Engineering progress
Enhancing lives

RAUGUARD HV Schutzrohre

Für Hoch- und Höchstspannungskabel.
Technische Information

REHAU

Inhalt

01	**Produkteigenschaften**	**03**
02	**Werkstoffkennwerte**	**04**
03	**Lieferprogramm**	**05**
04	**Transport und Lagerung auf der Baustelle**	**09**
05	**Hinweise zur Verlegung**	**10**
05.01	Verlegung im Graben	11
05.02	Verlegung in Flüssigboden	20
06	**Prüfungen**	**24**
07	**Normen, Vorschriften und Richtlinien**	**26**

01 Produkteigenschaften

RAUGUARD HV-R-GS - Kabelschutzrohre mit Gleitschicht

Erdkabel sichern den Netzausbau.
Immer dann, wenn politische, soziale oder umweltbedingte Einflüsse gegen die oberirdische Übertragungsleitung sprechen, kann die Stromtrasse alternativ über Erdkabel geführt werden. Dies hat deutliche Vorteile in der Akzeptanz. Denn es gibt keine störenden Masten in der Landschaft und nur lokal sehr begrenzte magnetische Felder unmittelbar über der Trasse.
Wenn eine Stromtrasse streckenweise über Erdkabel geführt wird, brauchen die sensiblen Höchstspannungskabel besonderen Schutz. Während der Verlegung, um das schwere und teure Kabel nicht zu beschädigen und während des Betriebs, um die Wärmeableitung und Magnetfeldabschirmung perfekt zu steuern.
Durch die Wahl von RAUGUARD HV Schutzrohren wird die langfristige Betriebssicherheit und Werterhaltung der Erdkabeltrasse sichergestellt.

Abb. Amprion Erdkabel-Pilotbaustelle Raesfeld

RAUGUARD HV Schutzrohre aus dem Werkstoff PP wurden hierfür mit speziellen Eigenschaften ausgestattet:

Hochtemperaturbeständiges PP-Material
Um den hohen thermischen Beanspruchungen bei Hoch- und Höchstspannungskabelanwendungen langfristig standzuhalten.

Robuster Werkstoff
Unempfindlich gegenüber Kerben und Riefen, z.B. durch Zugseil bei Kabeleinzug; beste Kälteeigenschaften bei niedrigen Verlegetemperaturen, ohne zu verspröden oder zu brechen.

Spezial-Gleitschicht mit Tefloneffekt
Minimiert sowohl die Reibung als auch den Abrieb beim Kabeleinzug.

Vollwandrohr
Gute Wärmeübertragungswerte bezogen auf den Gesamtwärmedurchgangskoeffizienten, zur Minimierung der Stromübertragungsverluste

Dichte Verbindungstechnik mit Doppelsteck- oder Langmuffen
Schneller Baufortschritt bei gleichzeitiger Sicherheit gegen Verschmutzung durch Vermeidung von Undichtigkeiten an den Verbindungstellen. Kabeleinzug ist von beiden Seiten möglich. Wurzelfestigkeit nach DIN 4060 nachgewiesen. Praktischer Nachweis der Wurzelfestigkeit im Rahmen eines 10-jährigen Feldversuches liegt vor.

Hohe Längssteifigkeit
Durch die Wahl von PP-HM mit erhöhtem Elastizitätsmodul begünstigt das Rohrsystem eine schnelle Verlegung und minimiert die möglichen Verformungen durch den Rohrauftrieb während der Verfüllung mit Flüssigboden.

Spezielle PP-HM Rezeptur ohne Füllstoffe, 100 % recyclingfähig
Geeignet für die Verlegung in Wasserschutzgebieten, mit einer Lebensdauer von mehr als 100 Jahren auch bei erhöhten Temperaturen im Betriebszustand.

02 Werkstoffkennwerte

Die RAUGUARD HV Kabelschutzrohre werden standardmäßig aus PP-2300 hergestellt. Die Anforderungen der DIN 16878 werden deutlich übertroffen.

Charakteristische Werkstoffkennwerte für RAUGUARD HV
(ohne Berücksichtigung von Sicherheitsbeiwerten)

Elastizitätsmodul	Kurzzeit	Langzeit
ER (20 °C) [N/mm²]	1.400	350
ER (40 °C) [N/mm²]	800	200
ER (60 °C) [N/mm²]	500	125
Biegezugfestigkeit $\sigma_{R,bz,K}$ [N/mm²]	39	17
Längsdruckfestigkeit $\sigma_{R,ld,K}$ [N/mm²]	65	
Streckspannung $\sigma_{R,z,K}$ [N/mm²]	30	

Aufgrund der ausgezeichneten chemischen Beständigkeit von Polypropylen ist ein zusätzlicher Korrosionsschutz nicht erforderlich.
Detaillierte Informationen können der DIN 8078, Beiblatt 1 entnommen werden.

Materialkennwerte für RAUGUARD HV

Werkstoffeigenschaft	Prüfmethode	Werte	Einheit
Dichte	ISO 1183	> 0,9	g/cm³
Wärmeschrumpf	DIN EN ISO 2505	< 2 (Längsrichtung)	%
Mittlerer Thermischer Längenausdehnungskoeffizient	DIN 53752	1,4 x 10^{-4}	1/K
Wärmeleitfähigkeit λ	DIN 52612-1	> 0,23	W/mK
Spez. Oberflächenwiderstand	DIN IEC 60093/ VDE 0303-3	> 10^{12}	Ω
Dauertemperaturbeständigkeit	DIN EN ISO 1167	70	°C / 50a
Entflammbarkeit	DIN 4102-4	B2	-
Chemische Widerstandsfähigkeit	DIN 8078, Beiblatt 1	erfüllt	-
UV-Stabilität		2 Jahre	Durchschnittliche Sonneneinstrahlung in Mitteleuropa

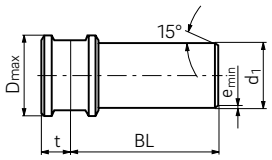
Mindest-Biegeradien für RAUGUARD HV Rohre
SN 10 mit Steckverbindung, Temperatur >10 °C: 100 x OD.
Für kleinere Biegeradien werden projektspezifische Bogenrohre eingesetzt (Seite 8).

Rohre mit Schweißverbindung:
20 °C 30 x OD
10 °C 50 x OD
0 °C 85 x OD

03 Lieferprogramm

RAUGUARD HV-R-GS SN10 Rohre für Steckverbindungen
Für die Verlegung im offenen Graben gemäß DIN EN 1610 bzw. mit Flüssigboden (thermisch optimiert). Für diesen Anwendungsfall empfehlen wir RAUGUARD HV-R-GS SN10 als 6 m bzw. 12 m Stange mit Doppelsteckmuffe:

RAUGUARD HV-R-GS SN10
Schutzrohr aus PP-HHM mit werkseitig aufgesteckter Doppelsteckmuffe inkl. fixiertem Sicherheitsdichtring aus EPDM, für Dauertemperaturbelastung 70 °C, Ringsteifigkeit 10 kN/m² (SN10) mit reibungsarmer Innenschicht für optimierten Kabeleinzug
- Werkstoff: PP-HHM
- Farbe: Feuerrot



Mat.-Nr.	OD mm	BL mm	d_1 mm	ID_{min} mm	e_{min} mm	t mm	Gewicht ohne Muffe kg/m	Stck./HRV
11086311001	160	6000	160	148,8	5,6	77	2,47	35
auf Anfrage	160	12000	160	148,8	5,6	77	2,47	35
11086431001	200	6000	200	185,8	7,1	90	3,91	20
auf Anfrage	200	12000	200	185,8	7,1	90	3,91	20
11086441001	250	6000	250	232,2	8,9	195[1)]	6,13	12
auf Anfrage	250	12000	250	232,2	8,9	195[1)]	6,13	12
auf Anfrage	315	6000	315	292,6	11,2	127	9,72	9

[1)] Langmuffe

RAUGUARD HV-R-GS Rohre für Schweißverbindungen
Für die grabenlose Verlegung, insbesondere das HDD Spülbohrverfahren ist die Wandstärke der Rohre projektspezifisch auszulegen. Hierbei ist auch die Beulsicherheit bei erhöhten Temperaturen zu beachten (z.B. Kabelaustausch). Die Verbindung der Rohre erfolgt durch Heizelementstumpfschweißen gem. DVS 2201-11. Für diesen Anwendungsfall empfehlen wir RAUGUARD HV-R-GS Rohre als 12 m Stange mit glatten Enden.

RAUGUARD HV-R-GS SN10
Schutzrohr aus PP-HM für Dauertemperaturbelastung 70 °C, SDR 26, Ringsteifigkeit 10 kN/m², mit reibungsarmer Innenschicht für optimierten Kabeleinzug
- Werkstoff: PP-HM
- Farbe: Feuerrot

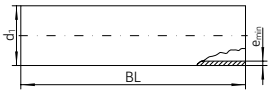
Mat.-Nr.	OD mm	BL mm	d_1 mm	ID mm	e_{min} mm	Gewicht kg/m	Stck./HRV
auf Anfrage	160	12000	160	147,6	6,2	2,92	35
auf Anfrage	200	12000	200	184,6	7,7	4,50	15
auf Anfrage	250	12000	250	230,8	9,6	7,00	12

Projektspezifische Längen auf Anfrage

RAUGUARD HV-R-GS SN35

Schutzrohr aus PP-HM für Dauertemperaturbelastung 70 °C, SDR 17, Ringsteifigkeit 35 kN/m², mit reibungsarmer Innenschicht für optimierten Kabeleinzug

- Werkstoff: PP-HM
- Farbe: Feuerrot



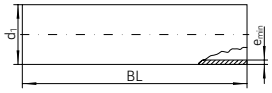
Mat.-Nr.	OD mm	BL mm	d_1 mm	ID mm	e_{min} mm	Gewicht kg/m	Stck./HRV
11083681001	225	12000	225	198,2	13,4	8,6	10
11083901001	250	12000	250	220,4	14,8	10,6	12
11083911001	280	12000	280	146,8	16,6	13,6	8
11084031001	315	12000	315	277,6	18,7	16,9	6

Projektspezifische Längen auf Anfrage

RAUGUARD HV-R-GS SN140

Schutzrohr aus PP-HM für Dauertemperaturbelastung 70°C, SDR 11, Ringsteifigkeit 140 kN/m², mit reibungsarmer Innenschicht für optimierten Kabeleinzug

- Werkstoff: PP-HM
- Farbe: Feuerrot



Mat.-Nr.	OD mm	BL mm	d_1 mm	ID mm	e_{min} mm	Gewicht kg/m	Stck./HRV
11084041001	225	12000	225	184	20,5	12,6	10
11084091001	250	12000	250	204,6	22,7	15,7	8
11084061001	280	12000	280	229,2	25,4	19,7	8
11084071001	315	12000	315	257,8	28,6	24,9	6

Projektspezifische Längen auf Anfrage

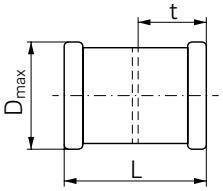
Zugfestigkeit der Rohre RAUGUARD HV

Zugfestigkeit RAUGUARD HV SDR 17 und SDR 11

SDR 17	Fs [kN]	SDR 11	Fs [kN]
225 x 13,4	95	225 x 20,5	142
250 x 14,8	117	250 x 22,7	175
280 x 16,6	147	280 x 25,4	220
315 x 18,7	186	315 x 28,6	280

RAUGUARD HV-R-GS Muffen für SN10

- Mit EPDM-Dichtringen
- Werkstoff: PP-HM

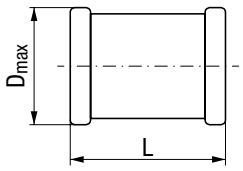


Mat.-Nr.	OD mm	L mm	D_{max} mm	t mm	Gewicht kg/Stück	VPE Stück
12179641001	160	180	193	87	0,82	96
12167891001	200	206	240	101	1,05	60
12167901001	250[1)]	400	296	195	2,41	20
12166871001	315	290	365	145	3,15	16

[1)] Spezielle Langmuffe

RAUGUARD HV-R-GS Überschieb-Muffen für SN10

- Mit EPDM-Dichtringen
- Werkstoff: PP-HM
- Farbe: Schwarz

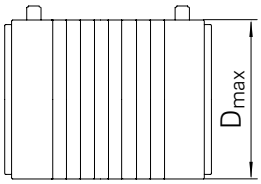


Mat.-Nr.	OD mm	L mm	D_{max} mm	Gewicht kg/Stück	VPE Stück
13149291001	160	180	193	0,78	lose
13149301001	200	206	240	1,00	lose
12192931001	250*	400	296	2,05	lose
13149311001	315	290	365	2,94	lose

[1] Spezielle Langmuffe

RAUGUARD HV Elektro-Schweißmuffen

- Werkstoff: PP-HM
- Farbe: Orange



Mat.-Nr.	OD mm	D_{max} mm	Gewicht kg/Stück	VPE Stück
12049111001	160	180	0,7	1
12049211001	200	225	0,8	1
12049311001	250	280	1,6	1
12049411001	315	350	2,5	1

Gleitmittel für Steckmuffenverbindungen

Mat.-Nr.	Inhalt ml	Stück
11729601003	500	24
11787501001	1000	1

RAUGUARD HV Abstandshalter

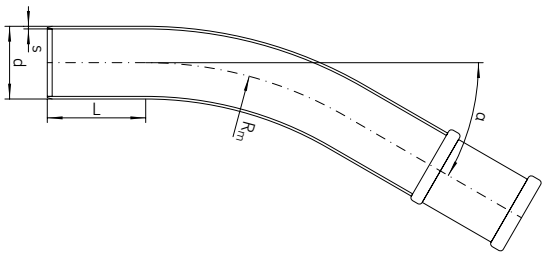
- Dreieck
- Werkstoff: PE-HD, Dicke: 8 mm

Mat.-Nr.	OD
11063571001	160 / 3
11063581001	200 / 3
auf Anfrage	250 / 3

andere Ausführungen auf Anfrage

RAUGUARD HV Bogenrohre

Für kleine Radien werden Bogenrohre angeboten. In der Regel haben diese einen Radius von 5 m und Winkel von 15° bzw. 30°.



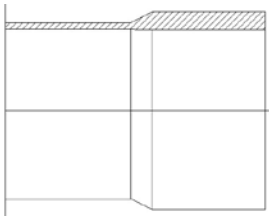
Mat.-Nr.	OD mm	d_1 mm	Radius R_m mm	Winkel α °
11081381001	160	5,6	5.000	30
11081391001	200	7,1	5.000	15
11081401001	200	7,1	5.000	30
11081411001	250	8,9	5.000	15
11081421001	250	8,9	5.000	30

andere Abmessungen auf Anfrage

RAUGUARD HV Übergangsstücke

Für den Übergang von RAUGUARD HV Rohren SDR 29 auf RAUGUARD HV Rohre SDR 11[1]. Die Verbindung der Rohre kann durch Doppelsteck- bzw. Elektroschweißmuffen erfolgen.

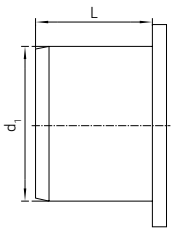
- Werkstoff: RAU-PP 2300



Mat.-Nr.	OD_1 mm	s_1 mm	OD_2 mm	s_1 mm
11075511001	160	5,6	180	16,4
11072731001	200	7,1	225	20,5
11075631001	250	8,9	280	25,4
11074601001	250	8,9	315	28,6

[1] Übergangsstücke für andere Rohrabmessungen auf Anfrage

RAUGUARD HV Muffenstopfen



Mat.-Nr.	OD mm	L mm	D_{max} mm	Gewicht kg/Stück	Werkstoff
11009181002	160	63	174	0,2	PP
11009191002	200	74	215	0,3	PP
11742601004	250	89	262	0,5	PUR

04 Transport und Lagerung auf der Baustelle

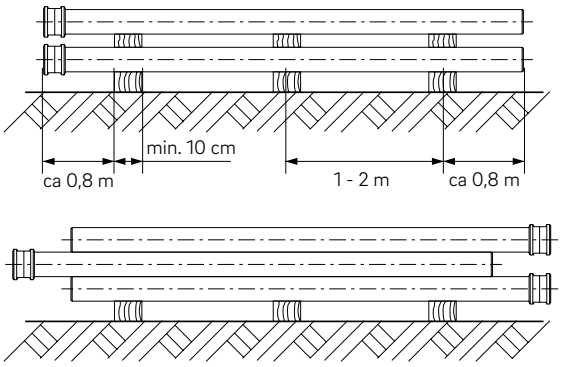
Transport
Um die Funktion der RAUGUARD HV Kabelschutzrohre, -Formstücke und -Dichtungen sicher zu stellen, ist auf eine richtige Lagerung und auf einen ordnungsgemäßen Transport zu achten. Lose Rohre sollen während des Transports auf ihrer gesamten Länge aufliegen und sind gegen Lageverschiebung zu sichern. Durchbiegungen und Schlagbeanspruchungen sind zu vermeiden.

Gebündelte RAUGUARD HV Kabelschutzrohre
Für das Be- und Entladen von gebündelten Höchstspannungskabelschutzrohren sind geeignete Transportgeräte (z.B. Gabelstapler mit breiten Gabelauflagen) zu verwenden. Beim Abladen und Transportieren dürfen die Gabeln nicht in die Rohre eingeführt werden.

Lose RAUGUARD HV Kabelschutzrohre und -Formstücke
Das Be- und Entladen von losen Kabelschutzrohren und Formstücken muss von Hand erfolgen. Abkippen vom Transportmittel oder werfen ist nicht zulässig. Das Schleifen der Rohre über den Boden ist zu vermeiden. Riefen und Kratzer können insbesondere Undichtheiten in der Steckverbindung verursachen. Rohre, Formstücke und sonstige Verbindungszubehörteile müssen bei der Lieferung überprüft werden, um sicherzustellen, dass sie ausreichend gekennzeichnet sind und mit den Planungsanforderungen übereinstimmen. Bauprodukte müssen sowohl bei der Lieferung als auch unmittelbar vor dem Einbau sorgfältig untersucht werden, um sicherzustellen, dass sie keine Schäden aufweisen.

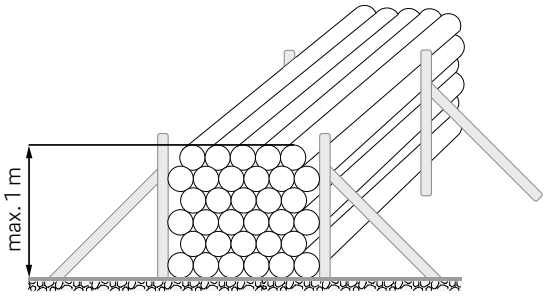
Lagerung
Alle Materialien sollen in geeigneter Weise gelagert werden, um Verunreinigungen oder Beschädigungen zu vermeiden. Dies betrifft insbesondere Dichtmittel aus Elastomeren, die gegen mechanischen und chemischen Angriff (z.B. Öl) zu schützen sind. Rohre sind zu sichern, um Schäden durch Abrollen zu vermeiden. Übermäßige Stapelhöhen sollen vermieden werden, um die Rohre im unteren Teil des Stapels nicht zu überlasten. Rohrstapel dürfen nicht in der Nähe offener Gräben abgelegt werden!
Bei kaltem Wetter sollen alle Rohre auf Unterlagen gelagert werden, um ein Festfrieren am Boden zu verhindern. Die Rohrlagerung muss auf ebener Unterlage erfolgen. Längsdurchbiegungen sind zu vermeiden. Sämtliche Rohrleitungsteile sind so zu lagern, dass eine Verschmutzung des Muffenbereichs vermieden wird. Einseitige Wärmeeinwirkung, z.B. Sonneneinstrahlung, kann aufgrund des thermoplastischen Verhaltens von Kunststoffrohren zu Verformungen führen, die eine fachgerechte Verlegung bei geringem Plangefälle erschweren können.
Aus diesem Grund sollen die Rohre gegen direkte Sonneneinstrahlung z.B. mit hellen Planen abgedeckt werden. Hitzestau ist zu vermeiden. Für gute Durchlüftung ist zu sorgen. Ein Ausbleichen oder ein Verfärben durch Lagerung unter Sonnenbestrahlung hat keine negative Auswirkung auf die Qualität der PP-Rohre.
Die Holzrahmenverschläge (Rohrverpackung) sind „Holz auf Holz" zu stapeln. Nach dem Abladen sind Einzellängen auf ebener Fläche zu lagern und gegen Verzug zu sichern. Dabei ist darauf zu achten, dass keine scharfen, spitzen Gegenstände die untere Rohrlage beschädigen.
Muffen müssen frei liegen. Durch wechselseitige Anordnung kann eine annähernd volle Auflage der einzelnen Rohrlagen erreicht werden. Bei Stapelung mit Zwischenhölzern müssen diese mindestens 80 mm breit sein. Die Anordnung der Zwischen- und Auflagehölzer ist gemäß Abbildung durchzuführen.

Sicherung des Rohrstapels



Lagerung mit Zwischenhölzern oder mit versetzten Muffen

Die lagenweise gestapelten, nicht palettierten Rohre sind gegen Auseinanderrollen zu sichern. Die Höhe eines solchen Rohrstapels darf bei allen DN nicht größer als 1 m sein!



Rohrstapel seitlich sichern, max. Höhe 1 m

Rohrstapel sichern

05 Hinweise zur Verlegung

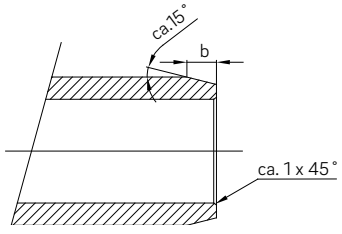
RAUGUARD HV Rohre werden entweder im Graben oder grabenlos durch Horizontalspülbohrverfahren verlegt. Für die Verlegung im Graben werden RAUGUARD HV SDR 29 Rohre empfohlen. Bei der grabenlosen Verlegung werden üblicherweise RAUGUARD HV SDR 17 bzw. SDR 11 Rohre verwendet. Eine projektspezifische Auslegung wird empfohlen.

Ablängen von Rohren
Zum Ablängen der Rohre wird eine feinzahnige Säge oder ein Rohrabschneider benutzt. Gut geeignet sind auch Geräte zur Holzbearbeitung (Handkreissäge etc.). Für das Trennen von RAUGUARD HV Rohren empfehlen wir den Einsatz der in unserem Lieferprogramm befindlichen speziellen Trennscheiben. Das gekürzte Rohrende muss mit einer Feile oder einem Anschräg-Werkzeug (z.B. Winkelschleifer mit Fächerschleifscheibe) entsprechend der Tabelle angeschrägt werden. Um Rohre in einem Arbeitsgang zu schneiden und anzufasen, finden Sie in unserem Lieferprogramm auch ein spezielles Trenn- und Anfasgerät auf Basis eines Trennschleifers.

⚠

Hinweis:
Die Schnittkanten von abgelängten Rohren sind zu entgraten, dabei sind insbesondere die Innenkanten unter 45° um min. 1 mm zu brechen, um scharfe Kanten beim Kabeleinzug zu vermeiden.

DN/OD	b ca. in mm
160	9
200	10
250	14
315	17



Formstücke dürfen nicht gekürzt werden.

Längenänderung der Rohre infolge von Temperaturschwankungen
Die durch die Temperaturschwankungen verursachte Längenänderung bei RAUGUARD HV Rohren ist definiert durch einen mittleren thermischen Ausdehnungskoeffizient von 0,14 mm/m K. Besonders bei Verlegung der Rohre während Zeiten großer Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht, sowie in südlichen Klimazonen ist dies zu berücksichtigen. Bei RAUGUARD HV Rohren ist durch die an den Rohr-Steckenden angeordnete Einstecktiefen-Markierung – werksseitig oder mit einem geeigneten Stift am Einsteckende angezeichnet – eine deutliche Kontrollmöglichkeit gegen eventuelles Auseinanderziehen der Verbindung gegeben. Vor der Verfüllung ist die Einstecktiefe zu kontrollieren und gegebenenfalls nachzubessern. Zur Vermeidung unkontrollierter Längenänderung ist es zweckmäßig, jeweils mit der Rohrverlegung schrittweise zu verfüllen. Außerhalb des Grabens der Sonne ausgesetzte Rohre verkürzen sich nach Auslegung im schattigen Graben bzw. durch die Grabenverfüllung.

Beispiel für die Längenverkürzung:
Offen verlegte, noch nicht verfüllte Rohrstrecke = 30 m
Temperaturdifferenz Rohrwand = 30 K
Längenänderung ΔI (ΔI = L x ΔT x 0,14 mm/mK)
errechnet sich daraus mit 126 mm. Die im Beispiel ermittelte Längenverkürzung von 126 mm kann sich u. U. auf eine einzige Muffe auswirken und ist damit grundsätzlich zu groß.

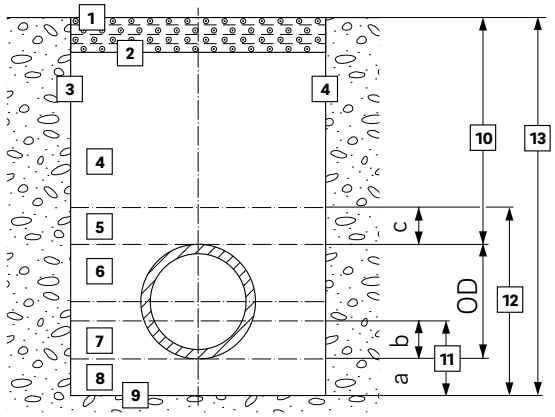
⚠

Ist ein schrittweises Verfüllen nicht realisierbar, so sind durch Berücksichtigung von Fixpunkten unkontrollierte Längenänderungen vermeidbar.

Oberirdische Rohrleitungen (Rohrbrücken) Bei Freiverlegung (z.B. Rohrbrücken) ist die Rohrleitung mit Rohrschellen mit einem Schellenabstand von 1,0 m zu befestigen. Die Rohrschellen sind so anzuordnen, dass jede Rohrverbindung unterstützt ist, um unzulässige Durchbiegungen, die durch den Spalt in der Rohrverbindung möglich sind, zu vermeiden. Es sollten Schellen mit weichen Einlagen, z.B. Gummi und Schellenbreite min. 60 mm verwendet werden. Aufgrund von Temperaturschwankungen, denen freiliegende Leitungen ausgesetzt sind, müssen jeweils hinter einer Muffe Festpunktschellen angebracht werden. Die restliche Rohrstange ist durch Losschellen zu befestigen. Die Schellen sind in möglichst gleichmäßigem Abstand anzubringen, wobei eine Losschelle möglichst nahe an der Muffe des nächsten Rohres angebracht werden sollte. Es sind Baulängen von max. 3 m zu verwenden. Bei der Installation ist das Spitzende des Rohres bis auf den Muffengrund zu schieben und um ca. 30 mm bzw. um die berechnete Ausdehnungslänge zurückzuziehen, um die Rohrausdehnung bei Erwärmung aufnehmen zu können. Richtungsänderungen (z.B. 30°, 60°, 90°) sind durch vorgebogene Rohrbögen herzustellen und ausreichend in der Lage zu sichern. Die freiliegenden Rohrleitungsteile sind vor UV-Einstrahlungdurch geeignete Maßnahmen (z.B. Verschattung) zu schützen.

05.01 Verlegung im Graben

Allgemeines, Begriffe



Darstellung der Begriffe

Diese Definitionen gelten, soweit zutreffend, auch für Gräben mit geböschten Wänden und bei Leitungen unter Dämmen.

1 Oberfläche
2 Unterkante der Straße- oder Gleiskonstruktion, soweit vorhanden
3 Grabenwände
4 Hauptverfüllung
5 Abdeckung
6 Seitenverfüllung
7 Obere Bettungsschicht
8 Untere Bettungsschicht
9 Grabensohle
10 Überdeckungshöhe
11 Dicke der Bettung
12 Dicke der Leitungszone
13 Grabentiefe
a Dicke der unteren Zwischenbettungsschicht
b Dicke der oberen Bettungsschicht
c Dicke der Abdeckung
OD Außendurchmesser des Rohres

Ablassen in den Rohrgraben

Aus Sicherheitsgründen und zur Vermeidung von Schäden sind geeignete Geräte und Verfahren für das Ablassen der Bauteile in den Rohrgraben zu verwenden.

⚠

Hinweis:
Rohre, Rohrleitungsteile und Dichtmittel sind vor dem Ablassen in den Rohrgraben auf Beschädigung zu überprüfen.

Das Ablassen der Rohre in den Rohrgraben erfolgt wegen des geringen Gewichtes kleinerer Durchmesser vor allem von Hand. Die Rohre dürfen nicht in den Rohrgraben geworfen werden. Bei Verwendung von Absenkvorrichtungen ist darauf zu achten, dass die Rohre nicht beschädigt werden. Die Rohrverlegung sollte am Tiefpunkt der Leitung beginnen, wobei die Rohre üblicherweise so verlegt werden, dass die Muffen zum oberen Ende weisen.
Wenn die Arbeiten länger unterbrochen werden, sollten die Rohrenden vorübergehend verschlossen werden. Schutzkappen sollten erst unmittelbar vor der Herstellung der Rohrverbindung entfernt werden.
Rohre sollten vor dem Eindringen jeglicher Baustoffe usw. geschützt werden. Alle Fremdkörper sind aus den Rohren zu entfernen.

Richtung und Höhenlage

Die Rohre sind genauestens nach Richtung und Höhenlage innerhalb der durch die Planung vorgegebenen Grenzwerte zu verlegen. Jede notwendige Nachbesserung der Höhenlage muss durch Auffüllen oder Abtragen der Bettung erfolgen, wobei sicherzustellen ist, dass die Rohre über ihre gesamte Länge aufgelagert sind. Bei sehr geringen Verlegegefällen ist es empfehlenswert mit Kurzbaulängen < 3 m zu arbeiten, da bei jedem Steckvorgang der Rohre Höhe und Lage einfacher ausgerichtet werden können.

Steckmuffenverbindung

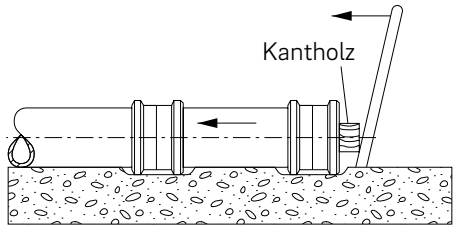
Allgemeines

Endverschlüsse mit Schutzfunktion dürfen erst unmittelbar vor der Verbindung entfernt werden. Die Teile der Rohroberfläche, die mit den Verbindungsmaterialien in Berührung kommen, müssen unbeschädigt und sauber sein.
Wenn Rohre nicht manuell verbunden werden können, sind geeignete Geräte zu verwenden. Falls notwendig, sind die Rohrenden zu schützen. Die Rohre sollten unter stetigem Aufbringen axialer Kräfte verbunden werden, ohne die Bauteile zu überlasten. Die Richtungsgenauigkeit sollte geprüft und, falls erforderlich, nach dem Verbinden korrigiert werden.
Bei erdverlegten Rohren ist das Spitzende komplett bis zum Muffengrund einzustecken.

Aussparungen im Verbindungsbereich

Beim Verlegen von Rohren sind Muffenaussparungen im Auflager vorzusehen, damit die Verbindung bestimmungsgemäß hergestellt werden kann und das Rohr vor dem Aufliegen auf der Verbindung geschützt wird. Die Aussparung sollte nicht größer sein, als dies für die fachgerechte Verbindung notwendig ist. Nach dem Herstellen der Muffenverbindung, sind die Muffen fachgerecht zu unterstopfen

Herstellung der Verbindung
Die Rohrverbindung ist sorgfältig herzustellen.

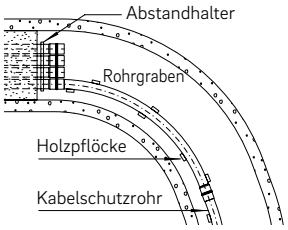


Für die Dichtung der Rohrverbindung sind nur die werkseitig eingelegten Dichtringe zu verwenden. Vor jedem Steckvorgang (Rohre und Formteile) ist das angeschrägte Steckende (Spitzende) mit einem Lappen o.ä. von Schmutz etc. zu reinigen. Zur Kontrolle, ob beim Steckvorgang die erforderliche maximale Einstecktiefe erreicht worden ist, ist die Muffentiefe (= Einstecktiefe) – falls nicht werksseitig vorhanden – mit einem geeigneten Stift am Einsteckende anzuzeichnen. Ein werkseitig lose eingelegter Dichtring ist grundsätzlich vor dem Steckvorgang herauszunehmen. Anschließend müssen Muffe, Sickenkammer und Dichtring von Schmutz und eventuellen Verunreinigungen gesäubert werden. Der gereinigte Dichtring muss in die gesäuberte Sickenkammer wieder korrekt eingelegt werden. Ein werkseitig in der Muffe fest eingelegter Dichtring kann in der Muffe verbleiben, muss jedoch ebenfalls von ggf. an den Dichtlippen anhaftenden Verunreinigungen gesäubert und auf korrekten Sitz geprüft werden.
Die Dichtringe sind auf eventuelle Beschädigungen zu überprüfen. Beschädigte Dichtringe dürfen nicht verwendet werden.
Das angeschrägte Spitzende ist mit REHAU Gleitmittel einzustreichen (Schräge und Spitzende), es dürfen keine organischen und petrochemischen oder umweltbelastende Stoffe verwendet werden. Das Spitzende ist anschließend bei erdverlegten Leitungen bis zum Muffengrund (= bis zum Anschlag) in die Steckmuffe einzuschieben. Das Erreichen der maximalen Einstecktiefe ist durch die zuvor angebrachte Einstecktiefenmarkierung zu kontrollieren. Das Zusammenschieben der Rohre in Richtung der Rohrachse muss zentrisch durchgeführt werden und kann von Hand oder ab DN 250 gem. Bild mit Hebeln erfolgen. Bei Verwendung von Hebeln ist quer vor das Rohr ein Kantholz zu legen, um eine bessere Kraftverteilung beim Zusammenschieben zu erhalten und Rohrbeschädigungen zu vermeiden.

Gleitmittelverbrauch
Ca. Werte in Gramm für 100 Steckverbindungen

DN/OD	ca. [g]
160	300
200	400
250	600
315	800

Mindest-Kaltbiege-Radien
Für das Kalt-Biegen im Rohrgraben empfehlen wir folgende Mindestradien:
Steckverbindung: > 100 x OD
Schweißverbindung (stumpf, E-Schweißmuffe): > 30 x OD



Noch kleinere Radien können nur über werksmäßig vorgebogene Rohrbögen hergestellt werden.
Im kalten Zustand verformte Rohre werden beim Biegevorgang deformiert, wobei sich der in der Biegeebene liegende Rohrinnendurchmesser geringfügig verringert. Um das Kaltbiegen zu erleichtern, sollten die Krümmungsbereiche der zu biegenden Rohrstränge stets aus 6 bzw. 12 m langen Rohren aufgebaut und die Verbindungsmuffe möglichst außerhalb des Biegebereiches angeordnet werden. Die Rohre dürfen keinesfalls um einen einzigen festen Punkt gebogen werden. Kalt zu biegende Rohre können bspw. durch in den Boden zu schlagende angespitzte Holzpflöcke stabilisiert werden. Die Dicke der Holzpflöcke ist entsprechend dem Abstandmaß der Abstandhalter zu bemessen. Der erste Pflock ist auf der Krümmungsinnenseite am Beginn des Bogens in den Boden zu schlagen. Rohrstrang biegen und den nächsten Pflock an der dem Bogen abgewandten Rohr-Außenseite in den Boden treiben. Biegevorgang und Stabilisierung des Rohrstranges durch Setzen weiterer Pflöcke fortführen, bis der Rohrstrang die vorgesehene Krümmung erreicht hat. Hinter jeder in einer Rohrkrümmung angeordneten Verbindungsmuffe ist an der Krümmungsaußenseite ein Pflock vorzusehen. Abwinkelung in der Muffe ist zu vermeiden.
Den zweiten, daneben liegenden Rohrstrang der gleichen Rohrlage ist jeweils an die gesetzten Pflöcke anzudrücken und an der Krümmungsaußenseite durch weitere Pflöcke zu stabilisieren. Weitere gekrümmte Rohrstränge sinngemäß biegen und anschließend mit Abstandhaltern verbinden. Jede verlegte Rohrlage ist vollständig bis zur äußeren Grabenwand durch verdichtetes Verfüllmaterial abzustützen. Holzpflöcke erst entfernen, wenn die Rohrlage über die gesamte Grabenbreite verfüllt und verdichtet ist. Rohrstränge der 2. Rohrlage in die gesetzten Abstandhalter eindrücken. Weitere Rohrlagen sinngemäß verlegen.

Hinweis:
Beim Herstellen gekrümmter Rohrzüge auf der Baustelle durch Kaltbiegen oder mit Hilfe vorgefertigter Rohrbögen ist zu beachten, dass die Rohrverbindungen bei gerade ausgerichtetem Rohrsteckende und Muffenende auszuführen sind.

Bauteile und Baustoffe

Baustoffe für die Leitungszone

Allgemeines

Baustoffe für die Leitungszone müssen den jeweiligen Unterabschnitten Bauteile und Baustoffe entsprechen, um dauerhafte Stabilität und die Lastaufnahme der Rohrleitung im Boden sicherzustellen. Diese Baustoffe dürfen das Rohr, den Rohrwerkstoff oder das Grundwasser nicht beeinträchtigen. Gefrorenes Material darf nicht verwendet werden. Baustoffe für die Leitungszone müssen mit den Planungsanforderungen übereinstimmen. Diese Materialien dürfen entweder anstehender Boden, dessen Brauchbarkeit geprüft wurde, oder angelieferte Baustoffe sein. Baustoffe für die Bettung sollten keine Bestandteile enthalten, die größer sind als:
22 mm bei DN/OD < 200
40 mm bei DN/OD > 200 bis DN/OD < 630

Zusätzliche Informationen können der Tabelle „Umhüllungsmaterialien" am Ende dieses Kapitels entnommen werden.

Anstehender Boden

Anforderungen an die Wiederverwendung anstehenden Bodens sind:
- Übereinstimmung mit den Planungsanforderungen
- Verdichtbar, falls gefordert
- Frei von allen rohrschädigenden Materialien (z.B. „Überkorn" – je nach Rohrwerkstoff, Wanddicke und Durchmesser, Baumwurzeln, Müll, organisches Material, Tonklumpen > 75 mm, Schnee und Eis)

Angelieferte Baustoffe

Die nachstehend aufgeführten Baustoffe sind geeignet. Dies können auch Recycling-Baustoffe sein.
Körnige, ungebundene Baustoffe sind u.a.:
- Ein-Korn-Kies
- Material mit abgestufter Körnung
- Sand
- Korngemische (All-In)
- Gebrochene Baustoffe
- Flüssigboden

Hydraulisch gebundene Baustoffe

Hydraulisch gebundene Baustoffe sind z.B.:
- Stabilisierter Boden
- Leichtbeton
- Magerbeton
- Unbewehrter Beton
- Bewehrter Beton
- Flüssigboden

Diese müssen mit den Planungsanforderungen übereinstimmen.

Sonstige Baustoffe

Andere als die in Kapitel Baustoffe für die Leitungszone genannten Baustoffe dürfen für die Leitungszone verwendet werden, wenn ihre Eignung entsprechend geprüft ist. Natürliche oder künstliche Stoffe, die Rohrleitung und Einbauten Schaden zufügen können, sind nicht geeignet.
Auswirkungen auf die Umwelt sollten geprüft werden.

Baustoffe für die Hauptverfüllung

Baustoffe für die Hauptverfüllung müssen mit den Planungsanforderungen übereinstimmen.
Alle Baustoffe, die in Kapitel Baustoffe für die Leitungszone angegeben sind, dürfen für die Hauptverfüllung verwendet werden.
Aushub mit darin enthaltenen Steinen bis maximal 300 mm Korngröße oder der Dicke der Abdeckung oder entsprechend der Hälfte der Dicke der zu verdichtenden Schicht – der jeweils geringere Wert ist maßgebend – kann für die Hauptverfüllung verwendet werden. Dieser Wert kann darüber hinaus in Abhängigkeit von den Bodenbedingungen, dem Grundwasser und dem Rohrmaterial noch weiter verringert werden. Spezielle Bedingungen können bei felsigem Gelände vorgegeben werden.

Herstellung des Leitungsgrabens

Gräben

Gräben sind so zu bemessen und auszuführen, dass ein fachgerechter und sicherer Einbau von Rohrleitungen gewährleistet wird.
Falls während der Bauarbeiten Zugang zur Außenwand von unterirdisch liegenden Bauwerken, z.B. Schächte, erforderlich ist, ist ein gesicherter Mindestarbeitsraum von 0,50 m Breite einzuhalten. Wenn zwei oder mehr Rohre in demselben Graben oder unter derselben Dammschüttung verlegt werden sollen muss der horizontale Mindestarbeitsraum für den Bereich zwischen den Rohren eingehalten werden. Falls nicht anders angegeben, sind dabei für Rohre bis einschließlich DN/OD 710 0,35 m einzuhalten. Falls erforderlich, sind zum Schutz vor Beeinträchtigungen anderer Versorgungsleitungen, Abwasserleitungen und -kanäle, von Bauwerken oder der Oberflächen geeignete Sicherungsmaßnahmen zu treffen.

Grabenbreite

Größte Grabenbreite

Die Grabenbreite darf die nach der statischen Bemessung größte Breite nicht überschreiten. Falls dies nicht möglich ist, ist der Sachverhalt dem Planer vorzulegen.

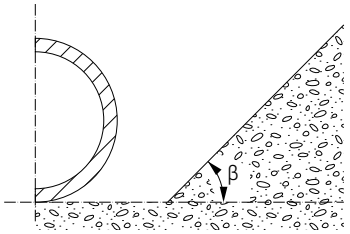
Mindestgrabenbreite

Die Mindestgrabenbreite ist nachfolgenden Tabellen in Abhängigkeit von der Grabentiefe bzw. DN/OD zu entnehmen. Der größere der beiden Werte ist maßgebend.

Mindestgrabenbreite gem. DIN 4124/EN 1610 in Abhängigkeit von der Nennweite DN/OD

DN/OD	Mindestgrabenbreite (OD + x) m verbauter Graben	unverbauter Graben β > 60°	unverbauter Graben β > 60°
≤ 200	OD + 0,40	OD + 0,40	
≥ 250 bis 315	OD + 0,50	OD + 0,50	OD + 0,40

Bei den Angaben OD + x entspricht x/2 dem Mindestarbeitsraum zwischen Rohr und Grabenwand bzw. Grabenverbau.
Dabei ist: OD der Außendurchmesser in m,
β der Böschungswinkel des unverbauten Grabens.



Mindestgrabenbreite in Abhängigkeit von der Grabentiefe

Grabentiefe m	Mindestgrabenbreite m
< 1,00	keine Mindestgrabenbreite vorgegeben
≥ 1,00 bis ≤ 1,75	0,80
> 1,75 bis ≤ 4,00	0,90
> 4,00	1,00

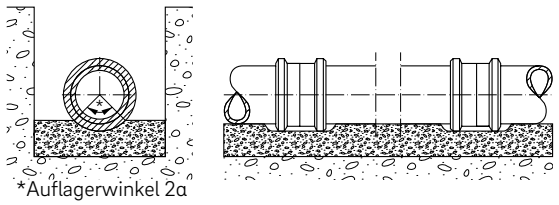
Ausnahmen von der Mindestgrabenbreite
Die Mindestgrabenbreite darf unter folgenden Bedingungen verändert werden:
- Wenn Personal den Graben niemals betritt, z.B. bei automatisierten Verlegetechniken
- Wenn Personal niemals den Raum zwischen Rohrleitung und Grabenwand betritt
- An Engstellen und bei unvermeidbaren Situationen

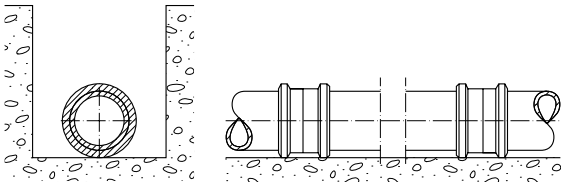
In jedem Einzelfall sind besondere Vorkehrungen in der Planung und für die Bauausführung erforderlich.

Standsicherheit des Grabens
Die Standsicherheit des Grabens muss entweder durch einen geeigneten Verbau oder durch Abböschung bzw. andere geeignete Maßnahmen erreicht werden. Der Grabenverbau ist in Übereinstimmung mit der statischen Berechnung so zu entfernen, dass die Rohrleitung weder beschädigt noch in ihrer Lage verändert wird.

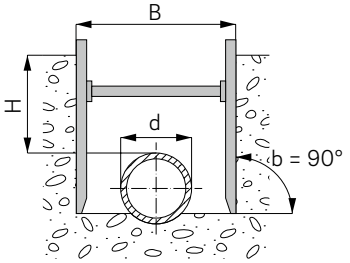
Grabensohle
Das Gefälle der Grabensohle und das Material der Grabensohle müssen den Festlegungen in den Planungsanforderungen entsprechen. Die Grabensohle sollte nicht gestört werden. Falls sie gestört wurde, muss die ursprüngliche Tragfähigkeit durch geeignete Maßnahmen wieder erreicht werden.

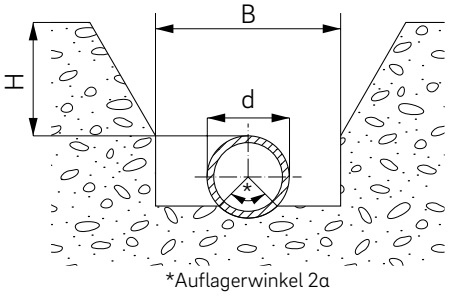
Wo Rohre auf der Grabensohle verlegt werden, muss diese gemäß dem erforderlichen Gefälle und der Form vorbereitet werden, um ein Aufliegen des Rohrschafts zu ermöglichen. Vertiefungen für Rohrmuffen müssen in der unteren Bettungsschicht oder in der Grabensohle in geeigneter Weise hergestellt und nach Herstellung der Rohrverbindung wieder fachgerecht unterstopft werden. Bei Frost kann es erforderlich sein, die Grabensohle zu schützen, damit gefrorene Schichten weder unterhalb noch um die Rohrleitung herum verbleiben.
Wo die Grabensohle instabil ist oder der Boden eine geringe Lastaufnahmekapazität aufweist, sind geeignete Vorkehrungen zu treffen (siehe Leitungszone und Verbau).





Berechnungsgrabenbreite
Die statisch wirksame Berechnungsgrabenbreite ist der Abstand der Baugrubenwände in Höhe des Rohrscheitels. Bei verkleideten Baugruben und -gräben ist die Berechnungsgrabenbreite somit gleich der lichten Grabenbreite zuzüglich der Dicke des Grabenverbaus. Die Mindestwerte der lichten Grabenbreite sind in den einschlägigen Normen (z.B. DIN 4124/DIN EN 1610) festgelegt.





Leitungszone und Verbau

Allgemeines

Baustoffe, Bettung, Verbau und Schichtdicken der Leitungszone müssen mit den Planungsanforderungen übereinstimmen. Baustoffe sollen entsprechend Abschnitt Bauteile und Baustoffe ausgewählt werden. Baustoffe für die Leitungszone sowie deren Korngröße und jeglicher Verbau sind unter Berücksichtigung:

- Des Rohrdurchmessers
- Des Rohrwerkstoffs und der Rohrwanddicke
- Und der Bodeneigenschaften zu wählen

Die Breite der Bettung muss mit der Grabenbreite übereinstimmen, soweit nichts anderes festgelegt ist. Bei Leitungen unter Dämmen muss die Breite der Bettung dem vierfachen Außendurchmesser entsprechen, falls nicht anders festgelegt. Mindestwerte für die Dicke der Abdeckung (c) sind 150 mm über dem Rohrschaft und 100 mm über der Muffenverbindung. Örtlich vorhandener weicher Untergrund unterhalb der Grabensohle ist zu entfernen und durch geeignetes Material für die Bettung zu ersetzen. Wenn größere Mengen angetroffen werden, kann eine erneute statische Berechnung erforderlich werden.

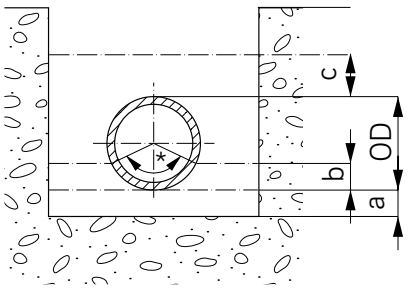
Ausführungen und Bettung

Bettung Typ 1 nach DIN EN 1610

Der Typ 1 darf für jede Leitungszone angewendet werden, die eine Unterstützung der Rohre über deren gesamte Länge zulässt und die unter Beachtung der geforderten Schichtdicken a und b hergestellt wird. Sofern nichts anderes vorgegeben ist, darf die Dicke der unteren Bettungsschicht a, gemessen unter dem Rohrschaft, folgende Werte nicht unterschreiten:

- 100 mm bei normalen Bodenverhältnissen
- 150 mm bei Fels oder festgelagerten Boden

Die Dicke b der oberen Bettungsschicht muss der statischen Berechnung entsprechen.



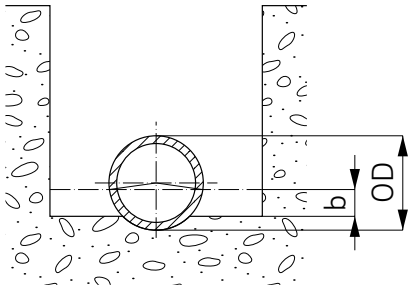
*Auflagerwinkel 2

Minimummaße b_{min} (mm)

DN/OD	Auflagerwinkel (2a) 60°	90°	120°
160	15	25	40
200	15	30	50
250	20	40	65
315	25	50	80

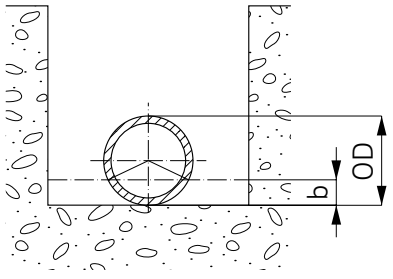
Bettung Typ 2 nach DIN EN 1610

Bettung Typ 2 darf in gleichmäßigem, relativ lockerem, feinkörnigem Boden verwendet werden, der eine Unterstützung der Rohre über deren gesamte Länge zulässt. Rohre dürfen direkt auf die vorgeformt und vorbereitete Grabensohle verlegt werden. Die Dicke b der oberen Bettungsschicht muss der statischen Berechnung entsprechen.



Bettung Typ 3 nach DIN EN 1610

Bettung Typ 3 darf in gleichmäßigem, relativ feinkörnigem aber tragfähigem Boden verwendet werden, der eine Unterstützung der Rohre über deren gesamte Länge zulässt. Rohre dürfen direkt auf die vorbereitete Grabensohle verlegt werden. Die Dicke b der oberen Bettungsschicht muss der statischen Berechnung entsprechen.



Besondere Ausführungen von Bettung oder Tragkonstruktionen

Falls die Grabensohle nur eine geringe Tragfähigkeit für die Rohrbettung aufweist, oder mit größeren Setzungen bzw. Setzungsunterschieden zu rechnen ist, sind besondere Maßnahmen zu treffen. Dies ist z.B. bei nichtstandfesten Böden, wie Torf oder Fließsanden der Fall.
Besondere Maßnahmen können Bodenaustausch, Bodenstabilisierung oder die Unterstützung der Rohrleitung mit Pfählen und tragenden Längsriegeln sein. In jedem Fall ist eine seitliche Stützung der Rohre sicher zu stellen. Bei der Lagerung auf starren Längsriegeln ist eine Bettungsschicht zwischen starrem Stahlbetonbalken und Rohr als „Dämpfungsschicht" einzubauen bzw. ist das Rohr komplett mit Beton oder Dämmer zu umhüllen. Für detaillierte Informationen wenden Sie sich bitte an unsere Anwendungstechnische Abteilung.

Verfüllung

Der Einbau von Seitenverfüllung und Hauptverfüllung darf erst vorgenommen werden, wenn die Rohrverbindungen und die Bettung zur Aufnahme von Lasten bereit sind. Die Herstellung der Leitungszone und der Hauptverfüllung sowie die Entfernung des Verbaus sollten so ausgeführt werden, dass die Tragfähigkeit der Rohrleitung den Planungsanforderungen entspricht.

Verdichtung

Der Grad der Verdichtung muss mit den Angaben in der statischen Berechnung für die Rohrleitung übereinstimmen. Der erforderliche Verdichtungsgrad kann durch Messung (z.B. mittels Lastplattenversuch) nachgewiesen werden. Die Verdichtung der Abdeckung direkt über dem Rohr sollte von Hand oder mit leichten Verdichtungsgeräten erfolgen. Die mechanische Verdichtung der Hauptverfüllung mit mittelschweren bis schweren Verdichtungsgeräten direkt über dem Rohr sollte erst erfolgen, wenn eine Schicht mit einer Mindestdicke von 300 mm über dem Rohrscheitel eingebracht worden ist. Die Wahl des Verdichtungsgerätes, die Zahl der Verdichtungsdurchgänge und die zu verdichtende Schichtdicke sind auf das zu verdichtende Material und die einzubauende Rohrleitung abzustimmen. Verdichten der Hauptverfüllung oder Seitenverfüllung durch Einschlämmen ist nur in Ausnahmefallen zulässig, und dann nur bei geeigneten, nichtbindigen Böden.

Bodenverdichtung, Schütthöhen und Zahl der Übergänge

			Verdichtbarkeitsklasse								
			V1			**V2**			**V3**		
Geräteart		**Dienstgewicht** kg	**Eignung**	**Schütthöhe** cm	**Zahl Überg.**	**Eignung**	**Schütthöhe** cm	**Zahl Überg.**	**Eignung**	**Schütthöhe** cm	**Zahl Überg.**
1. Leichte Verdichtungsgeräte (vorwiegend für Leitungszone)											
Vibrationsstampfer	leicht	< 25	+	–15	2 - 4	+	–15	2 - 4	+	–10	2 - 4
	mittel	25 - 60	+	20 - 40	2 - 4	+	15 - 30	3 - 4	+	10 - 30	2 - 4
Explosionsstampfer	leicht	< 100	○	20 - 30	3 - 4	+	15 - 25	3 - 5	+	20 - 30	3 - 5
Rüttelplatten	leicht	< 100	+	–20	3 - 5	○	–15	4 - 6	-	-	-
	mittel	100 - 300	+	20 - 30	3 - 5	○	15 - 25	4 - 6	-	-	-
Vibrationswalzen	leicht	< 600	+	20 - 30	4 - 6	○	15 - 25	5 - 6	-	-	-
2. Mittlere und schwere Verdichtungsgeräte (oberhalb der Leitungszone)											
Vibrationsstampfer	mittel	25 - 60	+	20 - 40	2 - 4	+	15 - 20	2 - 4	+	10 - 30	2 - 4
	schwer	> 60 - 200	+	40 - 50	2 - 4	+	20 - 40	2 - 4	+	20 - 30	2 - 4
Explosionsstampfer	mittel	100 - 500	○	20 - 30	3 - 4	+	25 - 35	3 - 4	+	20 - 30	3 - 5
	schwer	> 500	○	30 - 50	3 - 4	+	30 - 50	3 - 4	+	30 - 40	3 - 5
Rüttelplatten	mittel	300 - 750	+	30 - 50	3 - 5	○	20 - 40	4 - 5	-	-	-
	schwer	> 750	+	40 - 70	3 - 5	○	30 - 50	4 - 5	-	-	-
Vibrationswalzen	schwer	600 - 8000	+	20 - 50	4 - 6	+	20 - 40	5 - 6	-	-	-

\+ empfohlen
○ meist ungeeignet
\- ungeeignet

V1 = Nichtbindige oder schwachbindige Böden (z.B. Sand und Kies)
V2 = Bindige, gemischtkörnige Böden (Kies und Sand mit größerem Ton- oder Schuttanteil)
V3 = Bindige, feinkörnige Böden (Tone und Schluffe)
V3-Böden oberhalb der Leitungszone können z.B. mit sogenannten Stollenbandagenwalzen verdichtet werden. Die zulässigen Schütthöhen entnehmen Sie bitte den Herstellangaben des Verdichtungsgerätes.

Ausführung der Leitungszone
Die Leitungszone sollte so ausgeführt werden, dass das Eindringen anstehenden Bodens oder die Verlagerung von Material der Leitungszone in den anstehenden Boden hinein verhindert wird. Unter Umständen kann die Verwendung von Geotextilien oder Filterkies zur Sicherung der Leitungszone, insbesondere im Grundwasserbereich, erforderlich sein.
Falls fließendes Grundwasser feine Bodenbestandteile transportieren kann oder der Grundwasserspiegel sich senkt, sind geeignete Maßnahmen zu treffen.
Bettung, Seitenverfüllung und Abdeckung sind entsprechend den Planungsanforderungen auszuführen.
Die Leitungszone sollte gegen jede vorhersehbare schädliche Veränderung ihrer Tragfähigkeit, Standsicherheit oder Lage geschützt werden, die ausgelöst werden könnte durch:
- Grundwassereinwirkungen
- Andere angrenzende Erdarbeiten
- Entfernung des Verbaus

Falls Teile einer Rohrleitung verankert oder verstärkt werden müssen, ist dies vor dem Einbau der Leitungszone auszuführen.

Während des Einbaus der Leitungszone sollte besonders beachtet werden:
- Die Richtung und Höhenlage der Rohrleitung dürfen nicht verändert werden
- Die obere Bettungsschicht ist sorgfältig einzubauen, um sicherzustellen, dass alle Zwickel unter dem Rohr mit verdichtetem Material verfüllt sind.

Ausführung der Hauptverfüllung
Die Hauptverfüllung ist entsprechend den Planungsanforderungen auszuführen, um Oberflächensetzungen zu vermeiden. Besondere Beachtung sollte der Entfernung des Verbaus geschenkt werden.

Entfernen des Verbaus
Die Entfernung des Verbaus sollte während der Herstellung der Leitungszone schrittweise erfolgen.

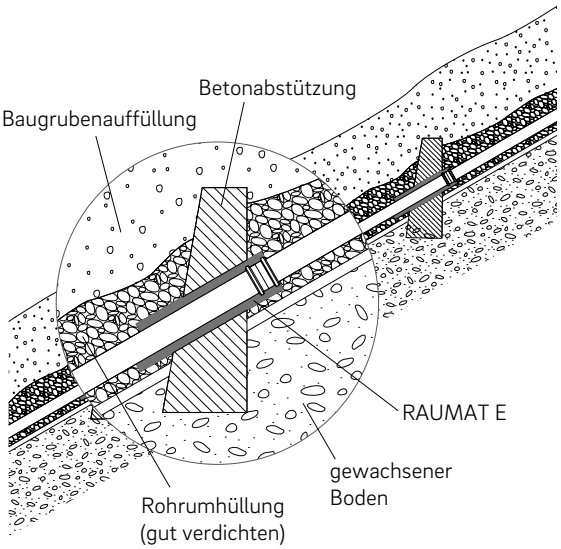
⚠

Das Entfernen des Verbaus aus der Leitungszone oder darunterliegenden Bereichen, nachdem die Hauptverfüllung eingebaut wurde, kann durch die entstehenden Hohlräume und Auflockerungen zu ernsthaften Folgen für die Tragfähigkeit, Richtung und Höhenlage führen.

Wo das Entfernen des Verbaus vor Fertigstellung der Verfüllung nicht möglich ist, z.B. Spundwände, Verbausysteme, sind besondere Maßnahmen erforderlich, z.B.:
- Besondere statische Berechnung; Verbleiben von Teilen des Verbaus im Boden
- Besondere Wahl des Baustoffes für die Leitungszone

Wiederherstellung der Oberfläche
Nach Abschluss der Verfüllung sind die Oberflächen wie gefordert wiederherzustellen.

Zusätzliche Verlegeanleitungen Gefällestrecken
Bei Gefahr eines Hangschubes kann es erforderlich werden, in Abhängigkeit von Geologie, Gefälle, Verdichtung etc. die Rohrleitung abzusichern. Als Schubsicherung haben sich Betonriegel bewährt. Die Anzahl der Betonriegel und die Ausführung hängt vom Gefälle der Rohrleitung und der Beschaffenheit des Bodens ab. Die Betonriegel verhindern beim Einbau auf gesamter Baugrubenbreite eine Grundwasserströmung entlang des verfüllten Grabens und somit weitgehend ein Ausschwemmen von Feinmaterial aus der Rohrumhüllung.



Um Scherkräfte auf das Rohr zu vermeiden und das Eindringen von Beton in die Steckmuffenverbindung zu verhindern, sind entsprechende Maßnahmen erforderlich, wie z.B. das Umwickeln der Rohrleitung mit einem 5 – 6 mm dicken Vliesstoff, z.B. RAUMAT E oder ähnlich.

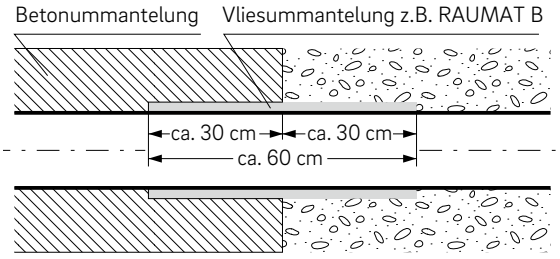
Grabenentwässerung
Für eine einwandfreie Rohrverlegung und sachgemäße Verdichtung in der Rohrleitungszone muss das Rohrauflager wasserfrei sein. Dies ist durch Einbau von Sickerpackungen und Sickerleitungen oder durch Wasserhaltung zu erreichen. Wenn keine Dauerdränage notwendig oder vorgesehen ist, ist die Dränleitung dem Baufortschritt abschnittsweise entsprechend zu verschließen.
Eine Dauerdränwirkung der Sickerpackung kann durch Dichtriegel aus bindigem Material im Leitungsgraben unterbunden werden.

Verlegung im Grundwasser
Im Grundwasser verlegte Rohrleitungen sind bei nicht ausreichender Auflast gegen Auftrieb durch Verankerung oder Zusatzbelastung (z.B. Beton) zu sichern. Wegen Auftretens eines erhöhten Beuldruckes bei Grundwasser empfehlen wir für diesen Fall eine statische Berechnung (REHAU Service) durchführen zu lassen.

Wasserhaltung
Während der Verlegearbeiten sind Gräben frei von Wasser zu halten, z.B. Regenwasser, Sickerwasser, Quellwasser oder Leckwasser aus Rohrleitungen. Die Art und Weise der Wasserhaltung dürfen die Leitungszone und die Rohrleitung nicht beeinflussen. Vorkehrungen sind zu treffen, damit die Ausspülung von Feinmaterial während und nach der Wasserhaltung verhindert wird. Ummantelungen der Rohrumhüllungen mit Vliesstoffen verhindern effizient das Ausspülen von Feinteilen.
Der Einfluss von Entwässerungsmaßnahmen auf die Grundwasserbewegung und die Standsicherheit der Umgebung ist zu berücksichtigen. Nach Abschluss der Wasserhaltungsmaßnahmen Baudränagen ausreichend verschließen.

Betonummantelung aus statischen Gründen
Die Tragfähigkeit der Rohrleitung kann durch eine Betonummantelung erhöht werden. Bei ihrer Bemessung ist von Bedeutung, ob gegen den gewachsenen Boden oder z.B. gegen Spundwände betoniert wird. Durch ziehen der Spundwände wird die entlastende Wirkung des waagerechten Erddruckes beeinträchtigt. Bei Betonummantelungen ist zu beachten, dass die Ummantelung ohne Mitwirkung des Rohres allein tragend ausgebildet werden muss und deshalb nur eine Vollummantelung in Frage kommt. Die Mindestwanddicke der Betonummantelung ist nach statischen Erfordernissen festzulegen.

Vor dem Betonieren ist der Muffenspalt mit einem PVC/PP-verträglichen Klebeband abzudichten, um das Eindringen von Zementmörtel zu verhindern. Um Scherkräfte an den Ein- und Austrittsstellen der Rohrleitung in bzw. aus dem Beton zu vermeiden, sind entsprechende Maßnahmen erforderlich, wie z.B. das Umwickeln der Rohrleitung mit einem 5 – 6 mm dicken Vliesstoff in diesem Bereich (siehe Skizze). Als Ummantelungsbeton ist mindestens ein Beton C 8/10 einzubringen.
Die Leitung ist erforderlichenfalls gegen Aufschwimmen im Frischbeton zu sichern. Um die Abbindetemperatur des Betons besser aufnehmen zu können und die Auftriebskraft zu minimieren, sollte die Rohrleitung mit Wasser gefüllt werden. Arbeitsfugen können durch kurze Bewehrungsstäbe gesichert werden.
Es kann zweckmäßig sein, die Betonummantelung in geeigneten Abständen an Rohrverbindungen durch Querfugen zu unterteilen. Gegebenenfalls kann eine Bewehrung vorgesehen werden. Dann ist jedoch mindestens ein Beton C12/15 bzw. C16/20 zu verwenden. Sollten Rohre komplett einbetoniert werden, sind diese ebenfalls gegen Auftrieb zu sichern. Der erhöhte hydrostatische Druck beim Betonieren ist zu berücksichtigen.
Vor dem Betonieren ist eine Dichtheitsprüfung nach DIN EN 1610 durchzuführen!



Umhüllungsmaterialien

Zugelassene Umhüllungsmaterialien für RAUGUARD HV Kabelschutzrohre (SN10, DIN EN 1610)

Projektspezifische statische Berechnungen werden empfohlen.

Umhüllungsmaterial[1)]	**Korngröße** (gleichmäßige Verteilung)	**RAUGUARD HV** Kabelschutzrohr OD 160 - 200	**RAUGUARD HV** Kabelschutzrohr OD 250 - 315
Rohrumhüllungssand	0 - 4	-	✓
Rundsand	0 - 4	✓	✓
	0 - 8	✓	✓
Splitt (gebrochenes Material)	2 - 4	✓	✓
	4 - 8	✓	✓
	8 - 11	✓	✓
	11 - 16	✓	✓
	16 - 32	-	✓
Rundkies/Rundkiesgemisch	4 - 8	✓	✓
	4 - 16	✓	✓
	8 - 16	✓	✓
	16 - 32	-	✓
	0 - 16	✓	✓
	0 - 32	-	✓
	0 - 40	-	✓
Kiesgemisch (gebrochenes Material)	4 - 8	✓	✓
	4 - 16	✓	✓
	8 - 16	✓	✓
	16 - 32	-	✓
	0 - 16	✓	✓
	0 - 32	-	✓
	0 - 40	-	✓
Planiekies (gebrochenes Material)	0 - 16	✓	✓
	0 - 32	-	✓
	0 - 40	-	✓
Recyclingkies (gebrochenes Material), z.B. Beton – und Ziegelrecycling	0 - 16	✓	✓
	0 - 32	-	✓
	0 - 40	-	✓
Glassand, Glassandsplitt und Glassplitt aus Recycling-Glas	0 - 8	✓	✓
Glassandsplitt aus Recycling-Glas	0 - 8	✓	✓
	4 - 8	✓	✓

[1)] Andere von der Norm abweichende Umhüllungsmaterialien können nur nach Freigabe durch REHAU eingesetzt werden.
✓ geeignet

05.02 Verlegung in Flüssigboden

Verlegung in temporär flüssigen Böden Flüssigboden ist ein Gemisch aus einem Grundmaterial, Wasser und einer speziellen Rezeptur aus Zuschlagsstoffen. Als Grundmaterial können nahezu alle Böden oder auch Recyclingbaustoffe eingesetzt werden. In den speziell auf den Boden und das Anforderungsprofil abgestimmten Rezepturen sind als Zuschlagsstoffe z.B. Zement, Bentonit oder Kalk enthalten. Der Flüssigboden kann sowohl auf der Baustelle als auch im Werk hergestellt werden. Flüssigboden ist temporär flüssig bis breiig und lässt sich dadurch ohne Verdichtungsmaßnahmen hohlraumfrei einbauen. Die Schwindung des Flüssigbodens ist äußerst gering. Flüssigboden wird eingesetzt, wenn z.B.:

- Enge Spartenlagen eine ausreichende Verdichtung der Baugrube nicht zulassen
- Eine übliche Verdichtung z.B. wegen schwingungsempfindlicher Gebäude in Baustellennähe verboten ist
- Das ausgehobene Bodenmaterial nur durch eine Aufbereitung zum Wiedereinbau geeignet ist
- In Bezug auf Höchstspannungskabeltrassen die Rezeptur der Flüssigböden auch speziell für eine optimierte Wärmeableitung und minimierten Schrumpf angepasst wird, um einen guten Kontakt zum RAUGUARD HV Schutzrohr zu gewährleisten.

Die Durchlässigkeit, die Konsistenz, die Abbindegeschwindigkeit, die Wärmeleitfähigkeit, der Schrumpf und sogar das Dämpfungsverhalten lassen sich durch die Anpassung der Rezeptur einstellen.
RAUGUARD HV Kabelschutzrohre eignen sich besonders durch ihre hohe Steifigkeit und Robustheit für die Verlegung in temporär flüssigen Böden. Die Rohre erfahren durch das Einbringen des Flüssigbodens starken Auftrieb, gegen den diese zu sichern sind. Durch das Füllen der Rohre mit Wasser wird die Auftriebskraft deutlich reduziert.

⚠

Wichtig bei der Verlegung sind die auf den Durchmesser, das Gefälle und die Wichte des Flüssigbodens abgestimmten Auflager und Auftriebssicherungen.

Diese können z.B. mit Sandsäcken, plastischem Flüssigboden oder mit speziellen Haltevorrichtungen hergestellt werden. Für weitere Informationen, z.B. zum Auflagerabstand, wenden sie sich bitte an die Anwendungstechnische Abteilung.

Der Einbau von RAUGUARD HV in Flüssigboden kann bspw. folgendermaßen erfolgen:
Nach dem Grabenaushub erfolgt der Einbau und das Verbinden der RAUGUARD HV Rohre.
Die Auftriebssicherung ist so zu wählen, dass die Höhenlage der Rohre nach dem Einbau eingehalten wird und dass das Rohr komplett mit Flüssigboden umhüllt ist. Hierfür sind unter anderem folgende Möglichkeiten denkbar.

- Betonfertigteil
- Stahlkonstruktion
- Verankerung im Boden

Objektspezifisch ist dabei eine geeignete Variante auszuwählen.

Auftriebssicherung über Betonfertigteile (Amprion Erdkabel-Pilotbaustelle Raesfeld)

Um sicherzustellen, dass der Flüssigboden auch unter das Kabelschutzrohr gelangt und so eine komplette Umhüllung gewährleistet wird, können die Aussparungen der Betonfertigteile so dimensioniert werden, dass das Rohr leicht aufschwimmen kann und der Hohlraum unter dem Rohr mit Flüssigboden ausgefüllt wird. Die Betonfertigteile sind dabei in Abständen von maximal 3 m anzuordnen.
Hat der Flüssigboden die Festigkeit erreicht, dass ein Aufschwimmen von Rohren ausgeschlossen werden kann, so können die Betonfertigteile herausgezogen und an anderer Stelle erneut als Auftriebssicherung eingesetzt werden. Der so entstandene Hohlraum ist mit Flüssigboden zu füllen.

Auftriebssicherung mittels Stahlkonstruktion (Amprion Erdkabel-Pilotbaustelle Raesfeld)

Eine weitere Möglichkeit der Auftriebssicherung stellen Stahlkonstruktionen dar. Diese können an Boden oder den Grabenwänden verspannt oder verankert bzw. über Auflast gegen Aufschwimmen gesichert werden. Auch hier kann die Konstruktion nach entsprechendem Aushärten des Flüssigbodens, wenn ein Aufschwimmen der Rohre ausgeschlossen werden kann, wieder entfernt und an anderer Stelle erneut als Auftriebssicherung eingesetzt werden.

Da Flüssigboden nur abschnittsweise eingebracht wird, erfolgt ein Aufschwimmen der Rohre auch nur in diesen Abschnitten. Im Abschnitt nebenan ohne Flüssigboden liegen die Rohre noch auf der Grabensohle auf. Um eventuelle Undichtigkeiten zu vermeiden, ist darauf zu achten, dass durch diesen Höhenunterschied die zulässigen maximalen Biegewinkel in der Muffe eingehalten und die Rohre nicht aus den Muffen gezogen werden.

Auftriebssicherung mittels Verankerung im Boden (TenneT Umspannwerk Schacht Audorf)

Auftriebssicherung mittels Verankerung im Boden (TenneT Umspannwerk Schacht Audorf)

Auch eine Verankerung der Rohre im Boden bspw. über beidseitig neben den Rohren in den Boden eingebrachte Zuganker, an welchen über Spanngurte die Rohre befestigt werden, ist denkbar.

Beim Setzen der jeweiligen Auftriebssicherung ist darauf zu achten, dass Rohre und/oder Muffe nicht beschädigt werden.
Der Abstand der Sicherungen sollte bei maximal 3 m liegen. Um die Auftriebskräfte zu minimieren, können die Rohre mit Wasser gefüllt werden.

Anschließend kann der Flüssigboden ein oder mehrschichtig eingebracht werden. Dabei ist der Flüssigboden während des Prozesses der Rückverfestigung üblicherweise nach etwa einem Tag begehbar und nach spätestens einer Woche belastbar.

Weitere Informationen zu Flüssigboden können unter anderem der RAL GZ-507 Leitfaden für Planer und Ausführende der DIN EN 1610 und der ZTVA-StB 97 entnommen werden.

Grabenlose Verlegung

Allgemeines, Begriffe

Die grabenlose Verlegung erfolgt üblicherweise im Horizontalspülbohrverfahren (HDD-Verfahren). Hierbei werden durch eine Horizontalspülbohranlage ein unterirdischer Hohlraum gebohrt, aufgeweitet und im Rückzug ein oder mehrere Rohre eingezogen.

Schweißverbindungen

Um eine längskraftschlüssige, nicht lösbare Verbindung von RAUGUARD HV Kabelschutzrohren die im Horizontalspülbohrverfahren (Horizontal Directional Drilling; „HDD“) eingebracht werden zu erzeugen, sind RAUGUARD HV Rohre üblicherweiße durch Stumpfschweißen miteinander zu verbinden.
Schweißverbindungen sind grundsätzlich nur durch hierfür qualifiziertes Personal durchzuführen. Die einschlägigen Richtlinien, z.B. DVS 2207-11, sowie die den Schweißformteilen und den Schweißgeräten beigelegten Montageanleitungen bzw. Bedienungsan leitungen sind zu beachten.
Die zum Schweißen verwendeten Maschinen und Vorrichtungen müssen den Anforderungen der DVS 2208-1 entsprechen.

Voraussetzungen zum Schweißen

Der Schweißbereich ist vor ungünstigen Witterungseinflüssen z.B. durch ein beheizbares Schweißzelt zu schützen. Es wird empfohlen, Probenähte unter den vor Ort angetroffenen Bedingungen zu erstellen und zu prüfen.
Falls die zu verschweißenden Teile infolge Sonneneinstrahlung ungleichmäßig erwärmt werden, ist durch rechtzeitiges Abdecken im Bereich der Schweißstellen ein Temperaturausgleich zu schaffen. Eine Abkühlung während des Schweißvorganges durch Zugluft ist zu vermeiden.
Die Verbindungsflächen der zu schweißenden Teile dürfen nicht beschädigt werden und müssen frei von Verunreinigungen (z.B. Fett, Schmutz, Späne) sein.

Heizelementstumpfschweißen

Allgemeines

Beim Heizelementstumpfschweißen werden die Verbindungsflächen der zu schweißenden Teile an einem Heizelement erhitzt und durch Zusammendrücken stumpf verschweißt.
Bei diesem Verfahren entsteht eine Schweißwulst, die sich auf beiden Seiten (Rohrinnen- und Rohraußenseite) ausbildet. Zur Vermeidung einer negativen Beeinflussung beim Einziehen der Kabel ist der Schweißwulst im Rohrinneren mit geeigneten Vorrichtungen zu entfernen. Je nach Anforderungen ist auch der äußere Schweißwulst mit geeigneten Vorrichtungen zu entfernen.

Das Kunststoff-Zentrum SKZ

Projekt Nr.:	**R1619**
Kunde:	REHAU AG + Co Herr Ralf Winterling Ytterbium 4 91058 Erlangen
Titel:	Herstellung und Prüfung von Schweißverbindungen an RAUGUARD HV SDR11 Rohren

→ Die Mindestanforderungen wurden übertroffen.

Kurzfassung der Verarbeitungsanleitung nach DVS 2207-11 für das Heizelementstumpfschweißen

Hinweis: Für eine fachgerechte Verschweißung ist die vollständige DVS Richtlinie 2207-11 zu beachten.

- Zulässige Arbeitsbedingungen schaffen, z.B. Schweißzelt
- Schweißgerät an das Netz oder den Wechselstromgenerator anschließen und auf Funktion kontrollieren
- Zu schweißende Teile z.B. auf Rollenböcken ausrichten und einspannen
- Rohrenden zur Vermeidung von Zugluft verschließen
- Fügeflächen über den Schweißbereich hinaus mit einem Reinigungsmittel gemäß Abschnitt 3.2.1 und 3.2.3 DVS 2207-11 mit unbenutztem, saugfähigem, nicht faserndem und nicht eingefärbtem Papier reinigen
- Verbindungsflächen bearbeiten, bei Rohren z.B. mittels Planhobel
- Planhobel aus Rohrschweißmaschine herausnehmen
- Späne im Schweißbereich ohne Berührung der Fügeflächen entfernen
- Planparallelität durch Zusammenfahren der Fügeflächen überprüfen
- Versatz prüfen (max. 0,1 x Wanddicke)
- Heizelement mit einem Reinigungsmittel gemäß Abschnitt 3.2.1 und 3.2.2 DVS 2207-11 mit unbenutztem, saugfähigem, nicht faserndem und nicht eingefärbtem Papier reinigen und ablüften lassen-Heizelementtemperatur (210 ±10 °C) prüfen
- Bewegungsdruck bzw. Bewegungskraft vor jeder Schweißung ermitteln und im Schweißprotokoll vermerken
- Einstellwert für den Angleich-, Anwärm- und Fügedruck ermitteln
- Richtwerte gemäß Tabelle 2 (DVS 2207-11) festlegen
- Heizelement in Schweißposition bringen
- Angleichen der Flächen an das Heizelement bis ein Wulst (entsprechend Tabelle 2, Spalte 2, DVS 2207-11) entsteht
- Anwärmen unter reduziertem Druck ≤ 0,01 N/mm², Anwärmzeit gemäß Tabelle 2, Spalte 3 (DVS 2207-11)
- Nach dem Anwärmen der zu schweißenden Verbindungsflächen diese vom Heizelement lösen und in Schweißposition bringen
- Die zu schweißenden Flächen innerhalb der Umstellzeit (Tabelle 2, Spalte 4, DVS 2207-11) zügig bis unmittelbar vor der Berührung zusammenfahren. Das eigentliche Fügen muss dann sehr langsam erfolgen. Sofort danach den Fügedruck in Aufbauzeit (Tabelle 2, Spalte 5, DVS 2207-11) linear ansteigend aufbauen
- Nach dem Fügen mit Druck 0,10 N/mm2 muss ein Wulst vorhanden sein. Gemäß Bild 3 (DVS 2207-11) muss die Schweißwulsthöhe K an jeder Stelle > 0 sein
- Abkühlen unter Fügedruck entsprechend Tabelle 2, Spalte 5 (DVS 2207-11)
- Ausspannen der geschweißten Teile nach Ablauf der Abkühlzeit
- Schweißprotokoll vervollständigen

Schweißparameter gem. DVS 2207-11

Nachfolgend finden Sie die Richtwerte für Heizelementstumpfschweißungen von RAUGUARD HV Rohren SDR 17 und SDR 11 bei einer Außentemperatur von etwa 20 °C und mäßiger Luftbewegung (die Vorgaben der DVS 2207-11 sind einzuhalten).

DN/OD	**s**	**Angleichen[1)]**	**Anwärmen[2)]**	**Umstellen**	**Fügen**	
Außendurchmesser	**Nenn-Wanddicke**	**Mindest-Wulsthöhe**	**Anwärmzeit**	**Umstellzeit maximal**	**Fügedruckaufbauzeit**	**Mindest-Abkühlzeit**
mm	mm	mm	s	s	s	min
SDR 26						
160	6,2	0,5	72	6	7	6:42
200	7,7	1,0	89	6	8	8:08
250	9,6	1,0	109	7	9	9:50
315	12,1	1,0	136	7	11	12:05
SDR 17						
160	9,5	1,0	108	6	9	9:45
180	10,7	1,0	121	7	10	10:50
200	11,9	1,0	134	7	11	11:55
225	13,4	1,0	149	7	12	13:12
250	14,8	1,0	163	8	13	14:24
280	16,6	1,0	182	8	15	15:57
315	18,7	1,0	203	9	17	17:45
SDR 11						
160	14,6	1,0	161	8	13	14:14
180	16,4	1,0	180	8	15	15:46
200	18,2	1,0	198	9	16	17:19
225	20,5	1,5	220	9	18	19:17
250	22,7	1,5	240	10	20	21:10
280	25,4	1,5	265	11	22	23:29
315	28,6	2,0	293	12	24	26:22

[1)] Mindest-Wulsthöhe am Heizelement am Ende der Angleichzeit T = 210 ±10 °C; p = 0,10 N/mm²

[2)] Anwärmzeit T = 210 ±10 °C; p ≤ 0,01 N/mm²

[3)] Mindest Abkühlzeit unter Fügedruck p = 0,10 N/mm²

06 Prüfungen

Nach Abschluss der Verlegung sind geeignete Untersuchungen und/oder Prüfungen durchzuführen.

Sichtprüfung
Die Sichtprüfung umfasst:
- Richtung und Höhenlage
- Verbindungen
- Beschädigung oder ungleichmäßige Deformation
- Anschlüsse

Dichtheit
Eine Überprüfung sollte unbedingt nach Herstellung der Rohrleitungszone – noch vor der Baugrubenverfüllung – erfolgen, um mögliche Mängel frühzeitig zu erkennen.

Leitungszone und Hauptverfüllung
Die geforderte Ausführung der Leitungszone kann durch Prüfung der Verdichtung und/oder der Rohrverformung nachgewiesen werden; die der Hauptverfüllung durch Prüfung der Verdichtung.

Verdichtung
Wenn gefordert, ist der Grad der Verdichtung der Bettung, der Seitenverfüllung, der Abdeckung Hauptverfüllung zu prüfen.

Rohrverformung
Wenn gefordert, ist die vertikale Veränderung im Durchmesser auf Übereinstimmung mit der statischen Berechnung zu prüfen.

Verfahren und Anforderungen für die Dichtheitsprüfung

Allgemeines
Die Prüfung auf Dichtheit von Rohrleitungen, Schächten und Inspektionsöffnungen ist entweder mit Luft (Verfahren „L“) oder mit Wasser (Verfahren „W“) durchzuführen. Die getrennte Prüfung von Rohren und Formstücken, Schächten und Inspektionsöffnungen, z.B. Rohre mit Luft und Schächte mit Wasser, darf erfolgen. Im Falle von Verfahren L ist die Anzahl der Korrekturmaßnahmen und Wiederholungsprüfungen bei Versagen unbegrenzt. Im Falle einmaligen oder wiederholten Nichtbestehens der Prüfung mit Luft, ist der Übergang zur Prüfung mit Wasser zulässig, und das Ergebnis der Prüfung mit Wasser ist dann allein entscheidend. Steht während der Prüfung der Grundwasserspiegel oberhalb des Rohrscheitels an, darf eine Infiltrationsprüfung mit fallbezogenen Vorgaben durchgeführt werden. Eine Vorprüfung kann vor Einbringen der Seitenverfüllung durchgeführt werden. Für die Abnahmeprüfung ist die Rohrleitung nach Verfüllen und Entfernen des Verbaus zu prüfen; die Wahl der Prüfung mit Luft oder Wasser darf durch den Auftraggeber bestimmt werden.

Prüfung mit Luft (Verfahren „L“)
Die Prüfzeiten für Rohrleitungen ohne Schächte und Inspektionsöffnungen sind unter Berücksichtigung von Rohrdurchmessern und Prüfverfahren (LA; LB; LC; LD) folgender Tabelle zu entnehmen. Das Prüfverfahren sollte durch den Auftraggeber bestimmt werden. Geeignete luftdichte Verschlüsse sind zu verwenden, um Messfehler infolge der Prüfapparatur auszuschliessen.

⚠

Besondere Vorsicht bei der Prüfung mit Luft ist aus Sicherheitsgründen während der Prüfung an großen DN erforderlich, da beim Versagen der Absperrorgane diese explosionsartig weggeschleudert werden können.

Ein Anfangsdruck, der den erforderlichen Prüfdruck P0 um etwa 10 % überschreitet, ist zuerst für etwa 5 min aufrecht zu erhalten. Der Druck für P0 ist dann nach dem in nachfolgender Tabelle für die Verfahren LA, LB, LC oder LD enthaltenen Prüfdruck einzustellen.
Falls der nach der Prüfzeit gemessene Druckabfall Δp geringer ist als der in nachfolgender Tabelle angegebene Wert, entspricht die Rohrleitung den Anforderungen.

Prüfdruck, Druckabfall und Prüfzeiten für die Prüfung mit Luft

Prüfverfahren	P_0[1]		Zulässig Δp[2]		Prüfzeit	
					DN/OD 160-200	DN/OD 250-315
	mbar	kPa	mbar	kPa	min	min
LA	10	1	2,5	0,25	5	7
LB	50	5	10	1	4	6
LC	100	10	15	1,5	3	4
LD	200	20	15	1,5	1,5	2

[1] Druck über Atmosphärendruck
[2] Druckabfall

Prüfung mit Wasser (Verfahren „W")

Prüfdruck
Der Prüfdruck ist der sich aus der Füllung des Prüfabschnittes bis zum Geländeniveau des, je nach Vorgabe, stromaufwärts oder stromabwärts gelegenen Schachts ergebende Druck von höchstens 50 kPa und mindestens 10 kPa, gemessen am Rohrscheitel. Höhere Prüfdrücke können für Rohrleitungen, die ausgelegt sind, um unter ständigem oder vorübergehendem Überdruck betrieben zu werden, vorgegeben werden.

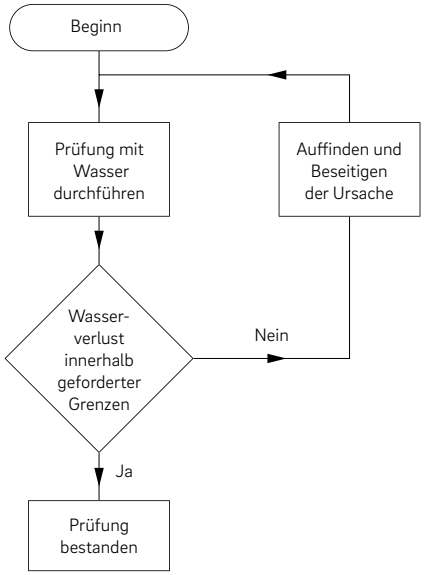
Vorbereitungszeit
Nach Füllung von Rohrleitungen und/oder Schacht und Erreichen des erforderlichen Prüfdrucks kann eine Vorbereitungszeit erforderlich sein. Üblicherweise ist 1h ausreichend.

Prüfdauer
Die Prüfdauer muss 30 ±1 min. betragen.

Prüfungsanforderungen
Der Druck ist innerhalb 1 kPa des festgelegten Prüfdrucks durch Auffüllen mit Wasser aufrecht zu erhalten.

Das gesamte Wasservolumen, das zum Erreichen dieser Anforderung während der Prüfung zugefügt wurde, sowie die jeweilige Druckhöhe am erforderlichen Prüfdruck sind zu messen und aufzuzeichnen. Die Prüfungsanforderung ist erfüllt, wenn das Volumen des zugefügten Wassers nicht größer ist als nachfolgend angegebene Werte, wobei m^2 die benetzte innere Oberfläche beschreibt:

- 0,15 l/m^2 in 30 min für Rohrleitungen
- 0,20 l/m^2 in 30 min für Rohrleitungen + Schächte
- 0,40 l/m^2 in 30 min für Schächte + Inspektionsöffnung



Kalibrierung
Eine Kalibrierung der Kabelschutzrohre nach Fertigstellung der Rohrtrasse ist die beste Gewähr für einen erfolgreiches Kabeleinzug.
Der Durchmesser des Kalibrierdorns sollte 80 – 95 % des Rohr-Innendurchmessres betragen. Ein verbindlicher Durchmesser muss mit dem Auftraggeber verinbart werden.

Qualifikationen
Die folgenden Faktoren zu Qualifikationen sind zu berücksichtigen:

- Entsprechend ausgebildetes und erfahrenes Personal wird zur Überwachung und Ausführung des Bauvorhabens eingesetzt
- Durch den Auftraggeber eingesetzte Auftragnehmer haben die erforderlichen Qualifikationen, die zur Ausführung der Arbeit notwendig sind
- Auftraggeber versichern sich, dass die Auftragnehmer die erforderlichen Qualifikationen besitzen

07 Normen, Vorschriften und Richtlinien

Unter anderem:

DIN 1054
Baugrund: Zulässige Belastung des Baugrundes.

DIN 1055,Teil 2
Lastannahmen für Bauten.

DIN 1072
Straßen und Wegebrücken, Lastenannahmen.

DIN EN 1610
Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen

DIN 4022
Baugrund und Grundwasser.

DIN 4033
Entwässerungskanäle und -leitungen aus vorgefertigten Rohren sowie geltende Normen für diese DIN.

DIN 4124
Baugruben und Gräben.

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

DIN 18300
VOB-Verdingungsordnung für Bauleistungen. Teil C: Allgemeine technische Vorschriften, Erdarbeiten.

DIN 18305
VOB-Verdingungsordnung für Bauleistungen: Allgemeine technische Vorschriften, Wasserhaltungsarbeiten.

DIN 18306
Verdingungsordnung für Bauleistungen. Allgemeine technische Vorschriften, Entwässerungskanalarbeiten.

Merkblatt für die Hinterfüllung von Bauwerken, herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für Straßenwesen e.V.

Merkblatt für die Bodenverdichtung im Straßenbau, herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für Straßenwesen e.V.

Merkblatt für das Verfüllen von Leitungsgräben, herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für Straßenwesen e.V. ZTVE-StB 76
Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, herausgegeben vom Bundesministerium für Verkehr, dazu Beilage zur ZTVE-StB 76.

TW 74
Technische Vorschriften und Richtlinien für die Ausführung von Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen im Straßenbau, herausgegeben vom Bundesministerium für Verkehr.

GW 321
Technische Regel, Arbeitsblatt GW 321 Steuerbare horizontale Spülbohrverfahren für Gas- und Wasserrohrleitungen – Anforderungen, Gütesicherung und Prüfung

DVGW W 400-2 (Technische Regel)
Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV) - Teil 2: Bau und Prüfung; Arbeitsblatt

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

DVS 2203-1
Prüfen von Schweißverbindungen an Tafeln und Rohren aus thermoplastischen Kunststoffen - Anforderungen im Zugversuch Kurzzeitzug-Schweißfaktor fz

DVS 2203-2
Prüfen von Schweißverbindungen an Tafeln und Rohren aus thermoplastischen Kunststoffen – Zugversuch

DVS 2203-5
Prüfen von Schweißverbindungen an Tafeln und Rohren aus thermoplastischen Kunststoffen – Technologischer Biegeversuch

DVS 2206
Prüfen von Bauteilen und Konstruktionen aus thermoplastischen Kunststoffen

DVS 2207
Schweißen von thermoplastischen Kunststoffen

RAL GZ 507
RAL Gütezeichen Flüssigboden

ZTV A-StB 97
Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen

Notizen

Die Unterlage ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendungen, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben vorbehalten.

Unsere anwendungsbezogene Beratung in Wort und Schrift beruht auf langjährigen Erfahrungen sowie standardisierten Annahmen und erfolgt nach bestem Wissen. Der Einsatzzweck der REHAU Produkte ist abschließend in den technischen Produktinformationen beschrieben. Die jeweils gültige Fassung ist online unter www.rehau.com/TI einsehbar. Anwendung, Verwendung und Verarbeitung der Produkte erfolgen außerhalb unserer Kontrollmöglichkeiten und liegen daher ausschließlich im Verantwortungsbereich des jeweiligen Anwenders/Verwenders/Verarbeiters. Sollte dennoch eine Haftung in Frage kommen, richtet sich diese ausschließlich nach unseren Lieferungs- und Zahlungsbedingungen, einsehbar unter www.rehau.com/conditions, soweit nicht mit REHAU schriftlich etwas anderes vereinbart wurde. Dies gilt auch für etwaige Gewährleistungsansprüche, wobei sich die Gewährleistung auf die gleichbleibende Qualität unserer Produkte entsprechend unserer Spezifikation bezieht. Technische Änderungen vorbehalten.

www.rehau.de/verkaufsbueros

© REHAU AG + Co
Rheniumhaus
95111 Rehau

380600 DE 03.2021