schweissbereich der Muffe mit PE-Reiniger

9. Aufschieben der Muffe und einstecken des Rohrs aus der Gegenseite

10. Schweissprozess starten und überwachen.

11. Abkühlzeit beachten.

© VSE/AES / VKK – CH 2022

Anhang 4: Beispiel Kabelzugberechnung

4.1 Verlegerichtung

(1) Die Verlegerichtung ist nach dem Gefälle zu wählen (von oben nach unten).

(2) Die Einzugsrichtung ist so zu wählen, dass Hindernisse am Anfang des Einzugs liegen.

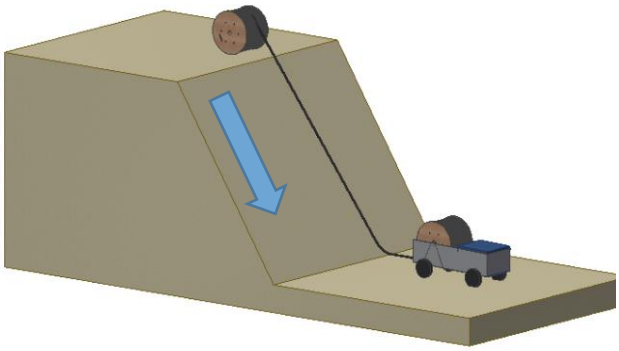


Abbildung 51: Verlegerichtung von oben nach unten

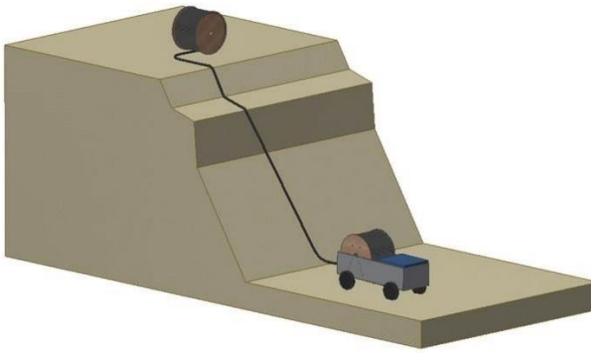


Abbildung 52: Hindernisse am Anfang des Einzugs

4.2 Formeln

(1) Folgende Formeln sind für die Zugraftberechnung anzuwenden:

Gerade Strecke	$F = G \cdot l \cdot \mu$
Gerade Strecke mit Höhenunterschied	$F = G \cdot l \cdot (\mu \cdot cos\beta \pm sin\beta)$ Für $\beta \leq 20°$ (36%) $\quad F = G \cdot l \cdot \mu \pm G \cdot h$
Zugkraft bei Richtungsänderungen	$F_E = F_A \cdot f = F_A \cdot e^{\mu \cdot \alpha}$
Radialkräfte in Kurven	$F_A = F_E = F$ $F_B = 2 \cdot F \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \quad b = 2 \cdot r \cdot \pi \cdot \frac{\alpha}{360}$ $F_B = \frac{F \cdot sin\frac{\alpha}{2}}{r \cdot \mu \cdot \frac{\alpha}{360}}$

F	Zugkraft	[N]	G	Kabelgewicht	[N/m]
F_{zu}	Maximal zulässige Zugkraft	[N]	A	Leiterquerschnitt	[mm^2]
Z_B	Radialkraft	[N/m	$б_{zul}$	Maximal zulässige Materi-abeanspruchung	[N/mm^2]
F_A	Anfangszugkraft vor Richtungsän-derung	[N]	ų	Reibungskoeffizient	[-]
F_E	Endzugkraft nach Richtungsände-rung	[N]	f	Richtungsänderungsfaktor	[-]
r	Radius	[m]	h	Höhenunterschied	[m]
l	Trasseeabschnittslänge	[m]	α	Kurvenwinkel	[rad], [°]

10 N = 1 daN (entspricht circa 1 kg Zugkraft)

4.3 Reibungskoeffizienten

Verlegeart	**ų**
Einzug auf Verlegerollen	0,30
Einzug in Zementrohr	0,40 – 0,60
Einzug in Kunststoffrohr mit Spezialfett	0,10 – 0,20
Einzug in Kunststoffrohr mit Wasser	0,15 – 0,25

Tabelle 8: Reibungskoeffizienten bei Verlegearten

4.4 Richtungsänderungsfaktor

(1) Beim Kabeleinzug mit Richtungsänderungen (horizontal und/oder vertikal) werden die Kabel einer Radialkraft unterworfen. Die Radialkraft pro Längeneinheit ist abhängig von der Zugkraft in Längsrichtung, von der Richtungsänderung und vom Kurvenradius. Folgende Formel zeigt den Zusammenhang:

$$F_E = F_A \cdot f = F_A \cdot e^{\mu \cdot \alpha}$$

(2) Der Richtungsänderungsfaktor f kann dabei aus folgendem Diagramm bei unterschiedlichen Reibungskoeffizienten und Kurvenwinkel abgelesen werden.

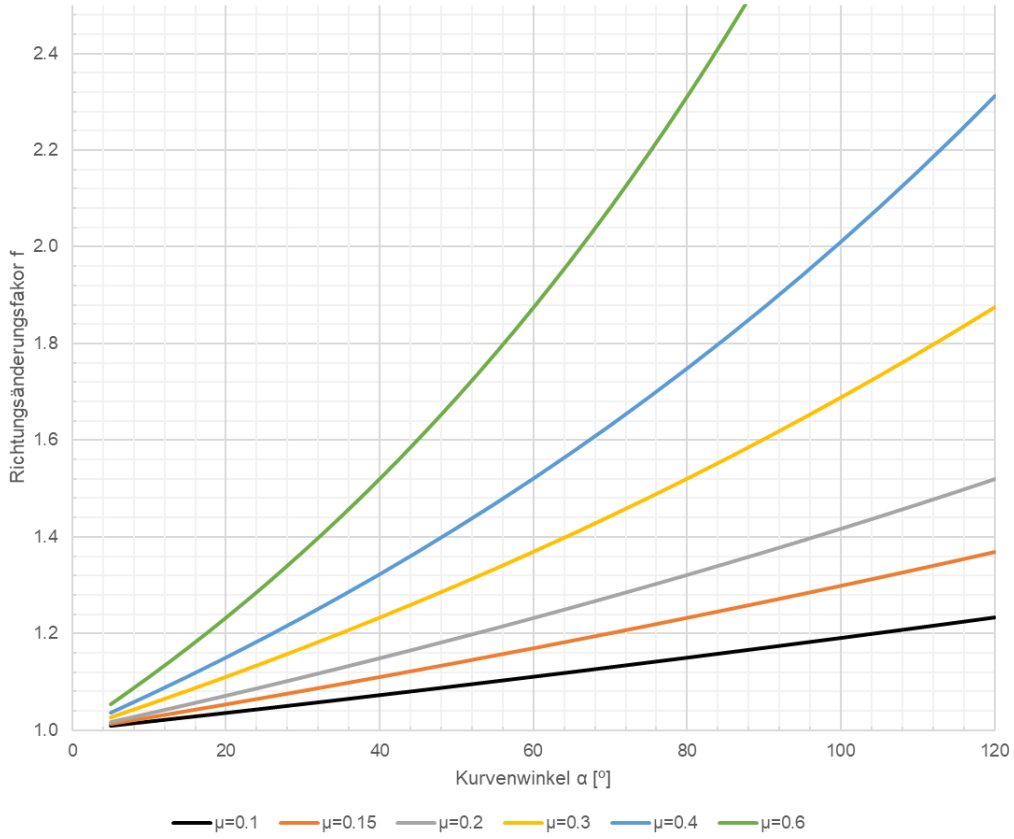


Abbildung 53: Richtungsänderungsfaktor bei unterschiedlichen Kurvenwinkel und Reibungskoeffizienten

4.5 Beispielberechnung mit unterschiedlicher Einzugsrichtung ohne Höhendifferenz

(1) Ausgangdaten

Kabeltyp	XKDT-YT 3x1x150 Cu, max. 18 kN
Kabelgewicht	G = 7.0 kg/m
Kabeldurchmesser	D_A = 70 mm
Schmierung	0,15 l Gleitmittel oder Wasser
Höhendifferenz	0 m

© VSE/AES / VKK – CH 2022

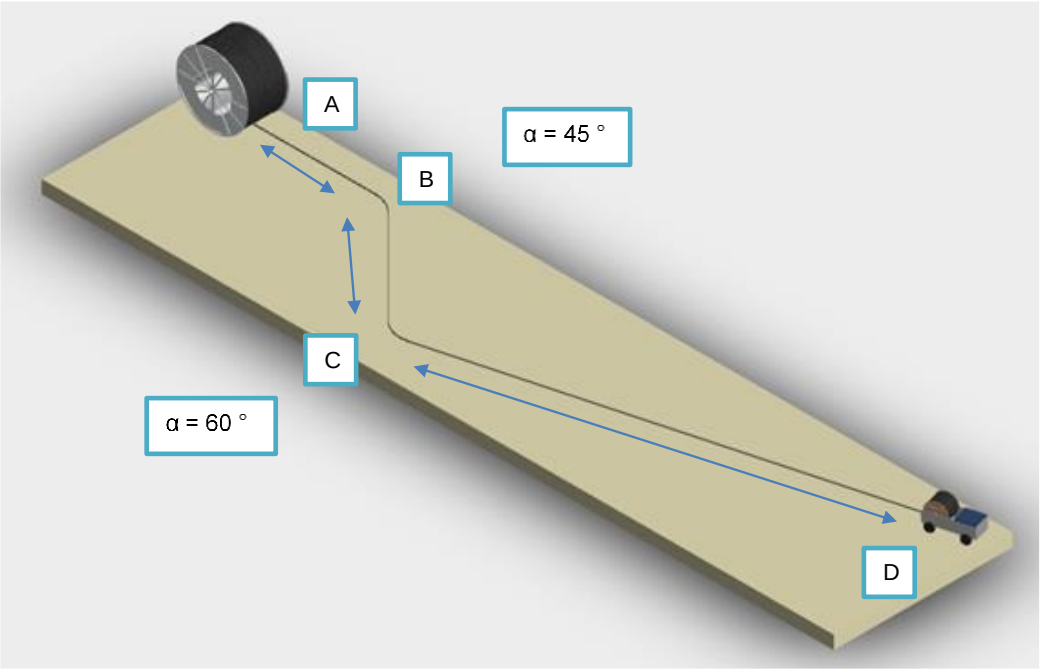


Abbildung 54: Streckenabschnitte und Kurvenwinkel zur Beispielberechnung

(2) Berechnung der Zugkraft bei Einzugsrichtung von A nach D ohne Höhendifferenz

Abschnitt	**l**	**ɥ**	**Formel** $F_A = F_B + \mu \cdot G \cdot l \pm G \cdot h$	**α**	**Zugkraft F_B nach Bogen** $F_B = F_A \cdot f$ $F_B = F_A \cdot e^{\mu \cdot \alpha}$	**F**
A-B	90 m	0.15	$0.15 \cdot (7.0 \cdot 10) \cdot 90$ = 945 N	45°	$945 \cdot 1.13$ = 1’068 N	
B-C	200 m	0.15	$1068 + 0.15 \cdot (7.0 \cdot 10) \cdot 200$ = 3’168 N	60°	$3168 \cdot 1.17$ = 3’706 N	
C-D	500 m	0.15	$3'706 + 0.15 \cdot (7.0 \cdot 10) \cdot 500$ = 8’956 N	0°		8’956 N

© VSE/AES / VKK – CH 2022

(3) Berechnung der Zugkraft bei Einzugsrichtung von D nach A ohne Höhendifferenz

Abschnitt	**Länge**	**ų**	**Formel** $F_A = F_B + \mu \cdot G \cdot l \pm G \cdot h$	**α**	**Zugkraft F_B nach Bogen** $F_B = F_A \cdot f$ $F_B = F_A \cdot e^{\mu \cdot \alpha}$	**F**
D-C	500m	0.15	$0.15 \cdot (7.0 \cdot 10) \cdot 500$ = 5'250 N	60°	$5'250 \cdot 1.17$ =6'143 N	
C-B	200m	0.15	$6'143 + 0.15 \cdot (7.0 \cdot 10) \cdot 200$ =8'243 N	45°	$8'243 \cdot 1.13$ =9'314 N	
B-A	90m	0.15	$9'314 + 0.15 \cdot (7.0 \cdot 10) \cdot 90$ =10'259 N	0°		10'259 N

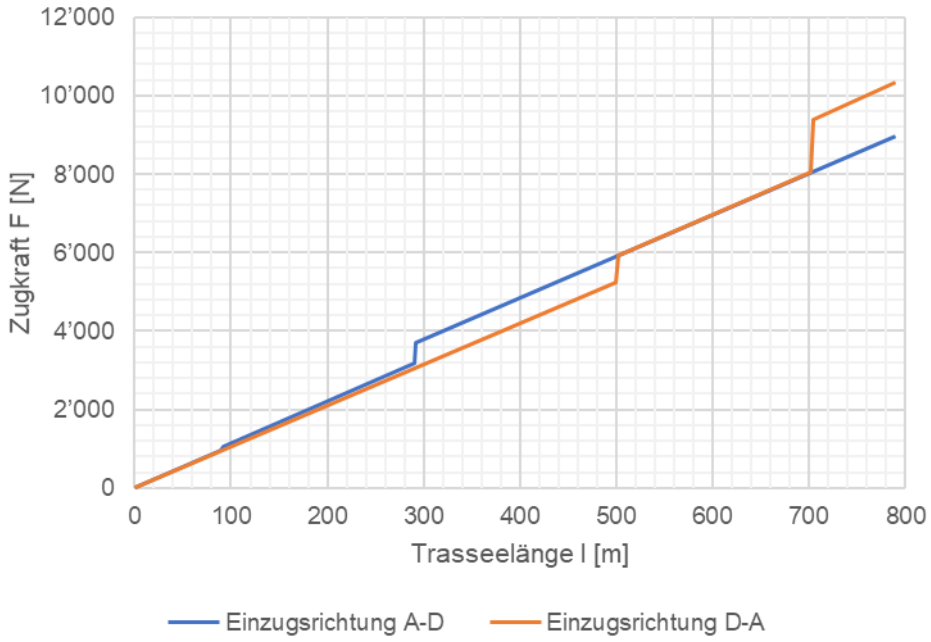


Abbildung 55: Zugkräfte bei unterschiedlicher Einzugsrichtung ohne Höhendifferenz

(4) Fazit

Bei der Wahl der richtigen Einzugsrichtung (A-D) kann die Zugkraft um 1'303 N verringert werden. Die Zugkraft ist zudem bei der Einzugsrichtung A-D besser verteilt und zieht nicht wegen der Richtungsänderung am Ende des Einzugs bei der Einzugsrichtung D-A an.

© VSE/AES / VKK – CH 2022

4.6 Beispielberechnung mit gleicher Einzugsrichtung mit Höhendifferenz

(1) Ausgangdaten

Kabeltyp	XKDT-YT 3x1x150 Cu, max. 18 kN
Kabelgewicht	G = 7.0 kg/m
Kabeldurchmesser	D_A = 70 mm
Schmierung	0,15 l Gleitmittel oder Wasser
Höhendifferenz	20 m

Die Länge der Streckenabschnitte, die Richtungsänderungen und Reibungskoeffizienten entsprechen dem vorangegangenen Beispiel.

Ab-schnitt	**h**	**Formel** $F_A = F_B + \mu \cdot G \cdot l \pm G \cdot h$	**α**	**Zugkraft F_B nach Bogen** $F_B = F_A \cdot f$ $F_B = F_A \cdot e^{\mu \cdot \alpha}$	**F**
A-B	0 m	$0.15 \cdot (7.0 \cdot 10) \cdot 90$ = 945 N	45°	$945 \cdot 1.13$ =1'068 N	
B-C	0 m	$1068 + 0.15 \cdot (7.0 \cdot 10) \cdot 200$ =3'168 N	60°	$3168 \cdot 1.17$ =3'706 N	
C-D	20 m	$3706 + 0.15 \cdot (7.0 \cdot 10) \cdot 500 + (7.0 \cdot 10) \cdot 20$ =10'356 N	0°		10'356 N

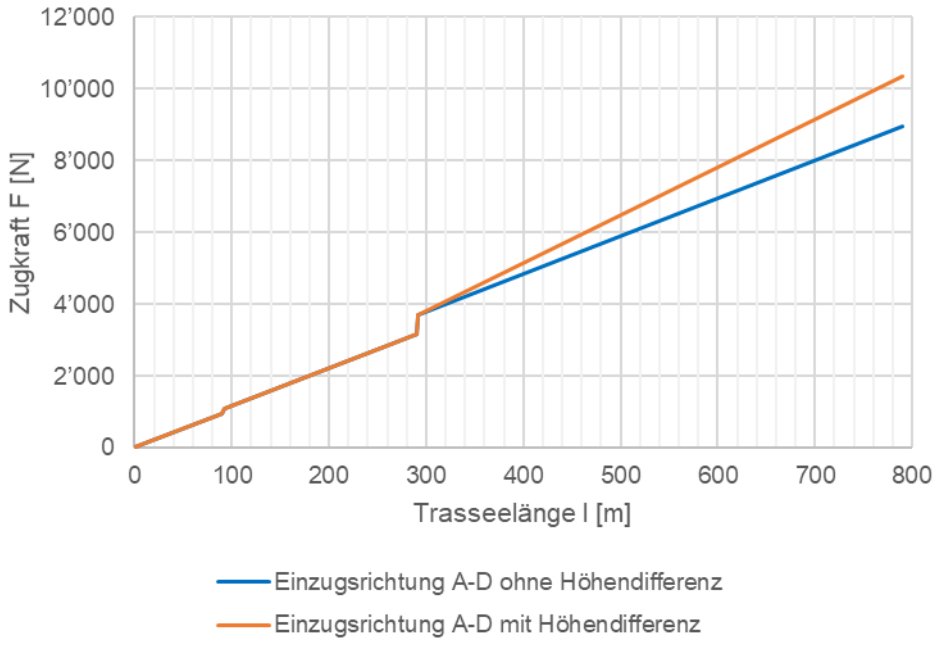


Abbildung 56: Vergleich Zugkräfte ohne und mit Höhendifferenz

Anhang 5: Beispiel Abnahmeprotokoll mit Checkliste

Prüfung des Werks – Abnahmeprotokoll

Datum, Zeit: .....

Objekt: .....

Werk/ Werkteil: .....

Werkvertrag vom: .....

Bauherr: .....

vertreten durch: .....

Unternehmer: .....

vertreten durch: .....

Örtliche Bauleitung: .....

vertreten durch: .....

☐ **Prüfung bei Vollendung gemäss Norm SIA 118, Art. 157 ff.**

Die Prüfung ergab gemäss ☐ Art. 158 Abs. 2 (Prüfung des vollendeten Werks):
☐ Art. 161 Abs. 3 (Nachprüfung des zurückgestellten Werks):

☐ keine Mängel
☐ unwesentliche Mängel gemäss Liste auf Seite 2
☐ wesentliche Mängel gemäss Liste auf Seite 2

Entscheid aufgrund der Prüfungsergebnisse:

☐ Das Werk gilt als abgenommen (keine oder unwesentliche Mängel, Art. 159, 160)
☐ Die Abnahme wird zurückgestellt (wesentliche Mängel, Art. 161 Abs. 1)
Das Werk wird zum Weiterbau / zur Ingebrauchnahme ☐ überlassen.
☐ nicht überlassen.

Frist zur Behebung der Mängel: .....

☐ **Schlussprüfung gemäss Norm SIA 118, Art. 177**

Die Prüfung ergab gemäss Art. 177:
☐ keine Mängel
☐ Mängel gemäss Liste auf Seite 2

Frist zur Behebung der Mängel: .....

Seite 1 von 3

Festgestellte Mängel (bei Bedarf Verweis auf separate Dokumente):

Mängel	Anlage

Garantiefristen (Rügefristen) gemäss SIA Norm 118, Art. 172 ff.

☐ Allfällig vereinbarte Sonderregel:

Unterschriften:

zur Kenntnis:	anerkannt:	anerkannt:
Bauherr:	Unternehmer:	Bauleitung:

Weitere Beteiligte:

Amt/Werk/Firma:	Name:	Unterschrift:

Verteiler: alle Beteiligten

© VSE/AES / VKK – CH 2022

Checkliste – Abnahme des Werkes

	Bemerkungen
☐ Visuelle Kontrolle der Schächte	.....
☐ TV-Aufnahmen der Kamerainspektion vorhanden	.....
☐ Nachweis Verdichtung, Strassen- Bahnbau	.....
☐ Kalibrier-Protokoll vorhanden	.....
☐ Einzugsschnur vorhanden	.....
☐ Instandstellung beanspruchter Grundstücke	.....
☐ Wiederherstellung der Oberflächen	.....
☐ Schweissprotokolle	.....
☐ Plan des ausgeführten Werkes (PAW)	.....
☐ Schlussabrechnung	.....
☐ Garantieschein (Bankgarantie) Unternehmer	.....
☐	.....
☐	.....
☐	.....

Weitere Bemerkungen:

.....

.....

© VSE/AES / VKK – CH 2022

Anhang 6: Beispiel Kalibrierprotokoll

Kalibrierprotokoll für Kabelschutzrohre

Datum der Kalibrierung:.....

Projekt:..... **Projektnummer:** ..... **Rohrtyp:** .....

Kalibriermodus (Zugmaschine, Hand/Kompressor, Schnurtyp, etc.).....

Kaliber nach VSE-Dokument: VKK-CH 2021

.....

Maximale Kalibrier-Zugkraft [daN]:.....

innenØ des Rohers	Kaliber Ø	Kaliber-länge	Fasen-länge	Fasen-winkel

Standort: .....

GPS-Koordinaten: von ..... bis .....

Richtung der Kalibrierung und Grabenprofil

Schnitt Grabenprofil mit Rohrnummern:

Richtung von:.....

nach:.....

Skizze oder Plan des Rohrverlegungs- und Kalibrierbereichs

Rohrnummer/Ø	ok	Bemerkung/Max. Zugkraft [daN
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

Total Kalibrierlänge [m]:.....

Rohrumhüllung:.....

Bauherr:..... Datum:.....

Tiefbau-Unternehmen:..... Datum:.....

Kalibrierungs-Unternehmen:..... Datum:.....

Die Kalibrierung ist obligatorisch und muss von einer Fachfirma durchgeführt werden. Die Fachfirma muss den Bauherr/Projektleiter mind. zwei Tage im Voraus über die Daten der Kalibrierungen informieren. Ansonsten wird das Protokoll nicht anerkannt. Das Kalibrierprotokoll ist von der Fachfirma auszufüllen und dem Bauherr/Projektleiter zur Unterschrift vorzulegen. Das Kalibrierprotokoll ist ein Nachweisdokument für Garantieansprüche und ist während der Garantiedauer zu archivieren.

Beilagen:
Fotos des Kalibers vor und nach der Kalibrierung
Unterlagen Kamerainspektion

© VSE/AES / VKK – CH 2022