

MAROWA® Hochleistungsbetonrohr

Baustellenhandbuch der CREABETON BAUSTOFF AG



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Qualifikationen	4
3	Vorbereitende Arbeiten	5
4	Sicherstellung der Lastannahmen	6
5	Bestellung, Kontrolle, Ablad und Lagerung	7
5.1	Bestellung	7
5.2	MAROWA® Hochleistungsbetonrohre mit Fuss	7
5.2.1	MAROWA® Hochleistungsbetonrohre FLM/SP	8
5.2.2	MAROWA® Hochleistungsbetonrohre – Passrohre SP/SP	9
5.2.3	MAROWA® Hochleistungsbetonrohre – Passrohre FLM/SP	9
5.2.4	MAROWA® Hochleistungsbetonrohre – Gelenkrohre SP/SP	10
5.2.5	MAROWA® Hochleistungsbetonrohre – Gelenkrohre FLM/SP	10
5.2.6	MAROWA® Hochleistungsbetonrohre – Anschlussrohre SP	11
5.2.7	MAROWA® Hochleistungsbetonrohre – Anschlussrohre FLM	11
5.3	Materialeingangskontrolle	122
5.4	Ablad	12
5.5	Transport auf der Baustelle	13
5.6	Lagerung	14
6	Herstellung des Leitungsgrabens	15
6.1	Allgemeines	15
6.2	Sicherung des Rohrgrabens	15
6.2.1	Grabensicherung durch Böschungen	16
6.2.2	Grabensicherung durch Verbau	18
6.2.3	Grabensicherung mit eingebundenen Spundwänden	21
6.2.4	Ergänzende Sicherheitsmassnahmen	22
6.3	Grabenbreiten	23
6.3.1	Regelmasse	23
6.4	Grabensohle	25
6.5	Gründungsschichten	26
7	Wasserhaltung während der Bauzeit	27
8	Leitungszone	28
8.1	Allgemeines	28
8.2	Baustoffe für die Leitungszone	29
8.2.1	Ungebundene Baustoffe	29
8.2.2	Gebundene Baustoffe	30

8.3	Ausführung der Bettung	30
8.3.1	Allgemeines	30
8.3.2	Bettung Typ 1	31
8.3.3	Bettung Typ 3	32
8.3.4	Betonbettung	33
8.3.5	Sonderausführungen der Bettung	33
8.4	Einbau der MAROWA- Hochleistungsbetonrohre mit Fuss und Herstellung der Verbindungen	34
8.4.1	Allgemeines	34
8.4.2	Herstellung der Rohrverbindung	36
8.5	Überprüfung der Lage	41
8.6	Anschlüsse an Ortsbetonbauwerke	42
8.7	Anschlüsse an vorgefertigte CENTUB- Schachtunterteile	43
8.8	Herstellung von seitlichen Anschlüssen	45
8.9	Verfüllung der Leitungszone	46
8.10	Prüfungen während des Rohreinbaus	51
8.10.1	Allgemeines	51
8.10.2	Sichtprüfungen	51
8.10.3	Prüfung der Dichtheit	51
8.10.4	Prüfung der Erdarbeiten	51
9	Ausführung der Hauptverfüllung	52
10	Rückbau des Verbaus	53
11	Prüfen der Rohrleitungen nach dem Verfüllen	54
11.1	Sichtprüfung	54
11.2	Prüfung der Verdichtung der Leitungszone und Hauptverfüllung	54
11.3	Prüfung der Dichtheit der Rohrleitung	55
11.3.1	Haltungsprüfungen mit Luft	55
11.3.2	Muffenprüfung mit Luft	56
11.3.3	Haltungsprüfungen mit Wasser	57

1 Einleitung

Voraussetzung für langfristige funktionsfähige und wasserdichte Abwasserleitungen und -kanäle ist neben der Verwendung von MAROWA® Hochleistungsbetonrohren vor allem die fachgerechte Bauausführung.

Grundlage für den Einbau von MAROWA® Hochleistungsbetonrohren im offenen Graben ist die Europäische Norm SN EN 1610 (SIA 190.203) und die Nationale Norm SIA 190. Die Herstellung der MAROWA® Hochleistungsbetonrohre entspricht den gültigen Normen SN EN 476 (SIA 190.201) und SN EN 1916 (SIA 190.170).

Nach Norm SIA 190 und SN EN 1610 (SIA 190.203) sind Rohrleitungen technische Konstruktionen, bei denen das Zusammenwirken von Rohren, Rohrverbindungen, Bettung und Verfüllung die Grundlagen für die Stand- und Betriebssicherheit sowie Nutzungsdauer sind.

2 Qualifikationen

Voraussetzung für ein langfristig funktionsfähiges und dichtes Kanalnetz ist neben sorgfältiger Planung und der Verwendung genormter, qualitativ hochwertiger Werkstoffe vor allem die fachgerechte Bauausführung und Prüfung der Abwasserleitungen und -kanäle.

Nach Norm SN EN 1610 (SIA 190.203) muss sich der Auftraggeber vor der Vergabe von der erforderlichen Fachkunde, Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit des Auftragnehmers überzeugen.



Bild 1: MAROWA® Hochleistungsbetonrohr werden statistisch nach Norm SN EN 1917 (SIA 190.171) überwacht und überprüft

3 Vorbereitende Arbeiten

Vor der Umsetzung der Bauarbeiten müssen folgende Punkte geklärt sein:

- Liegen die Bau- und Aufgrabungsbewilligungen vor?
- Ist die vorgesehene Verkehrssicherung genehmigt und können sämtliche Anordnungen während der Dauer der Bauarbeiten und der Überprüfung des Bauwerkes umgesetzt werden?
- Liegen sämtliche Werkleitungspläne vor und sind besondere Schutzmassnahmen zu berücksichtigen?
- Falls ein Sicherheits- und Gesundheitsplan für eine Umsetzung der Baumassnahmen vorhanden ist, muss geprüft werden, dass dieser Plan allen Beteiligten bekannt ist. Die Vorgaben müssen jederzeit zugänglich und einsichtbar sein.
- Sind die Ausschreibungsunterlagen, Baupläne und die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen auf der Baustelle verfügbar?
- Sind die Verlegetechniken und die Vorgaben der Überprüfung während und nach den Bauarbeiten bekannt?
- Können die vorgegebenen Grabenbreiten, Aushubtiefen eingehalten werden und steht genügend Arbeitsraum innerhalb und ausserhalb des Grabens zur Verfügung, dass ein fachgerechter Einbau möglich ist?
- Liegt die statische Bemessung für die Rohre und den dazugehörenden Bauwerken wie Schächte vor?
- Sind die Gestaltung der Grabensicherung und deren Bemessungen auf der Baustelle vorhanden?
- Sind die Grundwasserverhältnisse bzw. die notwendigen Wasserhaltungen bekannt?
- Sind die wichtigsten Vermessungsfixpunkte gesichert?
- Sind Arbeitsbereiche für Bagger, Transportmittel und Materiallagerung vorhanden?
- Ist die Arbeitsvorbereitung in Absprache mit der Bauleitung durchgeführt worden?



Bild 2: Werkleitungen müssen sondiert und während den Bauarbeiten entsprechend geschützt werden

4 Sicherstellung der Lastannahmen

Entscheidend für die Qualität der Bauleistungen ist die genaue Umsetzung der Planungsvorgaben. Vor Beginn der Bauausführung ist das Tragwerksystem Rohr-Boden vom Auftraggeber bzw. Planer vorzugeben. Die statischen Nachweise nach Norm SIA 190 müssen vorliegen und auf der Baustelle bekannt sein. Die von der CREABETON BAUSTOFF AG erstellte statische Bemessungsmethode entspricht der Bemessung nach Norm SIA 190. Die Belastungs- und Einbaubedingungen sind auf Übereinstimmung mit den Planungsvorgaben und der statischen Berechnung zu kontrollieren oder anzupassen.

Auf folgende Punkte ist dabei besonders zu achten:

- Höhe der Erdüberdeckung
- Art und Grösse der Verkehrslast
- Bodenart
- Baugrundstabilisierung
- Wasserhaltung
- Grabenausbildung (z.B. Stufengraben)
- Grabenbreite
- Ausführung der Leitungszone
- Art und Rückbau der Graben-Sicherung (z.B. Spundwand mit einer entsprechenden Einbindetiefe)

Weicht die vorgesehene von der effektiven Bauausführung ab, so muss der statische Nachweis mit geänderten Lastannahmen oder Bodenarten angepasst werden.



Bild 3: Nicht nur die Verkehrslasten sind massgebend für die Annahmen der Traglasten

5 Bestellung, Kontrolle, Ablad und Lagerung

5.1 Bestellung

Die MAROWA® Hochleistungsbetonrohre und Formstücke sind rechtzeitig zu bestellen. Rohre mit Normlängen wie Standard-, Gelenk- oder Anschlussrohre sind in der Regel in genügender Menge am Lager. Passrohre oder Rohre mit einem werkseitig hergestellten seitlichen Anschluss werden auf Bestellung hergestellt. Folgende minimale Lieferzeiten müssen berücksichtigt werden:

• MAROWA® Hochleistungsbetonrohr	Lager	1-2 Arbeitstage
• MAROWA® Hochleistungsbetonrohre – Passrohre	Herstellung objektspezifisch	3-4 Arbeitstage
• MAROWA® Hochleistungsbetonrohre – Gelenkrohre	Lager	1-2 Arbeitstage
• MAROWA® Hochleistungsbetonrohre – Anschlussrohre	Lager	1-2 Arbeitstage
• MAROWA® Hochleistungsbetonrohre – Seitliche Anschlüsse	Herstellung objektspezifisch	3-4 Arbeitstage

Für die Bestellung von Passrohren oder werkseitig herzustellenden seitlichen Anschlüssen stehen den Kunden verschiedene Bestellformulare zur Verfügung. Diese sind unter www.creabeton-baustoff.ch jederzeit verfügbar und können entweder direkt im Herstellwerk oder über das Kundenservicecenter der CRAEBETON BAUSTOFF AG bestellt werden.

5.2 MAROWA® Hochleistungsbetonrohre mit Fuss

Wandverstärkte Hochleistungsbetonrohre mit Fuss sind standardmässig unbewehrt und gelten als biegesteif. Die Bauteile sind statisch so aufgebaut, dass sie bei normalen Baugrundverhältnissen und Lasteinwirkungen aus Erdüberdeckung, Strassen- oder Bahnverkehr bei Überdeckungshöhen von 0.50 bis 7.00 m, ohne hydraulisch abbindenden Baustoffen, eingebaut werden können.

Die Rohr- und Formstücke weisen folgende allgemeine technische Werte auf:

• Festigkeitsklasse		C60/75
• Raumgewicht Beton	γ_B	24.5 kN/m ³
• Elastizitätsmodul	E_R	39'000 N/mm ²
• Zugfestigkeit	f_{ctm}	4.4 N/mm ²
• Ringbiegezugfestigkeit vorhanden	σ_{rbz}	9.0 N/mm ²
• Ringbiegezugfestigkeit zulässig	$\sigma_{rbz,adm}$	6.0 N/mm ²
• Expositionsklasse		XA2

Je nach örtlichen Gegebenheiten können die Rohre mit einer Bewehrung verstärkt werden. Es besteht auch die Möglichkeit mit der Verwendung von anderen Zuschlag- und Zusatzstoffen die chemische Widerstandsfähigkeit anzupassen.



Bild 4: Die Bauteile sind rechtzeitig zu bestellen

5.2.1 MAROWA® Hochleistungsbetonrohre FLM/SP

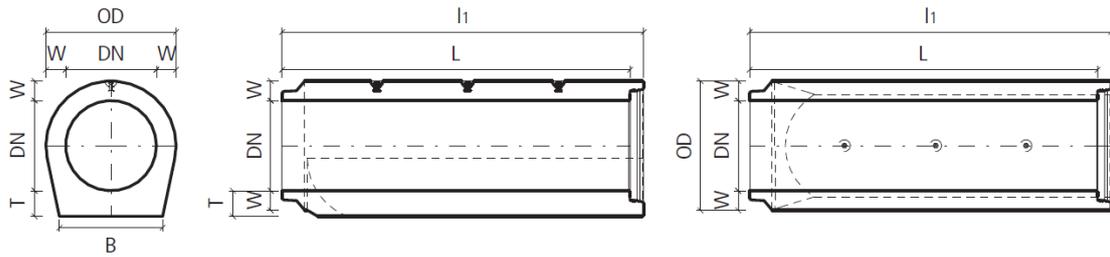


Bild 5: MAROWA® Hochleistungsbetonrohr FLM/SP

Art.-Nr.	Nennweite DN	Baulänge L [mm]	Länge l ₁ [mm]	Aussendurchmesser OD [mm]	Wandstärke W [mm]	Sohlenstärke T [mm]	Fussbreite B [mm]	Festigkeitsklasse FK	Ringbiegezugfestigkeit σ_{Rbz} [N/mm ²]	Gewicht pro Stück G [kg/Stk.]	Gewicht pro m G [kg/m]
133817	250	2300	2380	470	110	130	373	1200	9.0	811	353
125487	300	2300	2380	530	115	135	422	950	9.0	979	426
110286	400	2300	2390	640	120	140	511	630	9.0	1287	560
126069	500	2300	2390	750	125	155	596	435	9.0	1657	720
110678	600	2300	2390	860	130	170	682	360	9.0	2063	897
104017	700	2300	2400	1020	160	200	812	360	9.0	2955	1284
114652	800	2300	2400	1160	180	220	925	360	9.0	3753	1632

Tabelle 1: MAROWA® Hochleistungsbetonrohre, technische Werte



Bild 6: MAROWA® Hochleistungsbetonrohr

5.2.2 MAROWA® Hochleistungsbetonrohre – Passrohre SP/SP

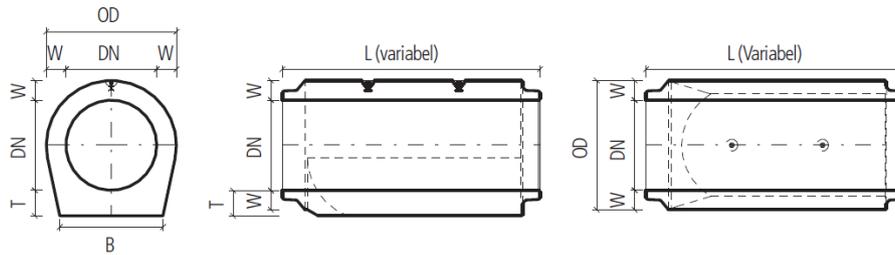


Bild 7: MAROWA® Hochleistungsbetonrohr – Passrohr SP/SP

Art.-Nr.	Nennweite DN	Baulänge L [mm]	Aussendurchmesser OD [mm]	Wandstärke W [mm]	Sohlenstärke T [mm]	Fussbreite B [mm]	Gewicht pro m G [kg/m]
102982/106846	250	700 – 2250 alle 5 cm	470	110	130	373	334
132420/111336	300	700 – 2250 alle 5 cm	530	115	135	422	403
135630/116894	400	700 – 2250 alle 5 cm	640	120	140	511	527
127988/101266	500	700 – 2250 alle 5 cm	750	125	155	596	677
109479/105677	600	700 – 2250 alle 5 cm	860	130	170	682	845
125198/132546	700	700 – 2250 alle 5 cm	1020	160	200	812	1185
114661/135867	800	700 – 2250 alle 5 cm	1160	180	220	925	1507

Tabelle 2: MAROWA® Hochleistungsbetonrohre – Passrohre SP/SP, technische Werte

5.2.3 MAROWA® Hochleistungsbetonrohre – Passrohre FLM/SP

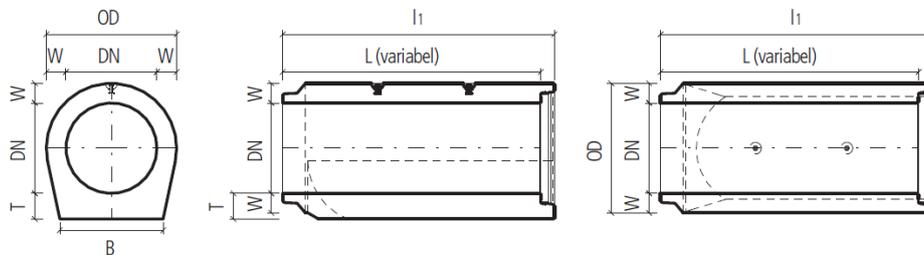


Bild 8: MAROWA® Hochleistungsbetonrohr – Passrohr FLM/SP

Art.-Nr.	Nennweite DN	Baulänge L [mm]	Länge l ₁ [mm]	Aussendurchmesser OD [mm]	Wandstärke W [mm]	Sohlenstärke T [mm]	Fussbreite B [mm]	Gewicht pro m G [kg/m]
135551/106846	250	700 – 2250 alle 5 cm	L + 80	470	110	130	373	353
102751/111336	300	700 – 2250 alle 5 cm	L + 80	530	115	135	422	426
135150/116894	400	700 – 2250 alle 5 cm	L + 90	640	120	140	511	560
105191/101266	500	700 – 2250 alle 5 cm	L + 90	750	125	155	596	720
113934/105677	600	700 – 2250 alle 5 cm	L + 90	860	130	170	682	897
112854/132546	700	700 – 2250 alle 5 cm	L + 100	1020	160	200	812	1284
138947/135867	800	700 – 2250 alle 5 cm	L + 100	1160	180	220	925	1632

Tabelle 3: MAROWA® Hochleistungsbetonrohre – Passrohre FLM/SP, technische Werte

5.2.4 MAROWA® Hochleistungsbetonrohre – Gelenkrohre SP/SP

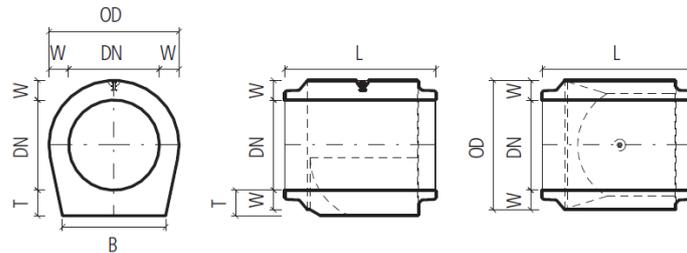


Bild 9: MAROWA® Hochleistungsbetonrohr – Gelenkrohr SP/SP

Art.-Nr.	Nennweite DN	Baulänge L [mm]	Aussendurchmesser OD [mm]	Wandstärke W [mm]	Sohlenstärke T [mm]	Fussbreite B [mm]	Gewicht pro Stück G [kg/Stk.]
103030	250	1000	470	110	130	373	334
127694	300	1000	530	115	135	422	403
133176	400	1000	640	120	140	511	527
131005	500	1000	750	125	155	596	677
118321	600	1000	860	130	170	682	845
118913	700	1000	1020	160	200	812	1185
129740	800	1000	1160	180	220	925	1507

Tabelle 4: MAROWA® Hochleistungsbetonrohre – Gelenkrohre SP/SP, technische Werte

5.2.5 MAROWA® Hochleistungsbetonrohre – Gelenkrohre FLM/SP

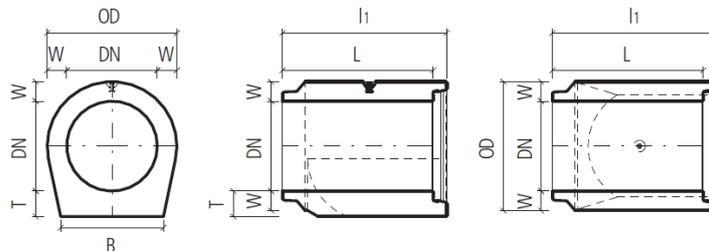


Bild 10: MAROWA® Hochleistungsbetonrohr – Gelenkrohre FLM/SP

Art.-Nr.	Nennweite DN	Baulänge L [mm]	Länge l ₁ [mm]	Aussendurchmesser OD [mm]	Wandstärke W [mm]	Sohlen- stärke T [mm]	Fussbreite B [mm]	Gewicht pro Stück G [kg/Stk.]
104412	250	1000	1080	470	110	130	373	353
111740	300	1000	1080	530	115	135	422	426
103078	400	1000	1090	640	120	140	511	560
135235	500	1000	1090	750	125	155	596	720
138980	600	1000	1090	860	130	170	682	897
120158	700	1000	1100	1020	160	200	812	1284
125384	800	1000	1100	1160	180	220	925	1632

Tabelle 5: MAROWA® Hochleistungsbetonrohre – Gelenkrohre FLM/SP, technische Werte

5.2.6 MAROWA® Hochleistungsbetonrohre – Anschlussrohre SP

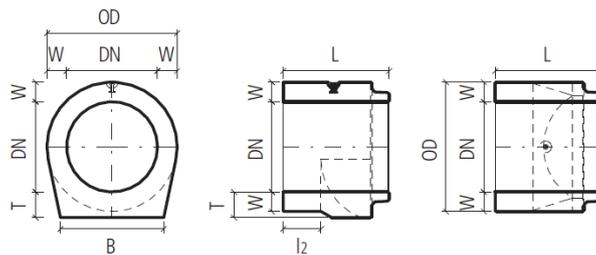


Bild 11: MAROWA® Hochleistungsbetonrohr – Anschlussrohr SP

Art.-Nr.	Nennweite DN	Baulänge L [mm]	Einbindetiefe l ₂ [mm]	Aussendurchmesser OD [mm]	Wandstärke W [mm]	Sohlenstärke T [mm]	Fussbreite B [mm]	Gewicht pro Stück G [kg/Stk.]
102591	250	700	250	470	110	130	373	210
116627	300	700	250	530	115	135	422	253
106355	400	700	250	640	120	140	511	328
108517	500	700	250	750	125	155	596	415
128813	600	700	250	860	130	170	682	512
114308	700	800	250	1020	160	200	812	847
101027	800	800	250	1160	180	220	925	1080

Tabelle 6: MAROWA® Hochleistungsbetonrohre – Anschlussrohre SP, technische Werte

5.2.7 MAROWA® Hochleistungsbetonrohre – Anschlussrohre FLM

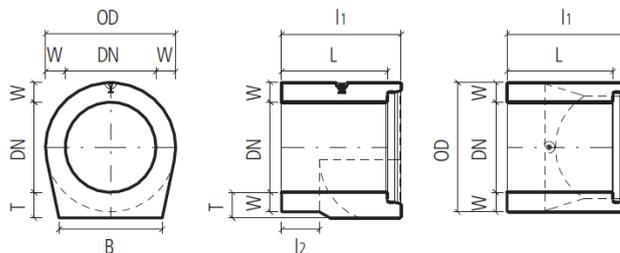


Bild 12: MAROWA® Hochleistungsbetonrohr – Anschlussrohr FLM

Art.-Nr.	Nennweite DN	Baulänge L [mm]	Länge l ₁ [mm]	Einbindetiefe l ₂ [mm]	Aussendurchmesser OD [mm]	Wandstärke W [mm]	Sohlenstärke T [mm]	Fussbreite B [mm]	Gewicht pro Stück G [kg/Stk.]
117766	250	700	780	250	470	110	130	373	253
137266	300	700	780	250	530	115	135	422	305
138754	400	700	790	250	640	120	140	511	404
111092	500	700	790	250	750	125	155	596	514
127372	600	700	790	250	860	130	170	682	630
108789	700	800	900	250	1020	160	200	812	1042
136511	800	800	900	250	1160	180	220	925	1327

Tabelle 7: MAROWA® Hochleistungsbetonrohre – Anschlussrohre FLM, technische Werte

5.3 Materialeingangskontrolle

Bei der Anlieferung müssen alle Bauteile vom Empfänger auf Übereinstimmung mit der Bestellung auf Kennzeichnung und Beschaffenheit kontrolliert werden. Dabei sind folgende Punkte zu beachten:

- Ist die Lieferung ohne Beschädigung, z.B. durch den Transport oder durch Verschmutzungen, angeliefert worden? Besonders die Muffen sind zu kontrollieren.
- Stimmt die Lieferung mit dem Lieferschein überein?
- Stimmt die Lieferung mit der Bestellung und den Ausschreibungsunterlagen überein?

Der ordnungsgemäße Zustand ist auf dem Lieferschein zu bestätigen. Beschädigte Bauteile sind sofort auszusortieren und zurückzuweisen. Spätere Beanstandungen werden nicht anerkannt.

Mangelhafte Bauteile dürfen auf keinen Fall eingebaut werden. Werden die beanstandeten Bauteile ohne ausdrückliche Zustimmung der CREABETON BAUSTOFF AG weiterverwendet, so wird jede Haftung ausgeschlossen.

5.4 Ablad

Die MAROWA® Hochleistungsbetonrohre und -formstücke sind mit geeigneten Hebezeugen, die mit einem Feinhub ausgestattet sind und den Gewichten der Rohre entsprechen, abzuladen. Ruckartiges Anheben oder Senken, schlagartiges Aufsetzen der Bauteile vom Fahrzeug und Schleifen über den Boden sind nicht zulässig.

Ohne vorausgehende schriftliche Abmachung ist der Besteller (Kunde) für den Ablad der MAROWA® Hochleistungsbetonrohre und deren Formstücke verantwortlich.

Wird die Ware inkl. Kranablad bestellt, wird der Ablad nach Tarif des zu diesem Zeitpunkt gültigen Kataloges verrechnet, auch wenn die Rohre, entgegen der Bestellung, vom Kunden selbst abgeladen werden.

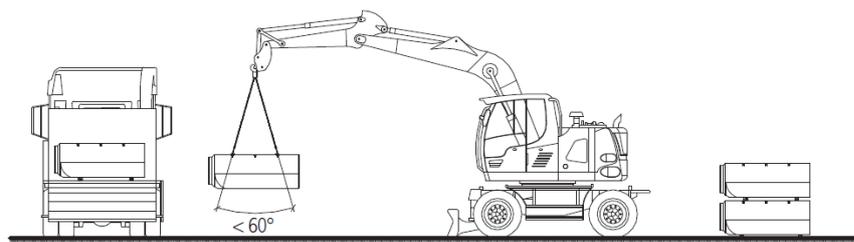


Bild 13: Ablad mit geeigneten Hilfsmitteln

5.5 Transport auf der Baustelle

Die MAROWA® Hochleistungsbetonrohre lassen sich mit verschiedenen geeigneten Hilfsmitteln transportieren. Werden Rohrgreifer, Entenschnabel oder ähnliche Hilfsmittel verwendet, so müssen diese für die Rohrgewichte zulässig sein. Die Anschlagmittel sind wegen der Stosszuschläge beim Transport auf etwa das doppelte Rohrgewicht auszulegen. Die Verwendung von Seilen oder Ketten, die durch das Rohr geführt werden, ist nicht zulässig.

MAROWA® Hochleistungsrohre und deren Formstücke weisen ab Werk einen bis mehrere Kugelkopftraganker im Rohrscheitel auf, die für den Transport auf der Baustelle wie im Graben vorgesehen sind.

Nennweite DN	Lastklasse eingebauter Kugelkopf-Traganker	Lastaufnahmemittel	Maximales Rohrgewicht G [kg/Stk.]
250	2.5	Universalkopf-Kupplung Lastklasse 2.5	811
300	2.5	Universalkopf-Kupplung Lastklasse 2.5	979
400	2.5	Universalkopf-Kupplung Lastklasse 2.5	1287
500	2.5	Universalkopf-Kupplung Lastklasse 2.5	1657
600	2.5	Universalkopf-Kupplung Lastklasse 2.5	2063
700	5.0	Universalkopf-Kupplung Lastklasse 5.0	2955
800	5.0	Universalkopf-Kupplung Lastklasse 5.0	3753

Tabelle 8: Eingebaute Typen von Kugelkopftraganker

Vor dem Einkuppeln sind die Lastangaben der Universalkopf-Kupplung mit jenen des Kugelkopf-Tragankers zu vergleichen.

- Zum Einsetzen wird die Kugel mit der Öffnung nach unten über den Traganker geschoben.
- Dann wird die Lasche der Kugel zur Betonoberfläche gedreht.
- Der Universalkopf sitzt in der Aussparung und ist für Lastaufnahmen bereit.
- Das Drehen der Kupplung unter Last ist nur eingeschränkt möglich.
- Grundsätzlich sollte die Lasche in Zugrichtung angeordnet werden.
- Zum Lösen wird der Lasthacken abgelassen.
- Die Kugel wird nach oben herausgedreht.
- Die Kupplung kann entfernt werden.

Rohre und Formstücke mit eingebauten Transportankern dürfen mit gespreizten Seilen oder Ketten, bei einem am Haken gemessenen Spreizwinkel von maximal 60°, angehoben werden.

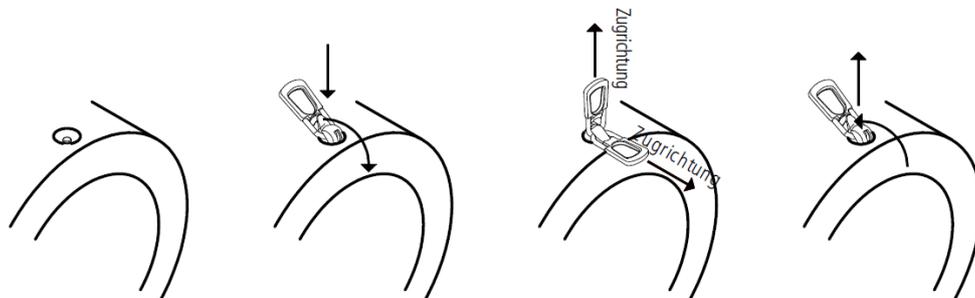


Bild 14: Montage und Demontage der Universalkopf-Kupplungen

5.6 Lagerung

Die sachgemässe Lagerung der Rohre muss sichergestellt werden:

- Die Rohre sind so zu lagern, dass sie nicht beschädigt oder verunreinigt werden (vor allem die Muffenbereiche).
- Rohrstapel sind eben zu lagern und gegen ein Auseinanderfallen zu sichern. Die Stapelhöhe sollte nicht mehr als 3 Lagen aufweisen.
- Ein Anhaften oder Anfrieren der Rohre ist durch geeignete Massnahmen z.B. Lagerung auf Kanthölzern zu verhindern.
- Die Rohre und Formstücke sind vor intensiver Sonneneinstrahlung zu schützen.

Werden die Rohre und Formstücke in der Nähe der offenen Gräben gelagert, sind folgende Punkte zu beachten.

- Ein Sicherheitsabstand von 1.00 m bei V-Gräben und 0.50 m bei U-Gräben muss eingehalten werden.
- Die Standsicherheit von Baugruben und Böschungen darf durch das Lagern von den Bauteilen nicht gefährdet werden.



Bild 15: Einfache, sichere Lagerung, vor Sonneneinstrahlung geschützt

6 Herstellung des Leitungsgrabens

6.1 Allgemeines

Bei Arbeiten im Bereich des Leitungsgrabens sind die Verordnung über die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer bei Bauarbeiten (BauAV) und die gültigen Richtlinien der SUVA zu berücksichtigen.

Nicht immer sind alle Leitungen, Rohre oder Kabel tatsächlich in den Plänen eingezeichnet. Je nach örtlicher Gegebenheit müssen Leitungen von Hand gesucht werden. Dabei sind die Schutzanweisungen der Leitungsbetreiber zu beachten.

Werden im Verlauf der Bauarbeiten verschiedene Werkleitungen in der Baugrube angetroffen, sind diese gegen Beschädigungen zu sichern. Dies erfolgt durch Aufhängungen, Abstützungen oder anderen Massnahmen. Leitungen müssen bei Bedarf gegen Frost geschützt werden.

6.2 Sicherung des Rohrgrabens

Bei standfesten Böden ist ein Arbeiten ohne Verbau oder Böschung nur zulässig, wenn die Grabentiefe höchstens 1.4 m beträgt. Ab einer Grabentiefe von 1.4 m ist immer eine Sicherung des Rohrgrabens durch Verbau oder Böschung, mit dem zulässigen Neigungswinkel, vorzusehen.

Bei nicht standfesten Böden kann es sein, dass auch bei einer geringeren Grabentiefe wie 1.4 m eine Grabensicherung erforderlich ist.

Die Sicherung des Rohrgrabens ist statisch zu bemessen (Stand sicherheitsnachweis). Die Ausführung ist von der Bauleitung abzunehmen.

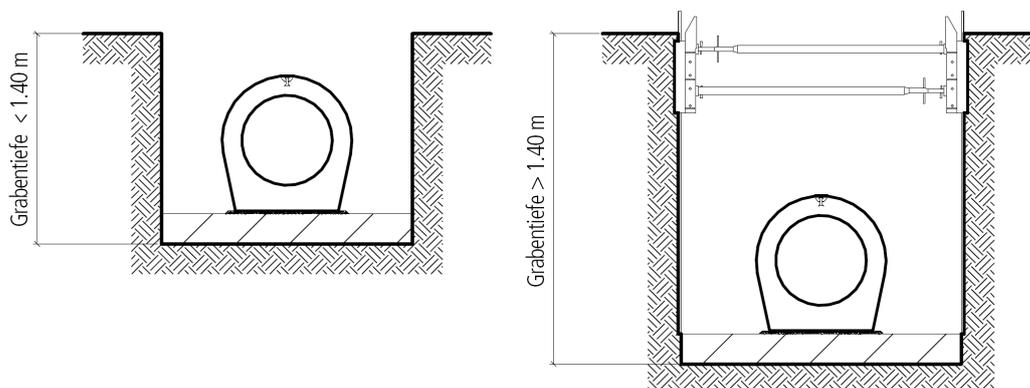


Bild 16: Ausführungen von Grabenprofilen

6.2.1 Grabensicherung durch Böschungen

Für die Tiefen > 1.4 m kann der Graben mit einem zulässigen Böschungswinkel gesichert werden.

Bei Grabentiefen ≥ 3 m wird empfohlen, eine entsprechende Berme einzubauen. Die Breite sollte das Mass von 1.5 m nicht unterschreiten.

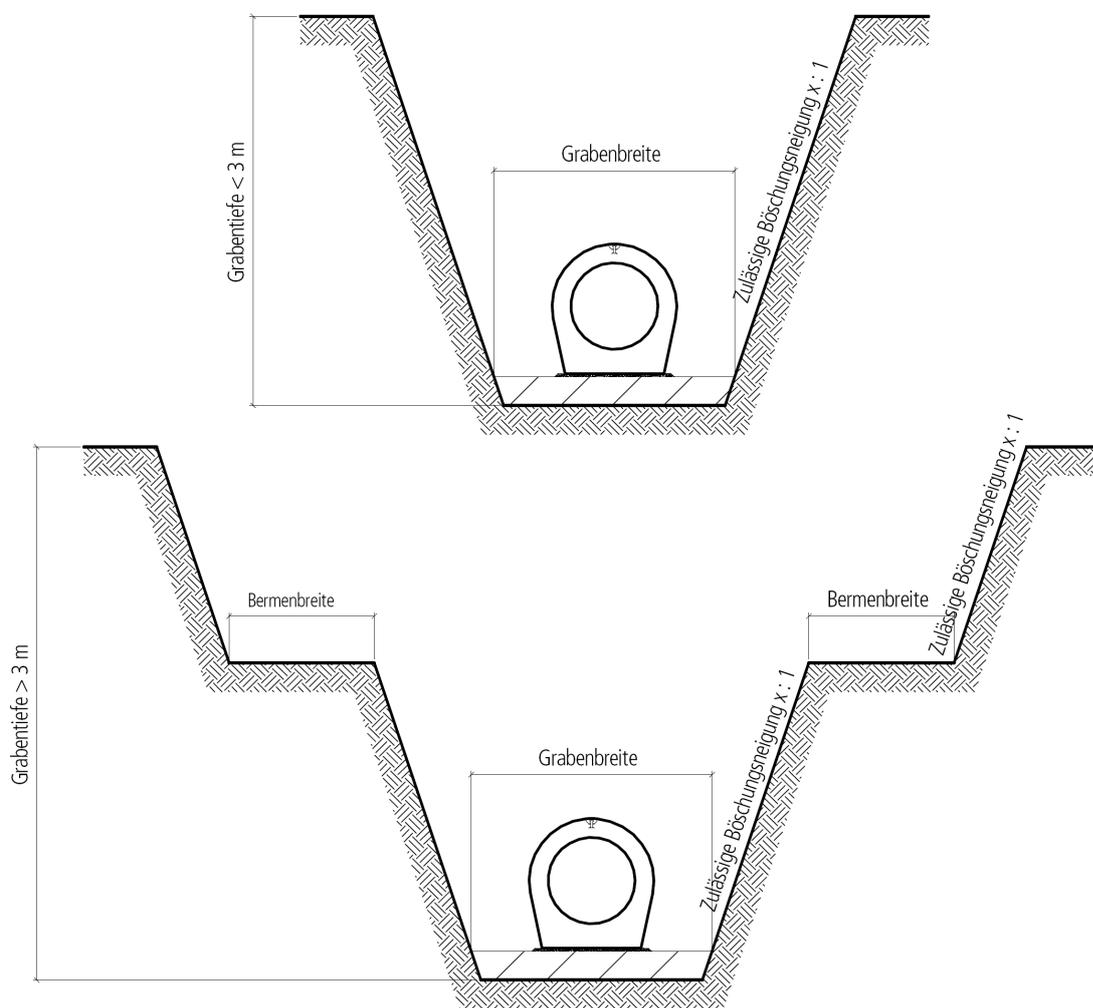


Bild 17: Ausführungen von V-Graben

Bodenbeschaffenheit	Zulässige Böschungsneigung	Bodenarten		Feuchtraumgewicht γ [kN/m ³]	Scherfestigkeit s_u [kN/m ²]
		Geologisch	Geotechnisch		
Vorwiegend bindiger Boden <ul style="list-style-type: none"> • Gut verfestigtes Material • Sehr kompakt 	3:1	Grundmoräne, Molassenmergel und -lehm, kompakter Lehm	Tonige Sande und tonige Silte (eventuell mit Beimengen von Kies und Sand)	> 22	50 ... 100
<ul style="list-style-type: none"> • Mässig verfestigtes Material 	2:1	Fluss- und Seeablagerungen, Seitenmoränen mit wenig Lehm	Tonige Silte und Sande, siltige Sande, wenig Ton, eventuell mit Kies beimengen	20 ... 22	30 ... 50
Nicht bindiger Boden <ul style="list-style-type: none"> • Rolliges Material ohne Kohäsion 	1:1	Praktisch lehmfreies Material	Silte, saubere Sande, Kies-Sand (oder Vermischung der drei Komponenten)	ca. 20	-

Tabelle 9: Zulässige Böschungsneigungen in Abhängigkeit der Bodenart nach BauAV



Bild 18: In städtischer Umgebung ist die Grabensicherung von der Grabentiefe und deren Breite, wie auch von der Anzahl Werkleitungen abhängig

6.2.2 Grabensicherung durch Verbau

Die Art des Verbaus richtet sich nach den Randbedingungen vor Ort, z.B. Bodenart, Grabentiefe, Grundwasserverhältnisse, Anzahl der seitlichen Anschlüsse usw.. Üblich sind:

- Senkrechter Verbau – Geeignet für alle Grabentiefen und Bodenarten z.B. Kanaldielenverbau oder Spundbohlenverbau
- Waagrechter Verbau – In der Regel nur bei geringen Grabentiefen wirtschaftlich z.B. Holzbohlenverbau
- Mischformen – z.B. Trägerbohlenwand
- Verbaueinheiten – Innenstädtisch nur bedingt geeignet bei kreuzenden Leitungen z.B. Verbauplatten, Gleitschienenverbau

Standfestigkeit des Aushubbodens	Spriesssystem	Geeignetes Spriessmaterial	Aushubvorgänge	
			bei Handaushub	bei maschinellem Aushub
Dauernde Standfestigkeit (nur Fels)	• Keine Spriessung erforderlich		• Frei	• Frei
Gute vorübergehende Standfestigkeit	• Horizontalspriessung	• Holz	• Im unverspriessten Graben bis 1.4 m Tiefe oder generell im verspriessten Graben	• Im unverspriessten Graben bis 1.4 m Tiefe anschliessend innerhalb der Spriessung
		• Spezielle Spriessgräte		• Im unverspriessten Graben
Fliessender Übergang	• Gestellte Vertikalspriessung	• Holz		• Auf ganze Grabentiefe im unverspriessten Graben (max. auf Spriesslänge)
Beschränkte vorübergehende Standfestigkeit		• Kanaldielen • Verbaugeräte • Spezielle Spriessgräte		
Keine Standfestigkeit	• Gestellte und schrittweise nachgetriebene Vertikalspriessung	• Kanaldielen • Verbaugeräte • Spezielle Spriessgräte	• Innerhalb der Spriessung	
	• Schrittweise vorgetriebene Vertikalspriessung	• Kanaldielen • Spundbohlen • Verbaugeräte • Spezielle Spriessgräte		
Boden mit Wasserandrang und Grundbruchgefahr	• Auf volle Tiefe vorgerammte Vertikalspriessung mit Einbindung in Grabensohle im Endzustand	• Kanaldielen • Spundbohlen • Spezielle Spriessgräte		

Tabelle 10: Empfehlung für Spriesssysteme in Abhängigkeit der Standfestigkeit des Aushubbodens

Bei der Ausführung von gesicherten U-Gräben muss auf folgendes geachtet werden:

- Bei standfesten Böden können die untersten 80 cm unverspriesst bleiben.
- Der Einbau der Spriessung darf nur dann nachträglich erfolgen, wenn sich dabei keine Bauarbeiter in ungesicherten Grabenteilen aufhalten müssen.
- In Abhängigkeit vom Material des anstehenden Bodens muss der Verbau lückenlos erfolgen. Das heisst, dass zwischen den einzelnen Verbauelementen kein Material in den Rohrgraben eindringen darf.
- Hohlräume hinter der Spriessung sind sofort mit geeignetem Material auszufüllen.
- Den Einbauvorschriften entsprechend dürfen beim Ausbau der Spriessung nur maximal 80 cm Wandhöhe freigelegt werden, wenn sich Bauarbeiter im Graben aufhalten müssen (z.B. Verdichtungsarbeiten).

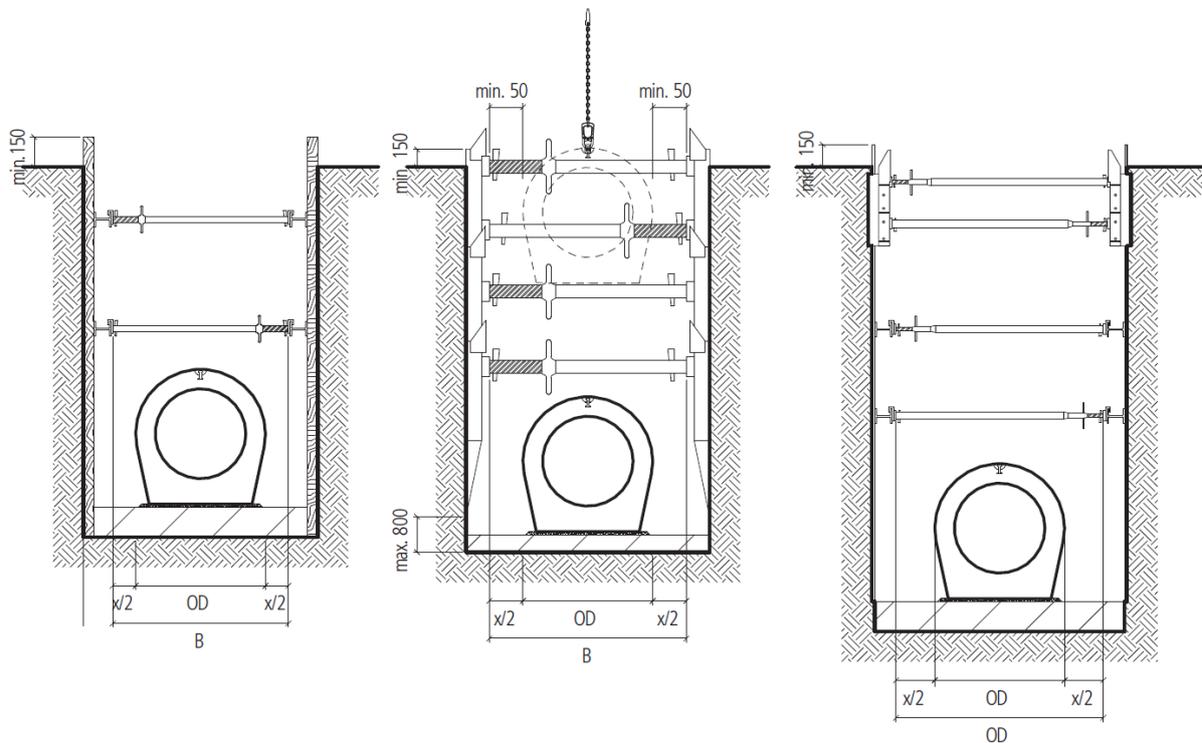


Bild 19: Ausführungen von U-Gräben



Bild 20: Bei der Wahl eines Verbausystems sind verschiedene Punkte zu beachten

Bei Kurzbaustellen sind zusätzliche Massnahmen zu treffen:

- Bei Kurz- oder Satellitenbaustellen (Rohrverlegungen abschnittsweise) sind die Mindestbaulängen von 1 m zwischen Rohr- und Verbauende bzw. offener Muffe bis Auffüllkante einzuhalten. Empfohlen wird, dass solche Kurzbaustellen auf einer Länge von 3-5 Rohren offen gehalten werden.
- Gründungsverhältnisse bzw. Übergang bei unterschiedlichen Bodenverhältnissen.
- Bauablauf bzw. mehrere Etappenarbeiten im gleichen Graben.
- Sicherung der Abdeckung und Hauptverfüllung aus dem vorigen Bauabschnitt.
- Kontinuierliche Vermessung und Justieren des Kanallasers.
- Die Wasserhaltung der Situation und des Baufortschrittes anpassen.

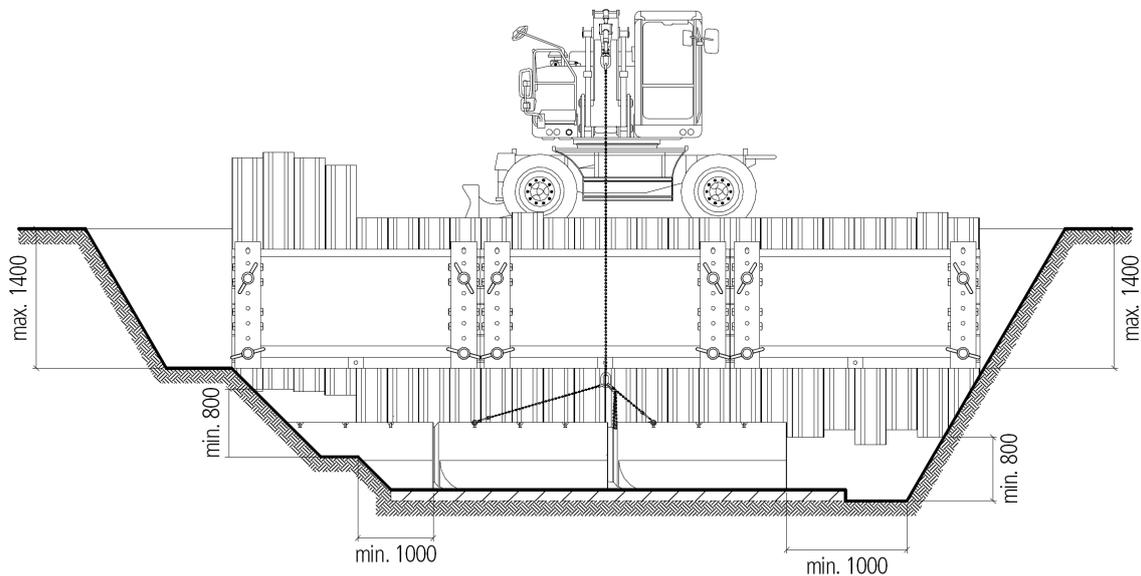


Bild 21: Richtwerte für Kurzbaustellen

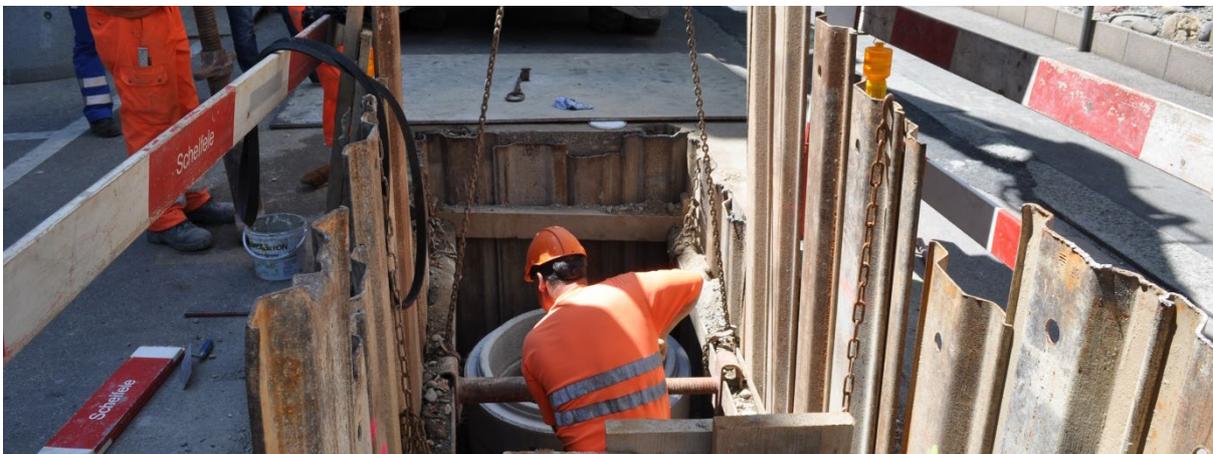


Bild 22: Kurzbaustellen erfordern eine bessere Koordination der Bauabläufe

6.2.3 Grabensicherung mit eingebundenen Spundwänden

Müssen eingebundene Spundwände als Grabensicherung eingesetzt werden, müssen besondere Vorkehrungen getroffen werden:

- Das nachträgliche Ziehen der Spundwandprofile verursacht eine erhebliche Laststeigerung über dem Rohrscheitel.
- Die starke Auflockerung des Bodens beim nachträglichen Ziehen führt zu einer Vergrößerung der Rohrausladung und zur einer Minderung des stützenden Seitendrucks bzw. zu einer zusätzlichen Konzentration der Bodenspannungen im Scheitel- und Sohlenbereich.
- Diese Laststeigerungen müssen in den statischen Bemessungen erfasst werden.
- Zusätzlich wird beim fortschreitenden Ziehen der Spundwand durch das Nachsacken des Bodens auch das Rohr selbst um einen gewissen Grad absacken. Aus diesem Grund sollten die maximalen Baulängen nach Tabelle 11 bei spundwandverbauten Gräben beschränkt werden.

Nennweite DN [m]	Maximale Baulänge L [mm]
250	2000
300	2000
400	2300
500	2300
600	2300
700	2300
800	2300

Tabelle 11: Empfohlene maximale Baulänge in spundwandverbauten Gräben

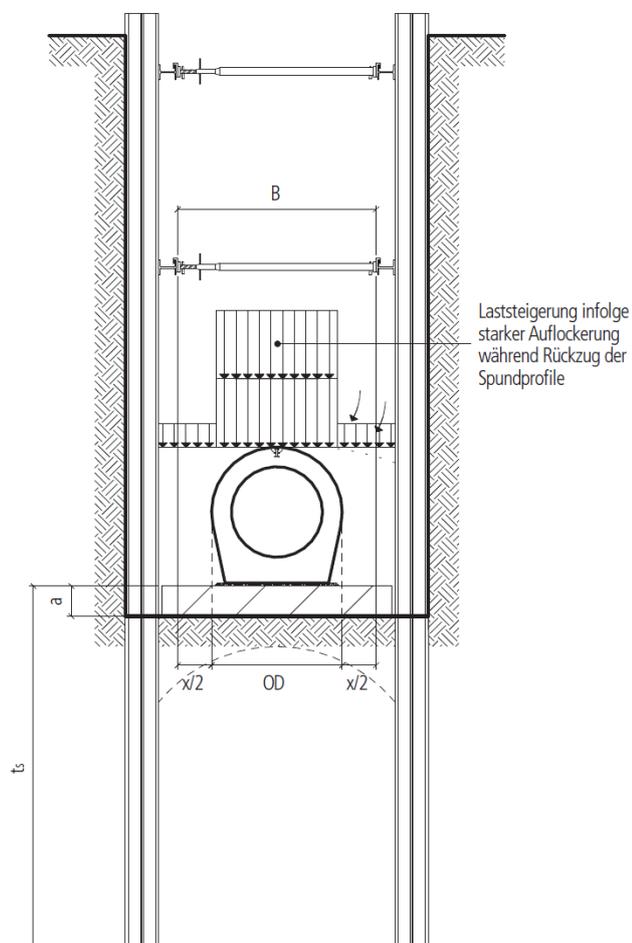


Bild 23: Ausführungen von U-Gräben mit eingebunden Spundwänden

6.2.4 Ergänzende Sicherheitsmassnahmen

Um den Schutz der Arbeiter und die Standsicherheit des Grabens zu gewährleisten müssen folgende zusätzliche Massnahmen berücksichtigt werden:

- Seitlich des Grabens muss ein Schutzstreifen mit einer Breite von 100 cm, zum Schutz des Personals und Materials, frei gehalten werden.
- Der Verbau muss mindestens 15 cm über den Grabenrand herausragen, um das Hineinfallen von Steinen und anderen Materialien zu verhindern.
- Es sollte verhindert werden, dass Oberflächenwasser ungehindert in die Baugrube fließen kann.
- Es ist zu prüfen, in welchem Abstand zum Graben die Lasten, verursacht durch Bagger, Transportfahrzeuge, Mobilkrane usw., aufgebracht werden dürfen. Sind keine besonderen Bestimmungen vorhanden, können folgende Werte als Richtwerte angenommen werden:

Maschinentyp	Mindestabstand bei verbauten Gräben [m]
Allgemein zugelassene Verkehrsfahrzeuge und Baumaschinen ≤ 12 t	1.0
Schwerere Verkehrsfahrzeuge und Baumaschinen > 12 t bis 40 t	2.0

Tabelle 12: Empfohlene Mindestabstände bei verbauten Gräben bis Grabenrand

Nennweite DN	Gewicht G [kg/Stk.]	Entsprechende Gewichtsklasse eines Mobilbaggers bei einer Reichweite von						
		2.0 m [t]	3.0 m [t]	4.0 m [t]	5.0 m [t]	6.0 m [t]	7.0 m [t]	8.0 m [t]
250	811	12-14	12-14	12-14	12-14	12-14	12-14	22
300	979	12-14	12-14	12-14	12-14	12-14	18-20	22
400	1287	12-14	12-14	12-14	12-14	14-16	18-20	22
500	1657	12-14	12-14	12-14	14-16	16-18	18-20	22
600	2063	12-14	12-14	12-14	14-16	16-18	18-20	22
700	2955	12-14	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22
800	3753	12-14	14-16	18-20	20-22	20-22	20-22	22

Tabelle 13: Empfohlene Gewichtsklassen für Mobilbagger in Abhängigkeit der Nennweite und Reichweite

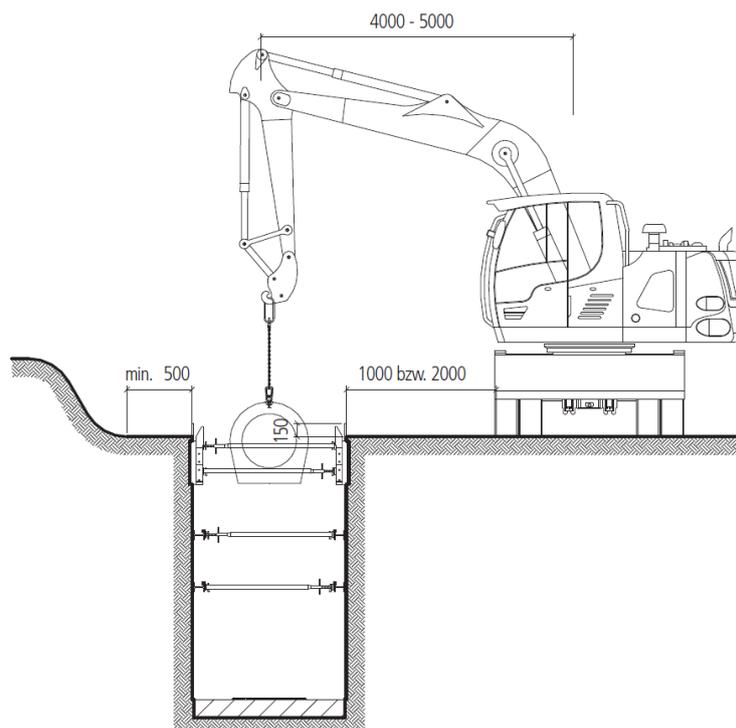


Bild 24: Ergänzende Sicherheitsmassnahmen

6.3 Grabenbreiten

6.3.1 Regelmasse

Die Grabenbreite ist so zu bemessen, dass ein fachgerechter und sicherer Einbau der MAROWA® Hochleistungsbetonrohre und eine gute Verdichtung der Seitenverfüllung möglich sind. Die Mindestgrabenbreite muss der gesetzlichen Bauarbeitsverordnung (BauAV) genügen und soll einen ausreichenden Arbeitsraum gewährleisten.

Es gelten die in der Norm SIA 190 angegebenen Werte, wobei der jeweils grössere Wert massgebend ist. Die Werte stützen sich auf die Vorgaben der Norm SN EN 1610. Die Mindestgrabenbreite ermittelt sich aus dem horizontalen Aussendurchmesser (OD) des Rohrschaftes und dem Tabellenwert x. Gemessen wird zwischen den Grabenwänden in Höhe der oberen Bettungsschicht bzw. zwischen den Innenkanten des Verbaus.

Nennweite DN	Aussendurchmesser OD [mm]	U-Graben	Mindestarbeitsraum insgesamt (OD+x)	
			V-Graben $\beta > 60^\circ$	V-Graben $\beta \leq 60^\circ$
250	470	OD + 500 = 970	OD + 500 = 970	OD + 400 = 870
300	530	OD + 500 = 1030	OD + 500 = 1030	OD + 400 = 930
400	640	OD + 800 = 1440	OD + 800 = 1440	OD + 400 = 1040
500	750	OD + 800 = 1550	OD + 800 = 1550	OD + 400 = 1150
600	860	OD + 800 = 1660	OD + 800 = 1660	OD + 400 = 1260
700	1020	OD + 800 = 1820	OD + 800 = 1820	OD + 400 = 1420
800	1160	OD + 900 = 2060	OD + 900 = 2060	OD + 400 = 1560

Tabelle 14: Mindestarbeitsraum im Verhältnis zur Nennweite

Grabentiefe T [m]	Mindestgrabenbreite B [m]
< 1.00	0.60
≥ 1.00 bis ≤ 1.75	0.80
> 1.75 bis ≤ 4.00	0.90
> 4.00	1.00

Tabelle 15: Gesamter Mindestarbeitsraum im Verhältnis zur Grabentiefe

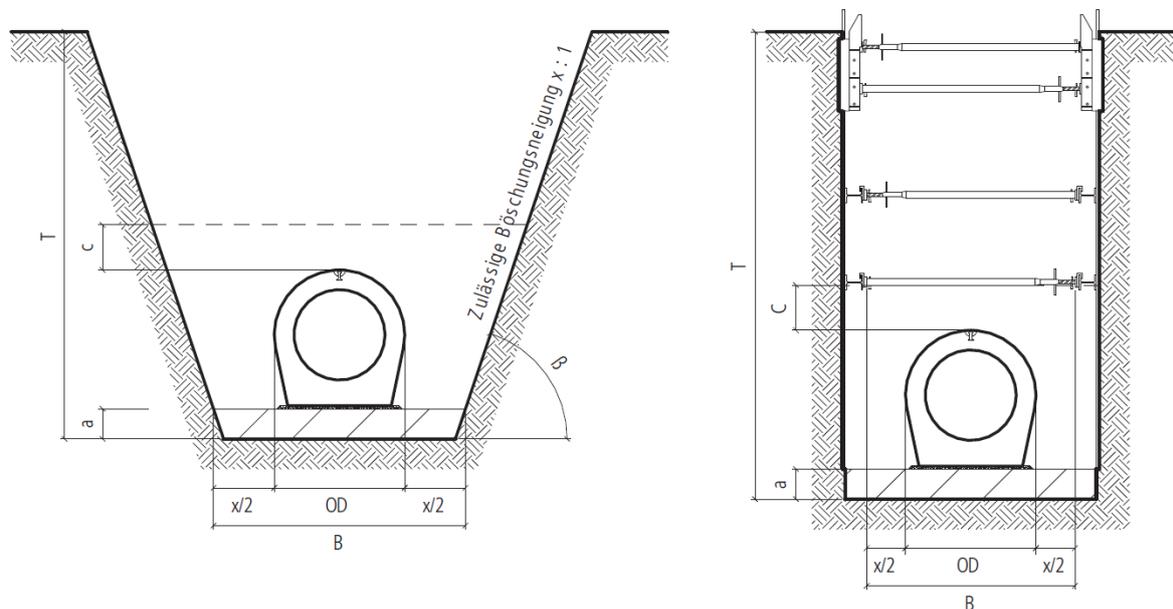


Bild 25: Definition des Grabenprofils

Folgende Grenzmasse müssen berücksichtigt werden:

- Bei Rohren mit der Nennweite \geq DN 600 in verbauten und unverbauten Gräben, bei denen eine hohe maschinelle Verdichtung der Bettung und der Seitenverfüllung erforderlich ist, ist der Arbeitsraum $x/2$ auf 0.50 m zu vergrössern.
- Infolge Bauverfahren oder anderen bautechnischen Gründen (z.B. für den Einsatz von Verdichtungsgeräten, zur Herstellung von Anschlussleitungen) und aufgrund örtlicher Randbedingungen (z.B. Abfangen benachbarter Leitungen) kann es notwendig sein, dass der Planer eine grössere Grabenbreite festlegen muss.
- Falls während den Bauarbeiten ein Zugang zur Aussenwand von unterirdisch liegenden Bauwerken erforderlich ist, muss ein Mindestarbeitsraum von 0.50 m bei Grabentiefen \leq 2.50 m und 0.70 m bei Grabentiefen $>$ 2.50 m vorhanden sein.
- Der Mindestarbeitsraum zwischen zwei Rohren beträgt 0.35 m für Rohre \leq DN 700 bzw. 0.50 m für Rohre $>$ DN 700. Wird zwischen den Rohren bis in Kämpferhöhe Beton eingebracht, kann der Abstand verringert werden.
- Die Mindestgrabenbreite darf nur dann unterschritten werden, wenn das Baustellenpersonal niemals den Graben betreten muss, z.B. beim Einsatz von automatisierter Verlegetechnik und Verfüllen der Leitungszone mit Flüssigboden oder mit hydraulisch bindendem Material, wie Beton.

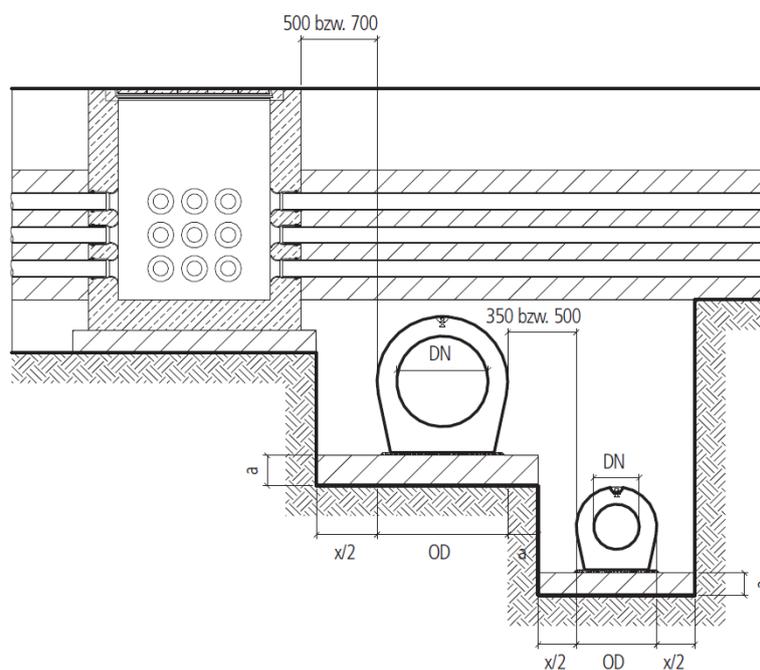


Bild 26: Einzuhaltende Mindestmasse

6.4 Grabensohle

Die Grabensohle ist von entscheidender Bedeutung für die Gebrauchstauglichkeit einer Abwasserleitung oder eines -kanals.

- Die Grabensohle muss tragfähig sein. Örtlich weicher Untergrund muss ausgetauscht werden.
- Der Graben muss zum Einbau der Rohre, zur Herstellung der Rohrverbindung, Bettung, Seitenverfüllung, Abdeckung und Hauptverfüllung wasserfrei sein. Nur so lässt sich die Verdichtbarkeit des Bodens gewährleisten.
- MAROWA® Hochleistungsbetonrohre mit Fuss dürfen nicht auf gefrorenem Boden verlegt werden.
- Die Grabensohle darf nicht aufgerissen werden. Auf die Bestückung der Baggerschaufel achten.
- Der Statik zugrundeliegenden Bodenkenwerte müssen örtlich überprüft werden. Nicht tragfähiger Untergrund muss ausgetauscht werden.
- Bei einem Wechsel der Bodenverhältnisse ist die Bauleitung zu verständigen. Das entsprechende Bauverfahren, wie der Einbau von Gelenkrohren, muss definiert werden.
- Die Eignung des Bodens für den Wiedereinbau muss geprüft werden. Für die Freigabe ist der Bauherr zuständig.

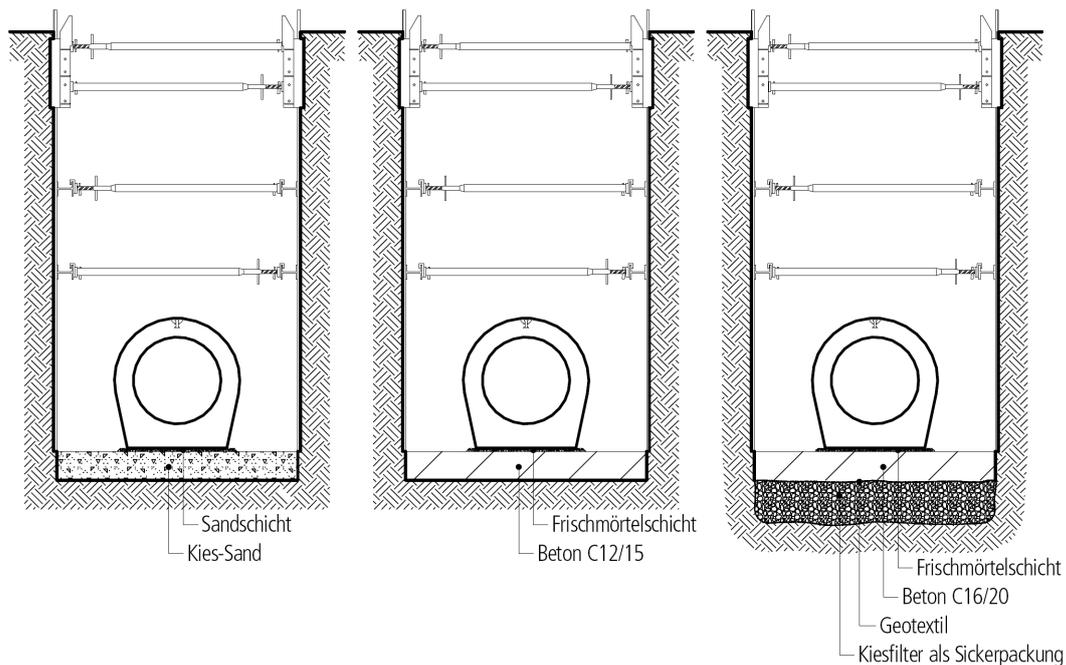


Bild 27: Möglicher Aufbau der Grabensohle mit Bettungstyp 1

6.5 Gründungsschichten

Wenn aufgrund instabiler, nicht tragfähiger Grabensohle ein Bodenaustausch erforderlich wird, muss dieser über die gesamte Grabenbreite und in sehr breiten Gräben oder Dämmen auf der Breite des vierfachen Rohrdurchmessers ausgeführt werden.

- Die Austauschtiefe ist vom Planer anzugeben und sollte mindestens 30 cm betragen.
- Die Einflüsse der Gründungsschicht sind in der Rohrstatik zu berücksichtigen.
- Muss für die Erhöhung der Tragsicherheit eine Pfahlgründung oder eine bewehrte Bodenplatte erstellt werden, muss dies in der Rohrstatik berücksichtigt werden und es sind besondere Verlegevorschriften zu erstellen.

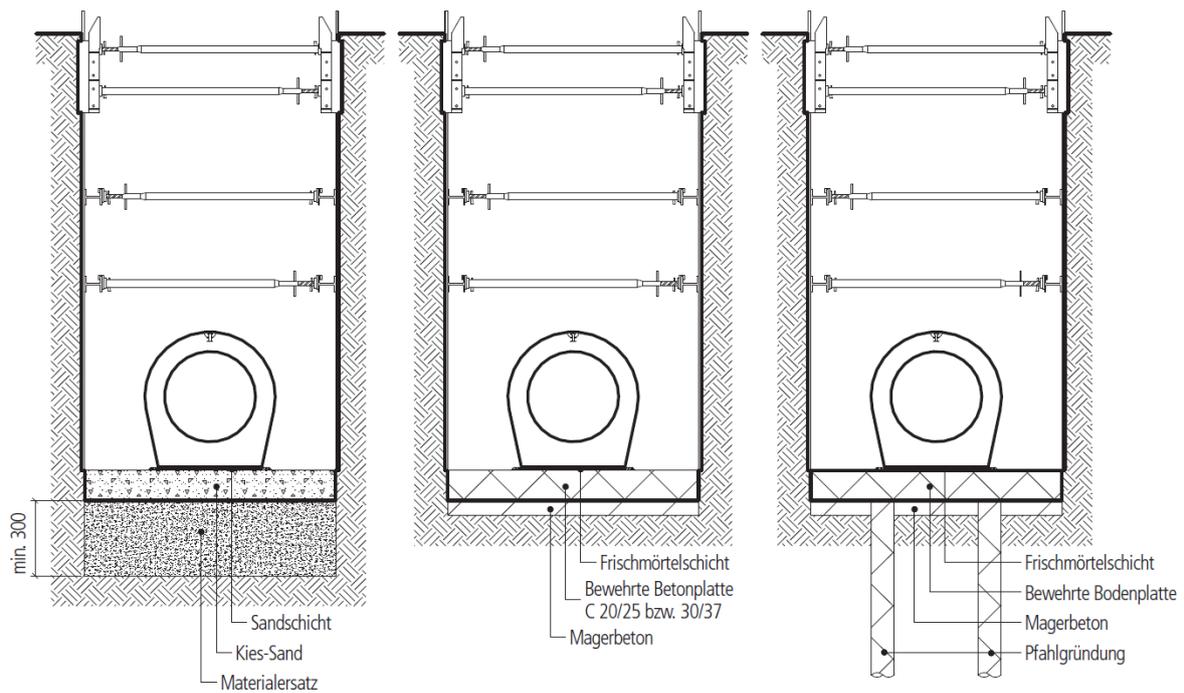


Bild 28: Mögliche Arten von Gründungsschichten

7 Wasserhaltung während der Bauzeit

Während den Verlegearbeiten wie auch während dem Einbringen der Seitenverfüllung muss der Graben wasserfrei sein.

- Dafür können unterschiedliche Wasserhaltungen eingesetzt werden.
 - Offene Wasserhaltung im Graben
 - Wasserhaltung mit Vakuumpumpe oder durch Bohrlöcher mit Pumpe
- Das Absenkziel sollte mindestens 50 cm unter der Grabensohle liegen. Dabei ist die Vorlaufzeit bis zur Erreichung des Absenkziels zu beachten.
- Drainagen sind nach Beendigung der Wasserhaltungsmassnahmen dauerhaft zu verschliessen.
- Werden unterhalb der Bettung entsprechende Sickerpackungen angeordnet, so müssen diese eine minimale Stärke von 30 cm aufweisen und sind gegen Wechselwirkungen mit Geotextilien zu schützen.
- Um ein Absenken des Grundwassers zu verhindern, sollten in einem entsprechenden Abstand Dichtriegel eingebaut werden.

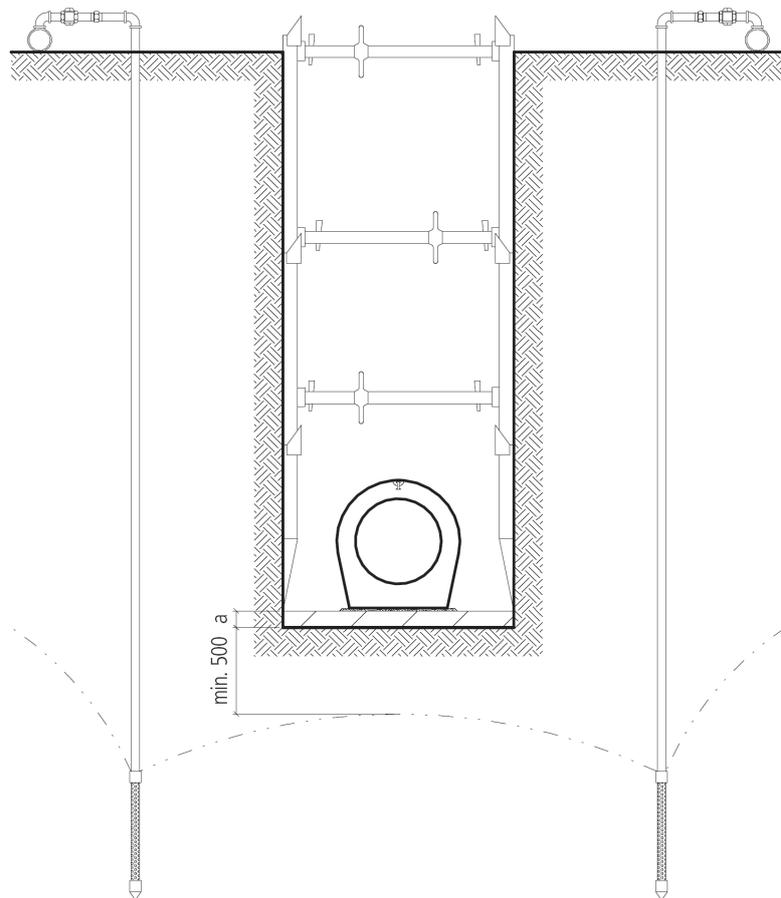


Bild 29: Ausführungen von Wasserhaltungen

8 Leitungszone

8.1 Allgemeines

Die Qualität der Erdbaumaassnahmen im Bereich der Leitungszone beeinflusst massgebend die Tragfähigkeit, Gebrauchsfähigkeit, Betriebssicherheit und die bestimmungsgemässe Nutzungsdauer der Abwasserleitungen und -kanäle sowie das Setzungsverhalten des Bodens.

Nach Norm SN EN 1610 (SIA 190.203) besteht die Leitungszone aus Bettung (untere und obere Bettungsschicht), Seitenverfüllung und Abdeckung der Rohre, bei Grabenleitungen in der Breite des Grabens und bei Dammleitungen oder sehr breiten Gräben in der Breite des vierfachen Aussendurchmessers der Rohre. Durch die Formgebung der MAROWA® Hochleistungsbetonrohre mit Fuss muss im Normalfall keine obere Bettungsschicht aufgebaut werden, die Auflagerung erfolgt über die Fussbreite.

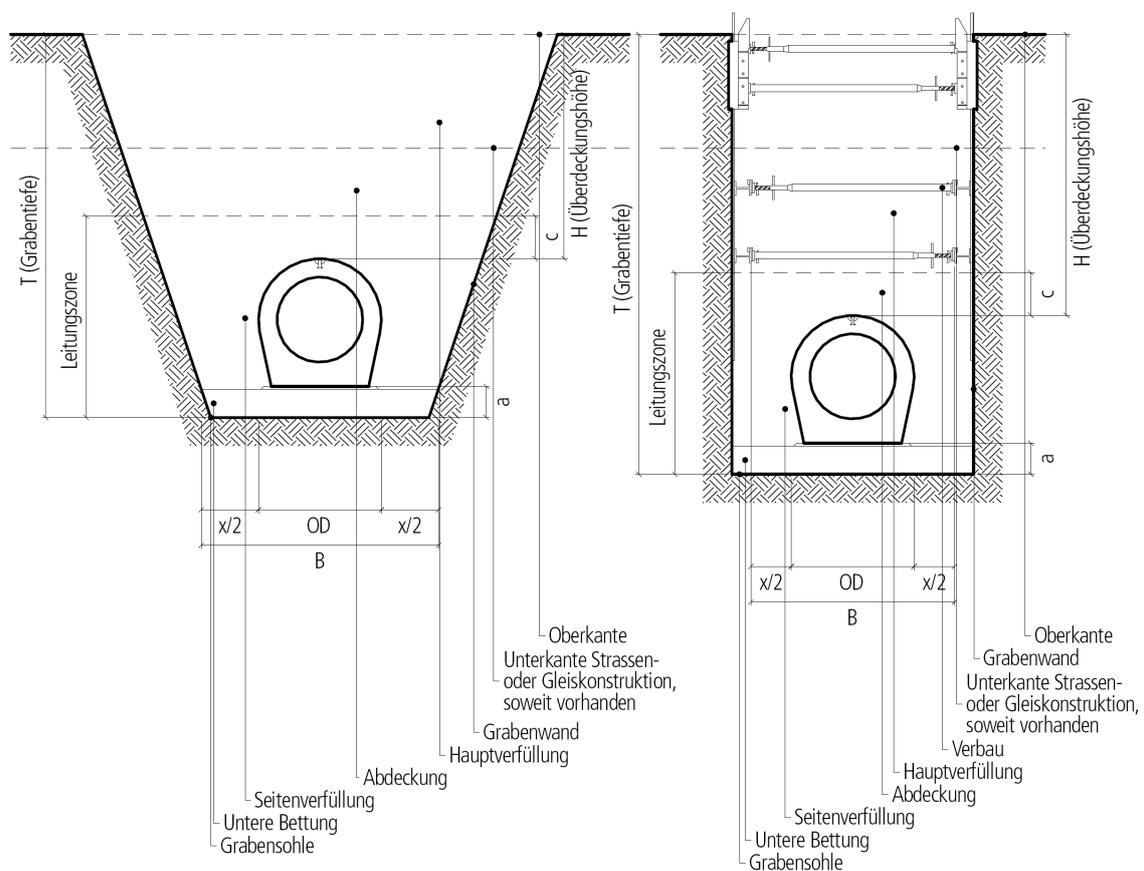


Bild 30: Definitionen gemäss Norm SN EN 1610

8.2 Baustoffe für die Leitungszone

8.2.1 Ungebundene Baustoffe

8.2.1.1 Bettungsschicht

Ein, für die Bettung geeigneter, Boden muss gut verdichtbar sein. Nach Norm SN EN 1610 (SIA 190.203) können Korngrößen für Leitungen DN 250 bis ≤ 600 d = 40 mm und für Nennweiten DN > 600 d = 60 mm eingesetzt werden.

8.2.1.2 Wiederverwendung von Aushubmaterial

Das Aushubmaterial mit Korngrößen ≤ 63 mm kann wiederverwendet werden, wenn folgende Faktoren erfüllt werden:

- Wenn dies durch den Bauherrn bewilligt bzw. durch die Planung erlaubt ist.
- Wenn es nach den Anforderungen und Ausführungsbestimmungen verdichtbar ist.
- Wenn das MAROWA® Hochleistungsbetonrohr mit Fuss von allen Materialien frei ist, die es schädigen kann (z.B. Überkorn, Baumwurzeln, Müll, organisches Material, Schnee, Eis, usw.).
- Wenn sämtliche Tonklumpen nicht grösser als 75 mm sind.

8.2.1.3 Körnige ungebundene Baustoffe

Solange eine Auswirkung auf die Umwelt ausgeschlossen werden kann, können auch Recycling-Baustoffe eingesetzt werden, sofern diese verdichtbar sind. Je nach Planvorgaben können folgende Baustoffe mit Korngrößen ≤ 63 mm eingesetzt werden:

- Einkornmaterial
- Korngemische
- Sand
- Gebrochene Baustoffe



Bild 31: Recyclingmaterial kann verwendet werden

8.2.2 Gebundene Baustoffe

Solange eine Auswirkung auf die Umwelt ausgeschlossen werden kann, können auch hydraulisch gebundene Recycling-Baustoffe eingesetzt werden. Je nach Planvorgabe können folgende Baustoffe eingesetzt werden:

- Beton C16/20 für unbewehrte Bettungsschichten
- Beton C20/25 bzw. C30/37 für bewehrte Bodenplatten für die Bodenstabilisierung
- Magerbeton C12/15 für Sauberkeitsschichten
- Mörtel für Frischmörtelschichten

Zementverfestigter Boden oder selbstverdichtende Verfüllbaustoffe können ebenfalls verwendet werden. Für solche Baustoffe müssen entsprechende Vorgaben durch den Planer erstellt werden.

8.3 Ausführung der Bettung

8.3.1 Allgemeines

Rohre mit Fuss können bei geeignetem Boden direkt auf der Grabensohle aufgelagert werden. Zum Ausgleich von Unebenheiten sollte jedoch eine dünne Sandschicht eingebracht werden. Ein Unterstopfen der Fussrandbereiche ist erforderlich. Die Grabensohle bzw. die untere Bettungsschicht unter den Rohren darf nicht stärker verdichtet werden, als die obere Bettungsschicht, sofern die obere Bettungsschicht notwendig ist. Nach der Norm SN EN 1610 (SIA 190.203) wird zwischen 3 Bettungstypen unterschieden. Die Norm SIA 190 berücksichtigt grundsätzlich nur die Bettung Typ 1. Die Bettung Typ 2 kann für Fussrohre nicht angewendet werden. Dabei sind folgende Punkte einzuhalten:

- Die Bettung muss eine gleichmäßige Druckverteilung im Auflagerbereich unter dem Rohr sicherstellen. Die Rohre müssen deshalb über die gesamte Länge des Rohrschaftes gleichmäßig aufliegen.
- Linien- oder Punktlagerungen, die meist zu Rissen und Undichtheiten an den Rohren führen, sind unzulässig.
- Bei Frost sind besondere Massnahmen im Bereich der Grabensohle erforderlich. So kann beispielsweise die gefrorene Schicht erst unmittelbar vor der Verlegung der Rohre entfernt werden. Eine Möglichkeit ist auch, die Grabensohle mit Thermomatten zu schützen.



Bild 32: Bei Rohren mit Fuss ist eine gleichmäßige, vollflächige Auflagerung erforderlich

8.3.2 Bettung Typ 1

In Fällen, bei denen kein geeigneter Boden für eine unmittelbare Rohrbettung ansteht, muss die Grabensohle tiefer ausgehoben und eine Bettung aus verdichtungsfähigem Material eingebracht werden. Die Höhe der Bettungsschicht a kann der nachstehenden Tabelle 16 entnommen werden (entsprechend der Norm SIA 190). Die Angaben in der Norm SN EN 1610 sind Mindestwerte. Bei dem MAROWA® Hochleistungsbetonrohr ist eine obere statische Bettungsschicht b in der Regel nicht notwendig, da die Tragfähigkeit nur durch die Geometrie des Fusses und durch die ebene Auflagerfläche übernommen wird.

Dabei sind folgende Punkte einzuhalten:

- Die Bettung als Erdauflager muss grundsätzlich über die gesamte Grabenbreite ausgeführt werden.
- Die verdichtete Auflagerfläche ist so vorzubereiten, dass eine genau horizontale Lagerung erreicht werden kann und eine Schiefstellung auch nach der Verlegung ausgeschlossen werden kann.
- Die horizontal abgezogene Schicht muss mindestens 50 mm über die Fussbreite gehen. Auf ein sattes Rohrauflager ist zu achten.
- Bei unzureichender Tragfähigkeit des Untergrundes, örtlich wechselnden Bodenarten und Grundwasserständen, stark geneigter Grabensohle, sehr dicht gelagerten Böden oder Fels und bei statischen Erfordernissen, ist eine Betonbettung zweckmässig. Die Betongüte soll dafür mindestens der Festigkeitsklasse C16/20 entsprechen.
- Das Betonauflager ist über die gesamte Grabenbreite auszuführen. Ist dies nicht möglich, muss das Betonauflager über die Fussbreite mit dem Abstand a reichen.
- Die Höhe der Bettungsschicht muss ein Aufbringen einer Frischmörtelschicht zulassen. In der Mitte der Auflagerung kann die Frischmörtelschicht etwas tiefer gestaltet werden. Dadurch wird ein Reiten der Rohre vermieden und eine gute Lastübertragung auf das Betonauflager erreicht.

Bodenart	Höhe der Bettungsschicht a in Abhängigkeit der Nennweite DN						
	DN 250 [mm]	DN 300 [mm]	DN 400 [mm]	DN 500 [mm]	DN 600 [mm]	DN 700 [mm]	DN 800 [mm]
Normale Bodenverhältnisse $a = 100 + \frac{1}{10 \cdot DN} [mm]$	125	130	140	150	160	170	180
Fels, steiniger Boden oder Böden mit fester Konsistenz bzw. dichter Lagerung (z.B. Ton, Geschiebemergel, Moränenkies) oder bewehrte Bodenplatte $a = 100 + \frac{1}{5 \cdot DN} [mm]$	150	160	180	200	220	240	260

Tabelle 16: Höhe der Bettungsschicht a in Abhängigkeit der Nennweite

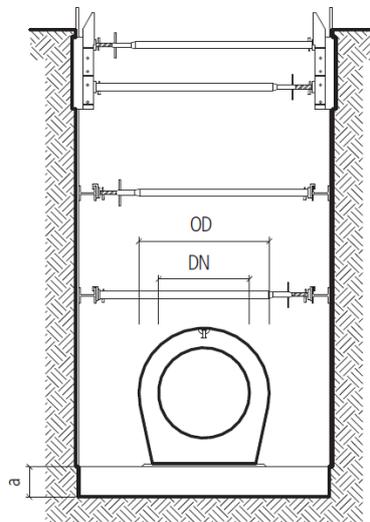


Bild 33: Ausführungen von Bettung Typ 1

8.3.3 Bettung Typ 3

Weist der Untergrund eine genügende Tragfähigkeit auf, sind keine wechselnden Bodenarten zu erwarten, keine wechselnden Grundwasserstände vorhanden und liegen keine dicht gelagerten Böden oder Fels vor, kann die Bettung Typ 3 angewendet werden.

- Zum Ausgleich von Unebenheiten sind die MAROWA® Hochleistungsbetonrohre auf einer Kies-Sand-Schicht oder einer frischen Mörtelschicht einzubauen.
- Die Randbereiche des Fusses sind nachzustopfen.

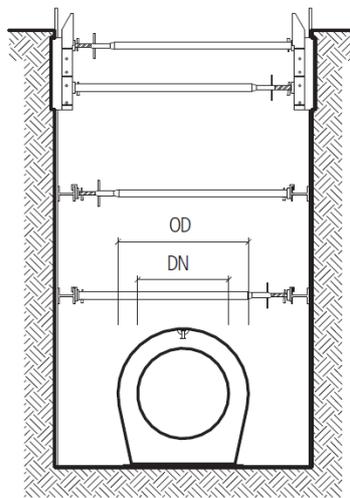


Bild 34: Ausführungen von Bettung Typ 3



Bild 35: Verlegung von MAROWA® Hochleistungsbetonrohren auf einer Frischmörtelschicht

8.3.4 Betonbettung

Bei unzureichender Aufnahme der Tragfähigkeit des Rohr-Boden-Systems bzw. bei statischen Erfordernissen ist eine Betonbettung seitlich der Rohre zweckmässig. Die Betongüte soll dafür mindestens der Festigkeitsklasse C16/20 entsprechen.

Je nach Belastung der MAROWA® Hochleistungsbetonrohre kann der Auflagewinkel durch die Erhöhung der Bettungsschicht b seitlich der Rohre erhöht werden. Die üblichen Auflagewinkel betragen 120° oder 180° .

Beim Einbau der Rohre in Gräben wird empfohlen, bis an die Grabenwand bzw. gegen den Verbau zu betonieren. Im zweiten Fall ist zwischen Beton und Verbau eine flexible Trennschicht (z.B. Polystyrol) vorzusehen.

8.3.5 Sonderausführungen der Bettung

In besonderen Fällen können andere Lagerungsarten zur Ausführung kommen, z.B. Massnahmen zur Bodenverbesserung, Gründung der Rohrleitung auf Pfählen mit einer Stahlbetonplatte oder auf Rohrsätteln. Für Sonderausführungen muss immer ein entsprechender statischer Nachweis vorliegen. Beim Einbau von Rohrleitungen in weichen, schwer zu entwässernden Böden kann eine Stabilisierung der unteren Bettungsschicht z.B. durch eine mit einem Geotextil umhüllte stabilisierende Schicht aus grobkörnigem Material mit eingelagerter Dränung erforderlich werden. Ein Trenn- und Filtergeotextil verhindert eine Wechselwirkung von Feinkornanteilen zwischen dem anstehenden Boden und der Leitungszone.

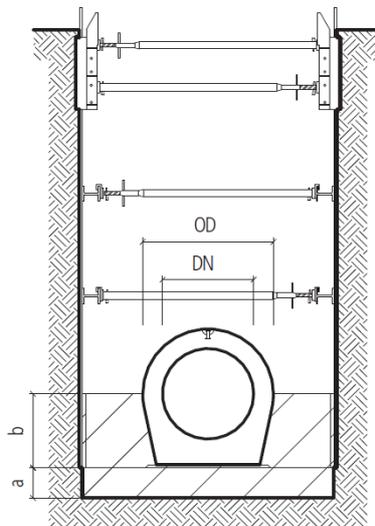


Bild 36: Ausführungen von Betonbettung

8.4 Einbau der MAROWA® Hochleistungsbetonrohre mit Fuss und Herstellung der Verbindungen

8.4.1 Allgemeines

Die Rohrverlegung beginnt üblicherweise am Tiefpunkt der Leitungshaltung, wobei beim Zusammenführen der Rohre jeweils das Spitzende in die Flachmuffe des bereits verlegten Rohres geschoben wird.

- Vor dem Einbau sind Rohre, Formstücke und Dichtmittel auf Beschädigungen zu prüfen.
- Der innere Muffenbereich und das äussere Spitzende sind von Verschmutzung bzw. von festgefrorenem Boden, Eis usw. zu reinigen.
- Die Rohre, Formstücke und Schachtfertigteile sind mit Hebezeugen, die mit Feinhub ausgestattet sind (z.B. Bagger, Portalkran oder Autokran) unter Verwendung des vorgesehenen Kugelkopftragankersystems, Entenschnabel mit Sicherung, Rohrgreifern oder formschlüssig wirkenden Lastaufnahmemitteln, in den Rohrgraben abzulassen.
- Die MAROWA® Hochleistungsbetonrohre sind mit mehreren Kugelkopftragankern ausgerüstet. Um den Transport innerhalb eines verbauten Grabens zu erleichtern, weisen die MAROWA® Hochleistungsbetonrohre mit einer Baulänge von 2.3 m 3 Kugelkopftraganker auf.
- Jeder einzelne Kugelkopftraganker kann das Eigengewicht des Rohres aufnehmen.
- Die Verbindungen der MAROWA® Hochleistungsbetonrohre sind auch unter schwierigen Baustellenverhältnissen stets sorgfältig herzustellen.

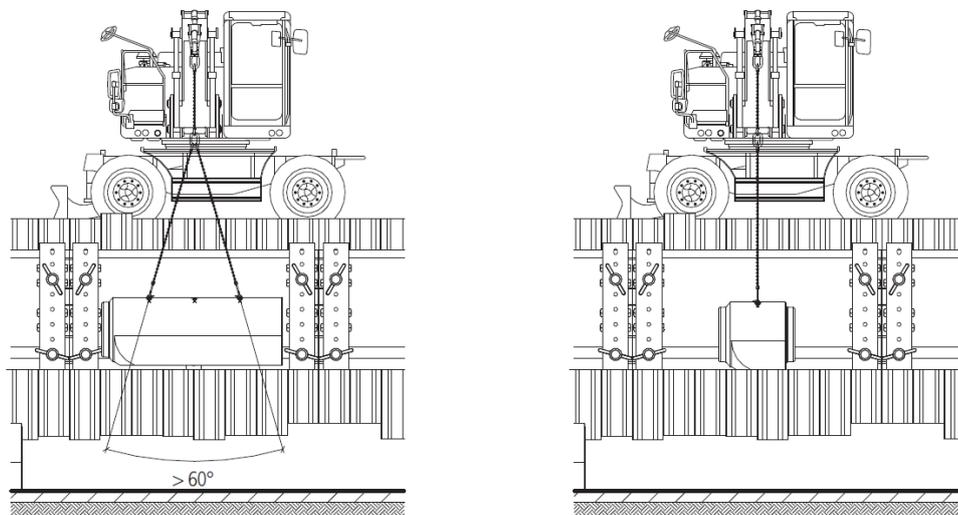


Bild 37: Herablassen der Rohre, an mind. 2 Kugelkopftraganker, kleine Rohre bzw. Formstücke an mind. 1 Kugelkopftraganker gehalten

- MAROWA® Hochleistungsbetonrohre sind werkseitig mit einer, fest in der Muffe eingebauten, Keilgleitdichtung aus Elastomeren ausgestattet.
- Das Zusammenschieben der Rohre erfolgt mit Gleitmittel des Dichtungsherstellers. Anderes Gleitmittel darf nicht verwendet werden.
- MAROWA® Hochleistungsbetonrohre mit Fuss mit den fest eingebauten Elastomerdichtungen können auch bei Frost eingebaut werden, solange die Dichtungen die nötige Elastizität haben. Die Härte der Elastomerdichtung ändert sich mit der sinkenden Temperatur.
- Die Rohre können bis zu Bauteiltemperaturen von - 5°C verlegt werden. Bei Bauteiltemperaturen zwischen - 5°C und - 10°C können Massnahmen getroffen werden, um das Zusammenführen der Rohre zu erleichtern, jedoch ist die Erwärmung der Dichtung mit einem Propangasbrenner nicht zulässig.
- Unter einer Bauteiltemperatur von - 10°C sollten die Rohre nicht eingebaut werden.

Nennweite DN	Verbrauch pro Muffenumfang	Muffenumfang [m]	Verbrauch pro Muffe [g/Muffe]	Richtwert für Anzahl Muffen	
	[g/m]			Kesselinhalt 2 kg [Stk.]	Kesselinhalt 5 kg [Stk.]
250	~ 80	~ 1.1	88	22	55
300	~ 80	~ 1.2	96	19	47
400	~ 80	~ 1.6	128	15	38
500	~ 80	~ 1.8	144	12	31
600	~ 80	~ 2.2	176	10	26
700	~ 80	~ 2.6	208	8	22
800	~ 80	~ 2.9	232	7	19

Tabelle 17: Theoretischer Gleitmittelverbrauch in Abhängigkeit der Nennweite als Richtwert



Bild 38: Aufbringen des DENSÖ® Gleitmittel erst kurz vor dem Zusammenschieben

8.4.2 Herstellung der Rohrverbindung

Für die Herstellung der Rohrverbindung sind folgende Punkte zu befolgen:

- Das Aufbringen des Gleitmittels erfolgt nach der Reinigung des äusseren Spitzendes und der inneren Flachmuffe im Graben.
- Das Gleitmittel wird satt auf das Spitzende und auf die elastomere Keilgleitdichtung aufgetragen.
- Das freihängende Rohr ist an die Muffe des bereits eingebauten Rohres heranzuführen, bis die integrierte Keilgleitdichtung gleichmässig vom Spitzende erfasst wird.
- Das zu verlegende Rohr muss zentrisch angesetzt und mit einem kontrollierten Kraftaufwand eingeschoben werden.
- Ein Zusammenschieben mit dem Baggerlöffel, auch mit zwischen gelegtes Kantholz, führt oft zu Beschädigungen am Rohr und sollte nicht angewendet werden.

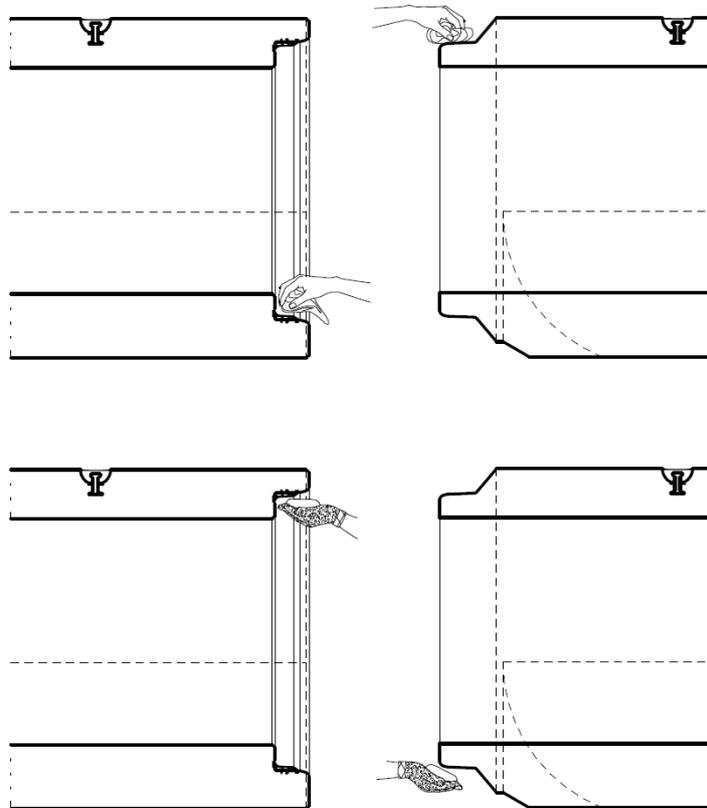


Bild 39: Reinigen der Muffenbereiche und sattes Aufbringen des Gleitmittels

- Um eine Beschädigung der Dichtung und ein Sprengen der Muffe auszuschließen, ist die Verwendung von geeigneten Geräten angeraten.
- Die Geräte müssen die notwendigen Montagekräfte aufbringen können.
- Die Höhe der aufzubringenden Montagekraft ist abhängig von der Temperatur beim Verlegen, der Rauheit der Oberflächen im Verbindungsbereich, der Art und Menge des aufgetragenen Gleitmittels sowie der Verlegungsmethode (frei hängend oder auf der Bettung aufgesetzt).
- Ein Zusammenschieben mit dem Baggerlöffel, auch mit zwischen gelegtes Kantholz, führt oft zu Beschädigungen am Rohr und sollte nicht angewendet werden.
- Kleinere Nennweiten können mit einer Stockwinde zentrisch zusammengesoben werden.
- Als Widerlager kann eine Baggerschaufel dienen, sofern der Graben nicht zu tief ist.
- Das neu zu verlegende Rohr darf während dem Zusammenzug nicht mit Vollast auf der Grabensohle aufliegen, sondern soll noch am Hebegerät hängend eingeführt werden.
- Der Druck auf das einzuschiebende Rohr ist in der unteren Hälfte anzusetzen.

Beschreibung	Höhe der Montagekraft bei Nennweite						
	DN 250 [mm]	DN 300 [mm]	DN 400 [mm]	DN 500 [mm]	DN 600 [mm]	DN 700 [mm]	DN 800 [mm]
Montagekraft	12 kN	15 kN	20 kN	25 kN	30 kN	60 kN	70 kN

Tabelle 18: Notwendige Montagekraft für die Herstellung der Rohrverbindung bei warmen Temperaturen

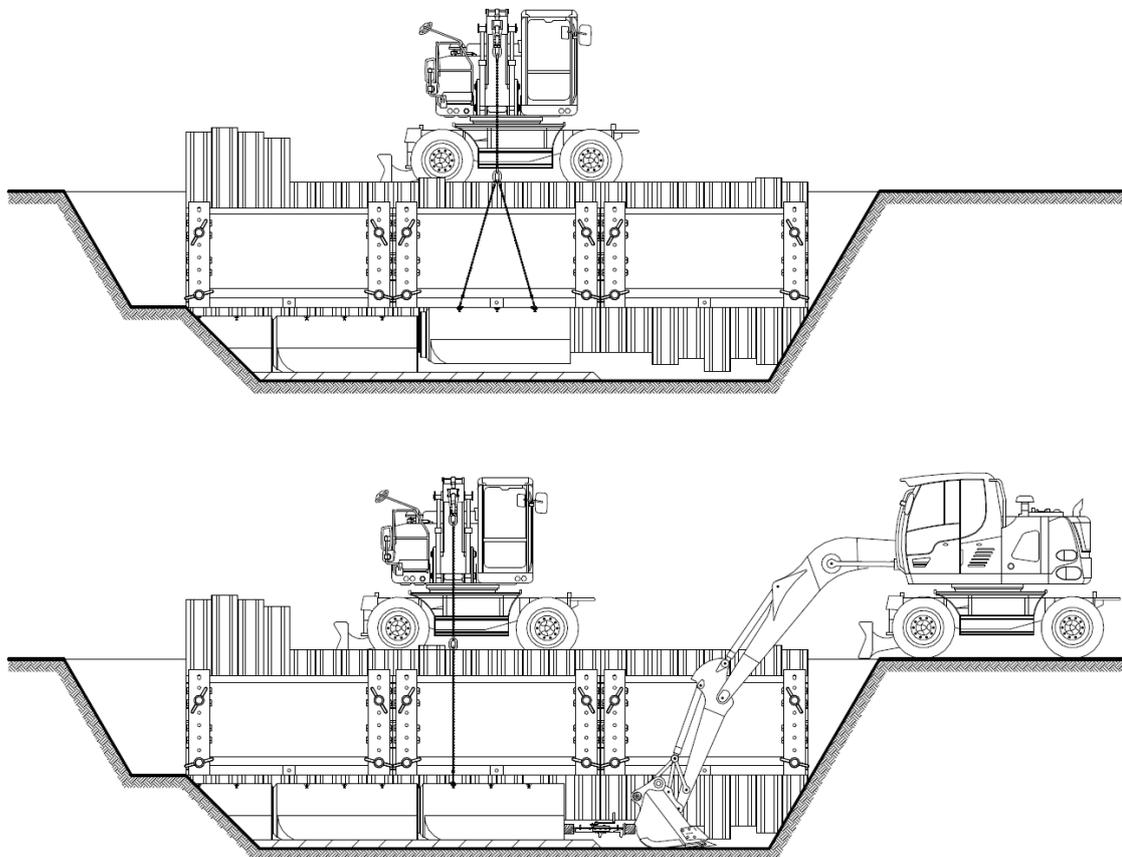


Bild 40: Zusammenzug mit Stockwinde

- Die Rohre können auch mit einem Seilzuggerät (mechanisch oder hydraulisch) zusammengezogen werden.
- Aussen- oder innenliegende hydraulische Rohrzuggeräte können in der Regel bei Nennweiten $DN \geq 400$ angewendet werden.
- Die Seilzugmaschine wird bei einem bereits versetzten Rohr montiert. Transport, Aufstellung und Montage des Rohrzuggerätes (Seilzugmaschine) hat nach Anweisung des Herstellers zu erfolgen.
- Die Länge der Stahlzugseile ist je nach Fabrikat unterschiedlich, haben aber in der Regel eine Länge von ≥ 35 m.
- Als Widerlager wird ein Stahlträger in der unteren Hälfte des einzuschiebenden Rohres angesetzt.

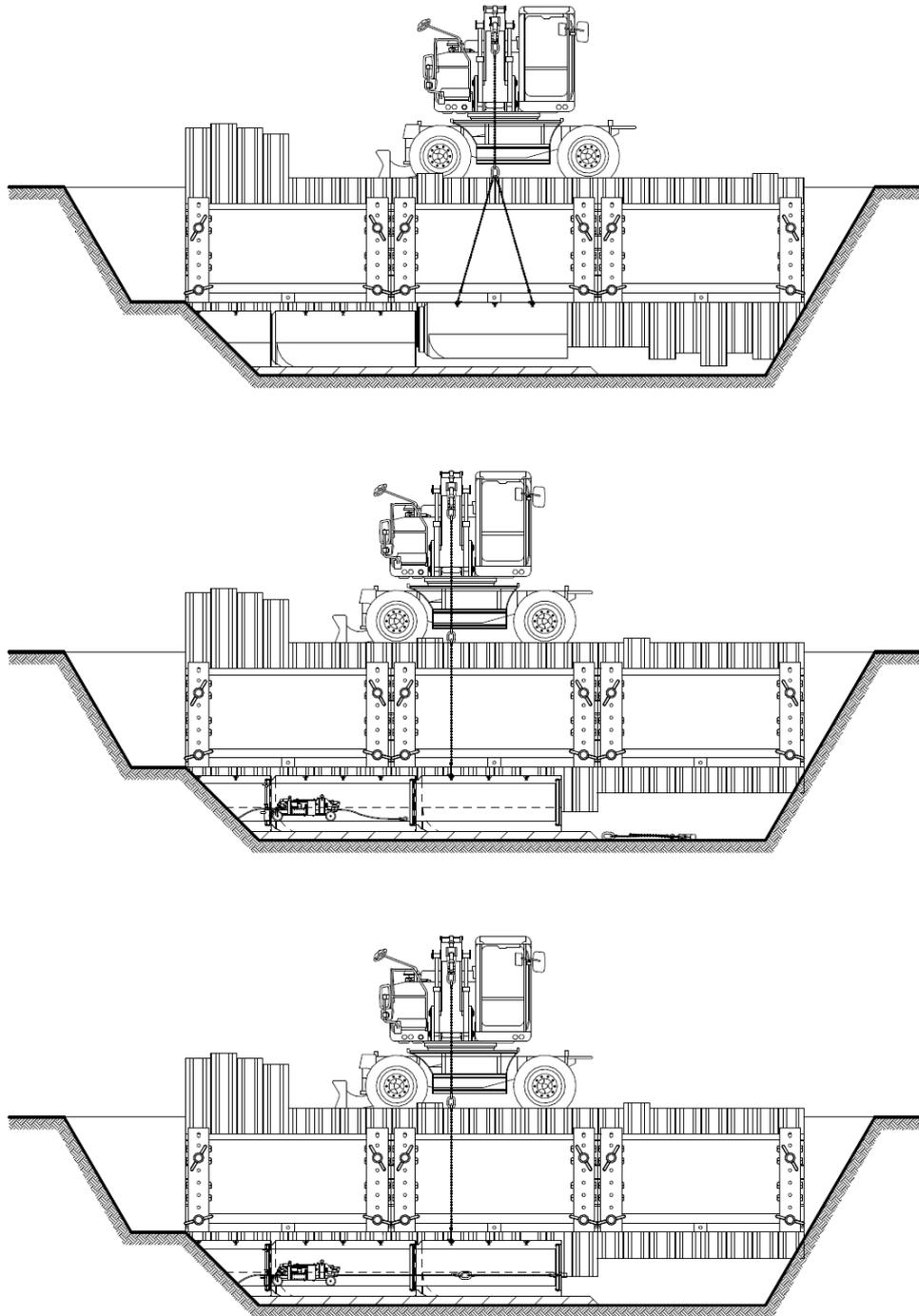


Bild 41: Zusammenzug mit innenliegendem hydraulischen Rohrzuggerät

- Größere Nennweiten lassen sich auch mit einem asymmetrischen Kettengehänge, befestigt an den Kugelkopffragankern, verlegen.
- Dabei wird eine längere Kette bei einem bereits verlegten Rohr befestigt sowie ein kurzes Kettenstück an dem Spitzende des nahe gelegenen Kugelkopffankers des einzuschubenden Rohres.
- Das waagrecht aufgehende Kran- oder Baggerseil ist senkrecht zur Rohrachse über dem Rohrstoss zu positionieren. Der Anstellwinkel des kurzen Kettenstrangs sollte ca. 40 – 45° betragen.
- Durch feines Anheben wird eine Horizontalkraft erzeugt. Bei korrekt eingestellter Kette ist die Kraft ausreichend um die Rohre zusammenzuschieben.
- Die Rohre werden zentrisch zusammengeführt.
- Die Mindestzugkraft des Krans oder des Baggers für das Zusammenführen der Rohre sind vom Neigungswinkel der Kette und vom Reibungswiderstand der Sohle abhängig.
- Diese Verlegeart erfordert ein Feingefühl des Maschinisten.

Nennweite DN	Gewicht G [kg/Stk.]	Mindestzugkräfte des Hebeegerätes P ,					
		Neigungswinkel Kette $\alpha = 45^\circ$ bei Reibungsbeiwert			Neigungswinkel Kette $\alpha = 50^\circ$ bei Reibungsbeiwert		
		$\mu = 0.4$ [kN]	$\mu = 0.5$ [kN]	$\mu = 0.6$ [kN]	$\mu = 0.4$ [kN]	$\mu = 0.5$ [kN]	$\mu = 0.6$ [kN]
250	811	27	31	35	30	35	40
300	979	33	37	43	36	42	47
400	1287	43	49	56	47	55	62
500	1657	55	63	72	61	71	80
600	2063	69	78	90	76	88	100
700	2955	99	112	129	109	126	143
800	3753	125	142	164	138	160	181

Tabelle 19: Zugkräfte des Hebeegerätes in Abhängigkeit des Reibungsbeiwertes der Sohle und dem Neigungswinkel der Kette

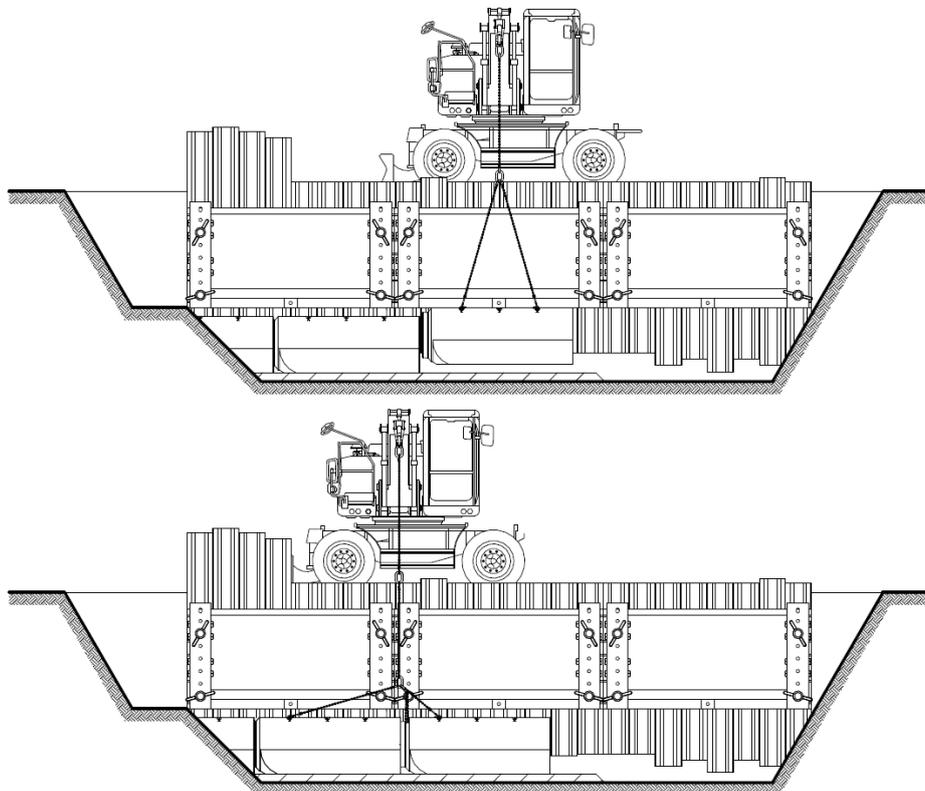


Bild 42: Zusammenzug mit asymmetrischen Kettengehänge

- Der Abstand zwischen den Stirnflächen der Rohre sollte nach dem Verlegen mindestens 5 mm betragen, um Zwängungen zu vermeiden.
- Bei grösseren Rohren kann der minimale Stirnflächenabstand mit vorgebereitetem Abstandshaltern gewährleistet werden.
- Wird ein planmässiges Verlegen in einem Bogen verlangt, können die Rohre nach einem zentrischen Zusammenschieben mit einem entsprechenden Wert abgewinkelt werden.

Nennweite DN	Stirnflächenabstand			Zulässige Abwinklung pro Rohrverbindung [°]	Zulässige Abwinklung pro Rohr	
	Minimal [mm]	Optimal [mm]	Maximal [mm]		Länge 1000 mm [mm]	Länge 2300 mm [mm]
250	5	10	15	0.9	15	34.5
300	5	10	15	0.6	10	23.0
400	5	10	15	0.6	10	23.0
500	5	10	15	0.6	10	23.0
600	5	10	15	0.6	10	23.0
700	5	10	20	0.3	5	11.5
800	5	10	20	0.3	5	11.5

Tabelle 20: Stirnflächenabstand und zulässige Abwinklung in Abhängigkeit der Nennweiten

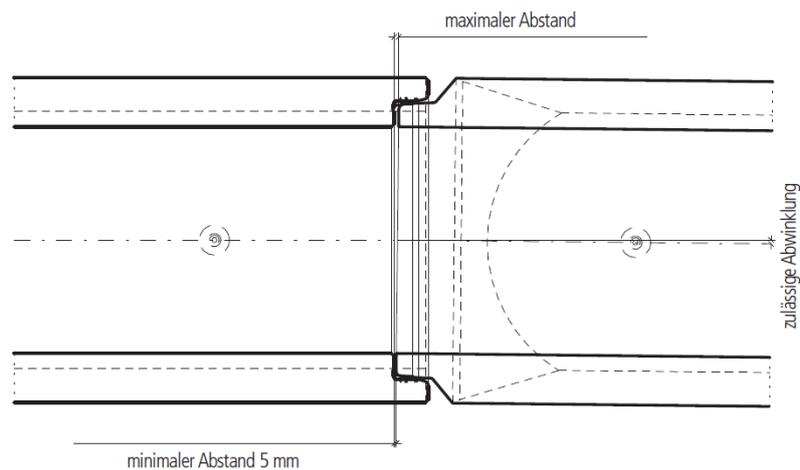


Bild 43: MAROWA® Hochleistungsrohre können in der Rohrverbindung abgewinkelt werden

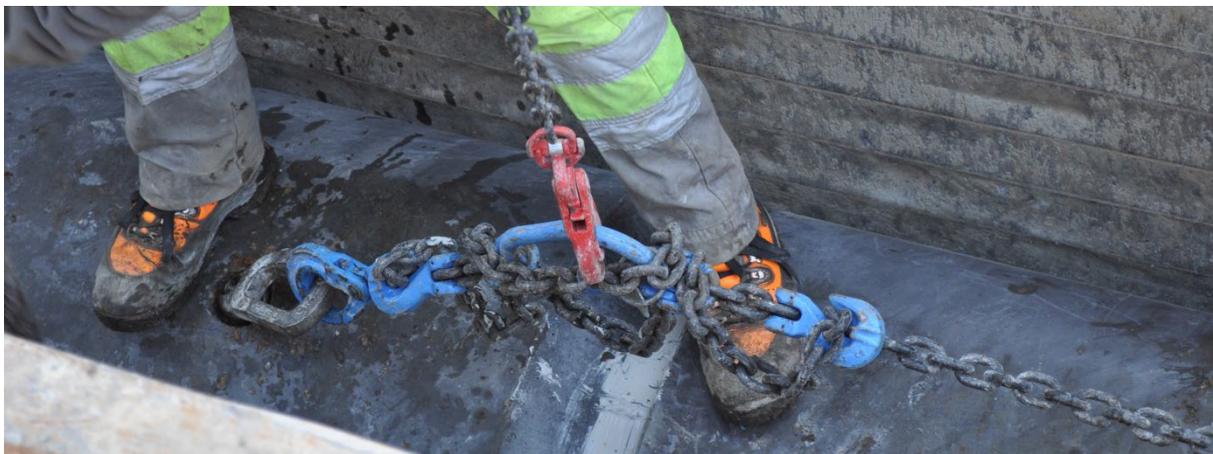


Bild 44: Zusammenschieben der Rohre mit Kettenzuggerät

8.5 Überprüfung der Lage

- Jedes Rohr ist nach Höhe und Seite einzumessen.
- Jede notwendige Höhenkorrektur muss durch Auffüllen und Abtragen der Bettung erfolgen, wobei ein gutes Unterstopfen erreicht werden muss.
- Es muss dabei sichergestellt werden, dass die Rohre über ihre gesamte Baulänge gleichmässig aufgelagert sind.
- Lagekorrekturen durch Drücken, Schieben oder Schlagen mit dem Baggerlöffel oder anderen schweren Baugeräten sind nicht zulässig.
- Nach der Versetzung der Rohre sind die Randbereiche unter dem Fuss nachträglich zu unterstopfen.



Bild 45: Nach dem Zusammenschieben der Rohre ist die Lage zu kontrollieren

8.6 Anschlüsse an Ortsbetonbauwerke

Anschlüsse an Ortsbetonbauwerke müssen je nach Setzungsverhalten des Baugrundes mit oder ohne Gelenkrohre angeschlossen werden. Generell soll das erste Gelenk möglichst nahe am Bauwerk bzw. am Schacht sein. Bei Bauwerken oder vor Ort betonierte Schächten werden entsprechende kurze Anschlussrohre, die einseitig eine runde Einbautiefe aufweisen, eingebaut. Um eine entsprechende Wasserdichtheit zwischen Anschlussrohr und Schachtwand zu erhalten, wird der Einbau eines quellfähigen Dichtungsprofils empfohlen.

- Um die Haltungslängen einhalten zu können, müssen werkseitig hergestellte Passrohre mit entsprechender Muffenausbildung bestellt und eingebaut werden. Falls erforderlich ist ein Gelenkrohr einzubauen, bei setzungsempfindlichem Baugrund kann das Passrohr als Gelenkrohr verwendet werden, wenn dieses bei Nennweiten DN 250 bis ≤ 600 maximal 1000 mm oder bei Nennweiten DN > 600 maximal 1500 mm lang ist. Als letztes Rohr vor dem Schachtbauwerk ist das Anschlussrohr zu versetzen.
- In der Regel werden die kurzen Rohre mit einer Stockwinde zusammengesoben.
- Danach kann einlaufseitig ein entsprechendes Anschlussrohr nach den Planvorgaben versetzt werden, Je nach Örtlichkeiten bzw. Setzungsverhalten ist ein Gelenkrohr oder direkt ein Standardrohr zu verlegen.
- Bei den Anschlussrohren ist bei einem Abstand von ca. 100 mm ein entsprechendes quellfähiges Dichtungsprofil nach den Vorgaben des Herstellers zu montieren, bei steilerem Anschlussgefälle sollte das Dichtungsband parallel zur Schachtwand montiert werden.
- Danach kann das Schachtunterteil nach den Planvorlagen erstellt werden.

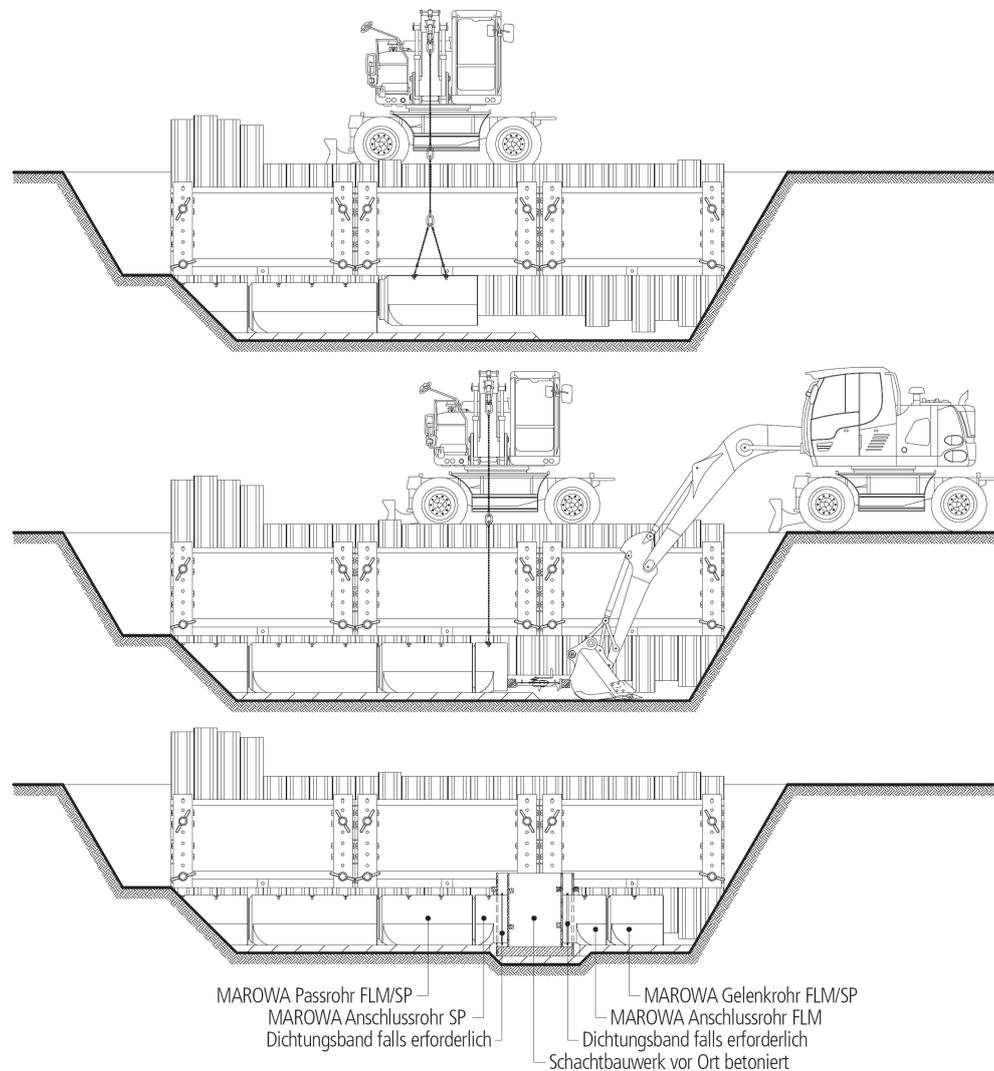


Bild 46: Möglicher Bauablauf bei Anschlüssen an Schachtbauwerke die vor Ort betonierte werden

8.7 Anschlüsse an vorfabrizierte CENTUB® Schachtunterteile

CENTUB® Schachtunterteile weisen in der Schachtwand eine elastomere Keilgleitdichtung auf, die als erstes Gelenk wirkt. Die Verwendung von Gelenkrohren ist auch bei der Verwendung von vorfabrizierten Schachtbauteilen von den bauseitigen Bedingungen abhängig, die unterschiedliche Setzungen zwischen Schachtunterteil und Rohrleitung beeinflussen können.

- Um die Haltungslängen einhalten zu können, müssen werkseitig hergestellte Passrohre mit beidseitigen Spitzendausbildungen bestellt und eingebaut werden.
- Falls erforderlich ist ein Gelenkrohr einzubauen, bei setzungsempfindlichem Baugrund kann das Passrohr als Gelenkrohr verwendet werden, wenn dieses bei Nennweiten DN 250 bis ≤ 600 maximal 1000 mm oder bei Nennweiten DN > 600 maximal 1500 mm lang ist.
- Das CENTUB® Schachtunterteil ist analog der Rohre auf einer festen verdichteten Unterlage zu versetzen.
- Die weiteren MAROWA® Hochleistungsbetonrohre können versetzt werden. Je nach örtlichen Gegebenheiten muss zusätzlich ein Gelenkrohr eingesetzt werden.

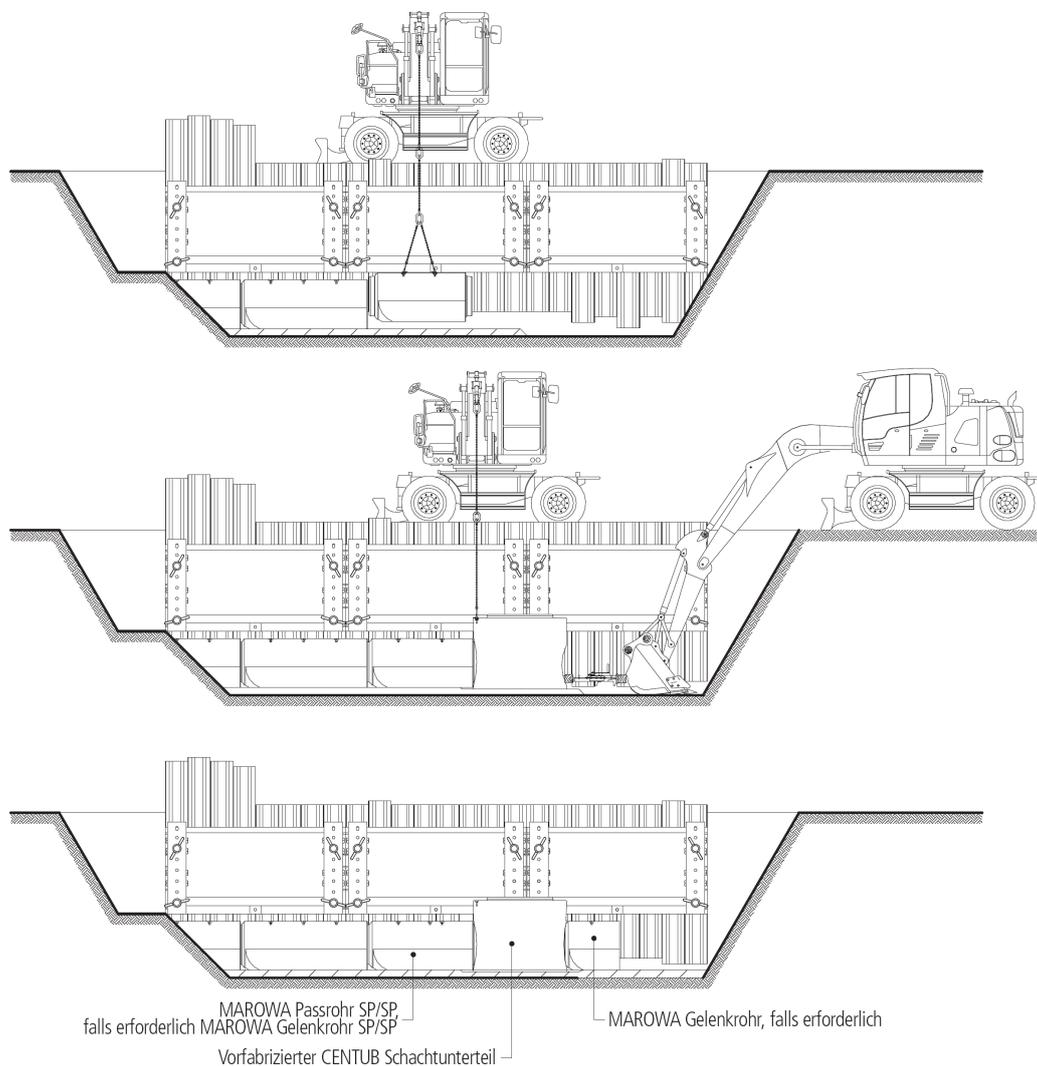


Bild 47: Möglicher Bauablauf mit Einbau von vorfabrizierten CENTUB® Schachtunterteilen

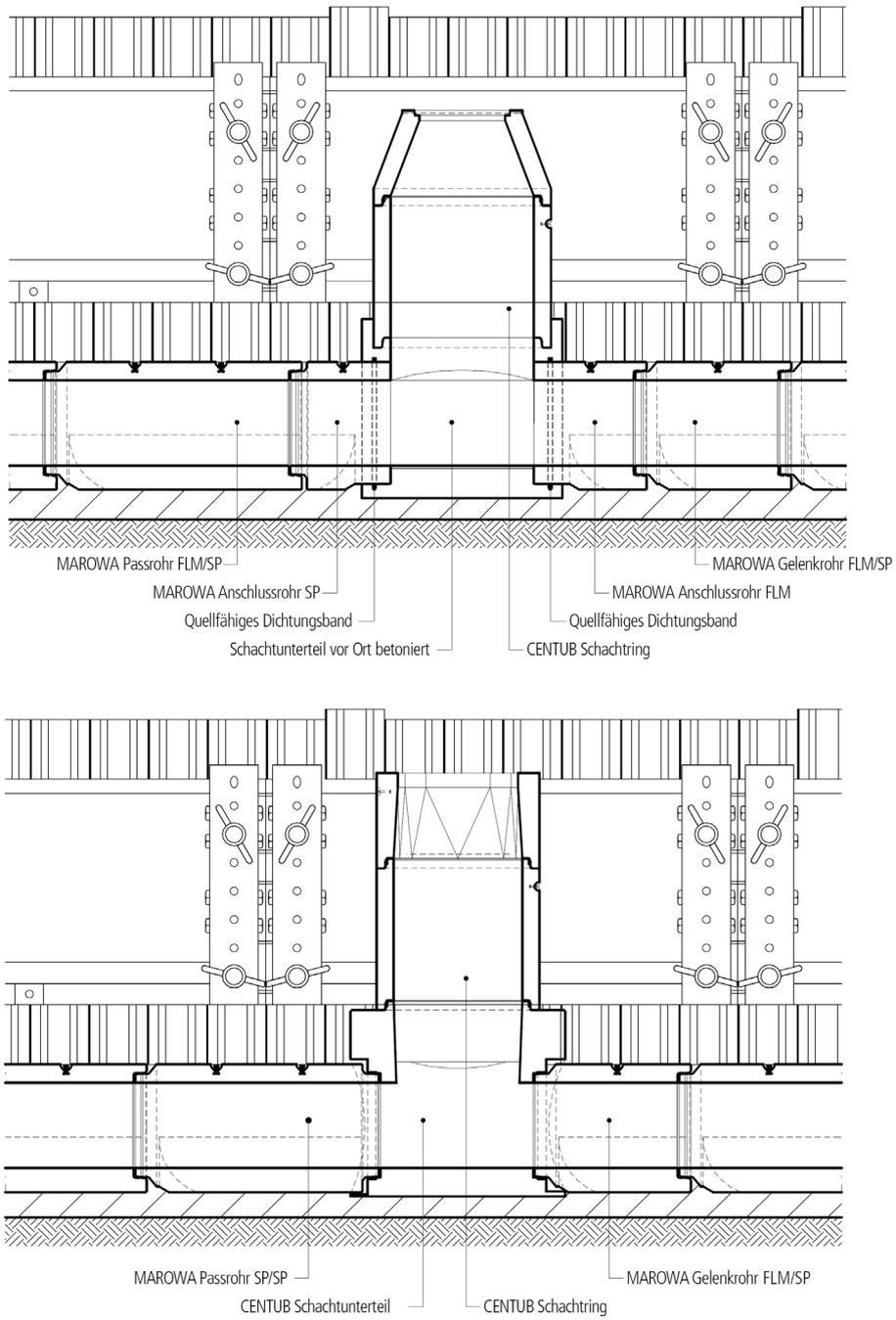


Bild 48: Mögliche Varianten eines Anschlusses an ein Bauwerk



Bild 49: Anschluss an ein vorfabriziertes CENTUB® Schachtunterteil

8.8 Herstellung von seitlichen Anschlüssen

Bauseitig herzustellende seitliche Anschlussöffnungen an MAROWA® Hochleistungsbetonrohre dürfen nur mit einem geeigneten Kernbohrgerät hergestellt werden.

- Die Herstellung von seitlichen Anschlüssen sollte möglichst vor der Verlegung des MAROWA® Hochleistungsrohres erfolgen. Dadurch besteht die Möglichkeit, die Kernbohrgeräte mit einem Spannset zu befestigen.
- Bei bereits verlegten Rohren sind die Kernbohrgeräte z.B. mittels einer Vakuum-Platte zu befestigen. Für diesen Zweck muss die Oberfläche der Rohre entsprechend gereinigt werden.
- Der Anschlusspunkt sollte bei MAROWA® Hochleistungsbetonrohren zwischen Kämpfer und Scheitel liegen.
- Bei einem Anschluss unter 90° darf der Nenndurchmesser des Zulaufs nicht grösser als 50 % des durchgehenden Rohrdurchmessers sein.
- Eine Bohrung darf nicht im Bereich der Flachmuffe oder Spitzende erfolgen und muss von den Rohrenden mindestens einen Abstand vom 2-fachen Bohrlochdurchmesser aufweisen. Der Bohrlochrandabstand zwischen zwei Zuläufen darf in keiner Richtung 1.00 m unterschreiten.
- Bei Rohren \leq DN 600 und einer Baulänge \geq 2 m sind Zuläufe im ersten oder letzten Drittel des durchgehenden Rohres anzuordnen.
- Die Montage der seitlichen Anschlüsse erfolgt nach deren technischen Produktblättern.

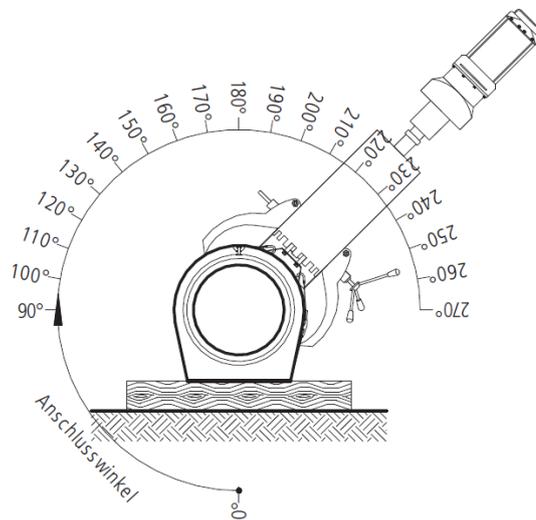


Bild 50: Bereich der zulässigen Bohrungen nach Norm SN EN 1610

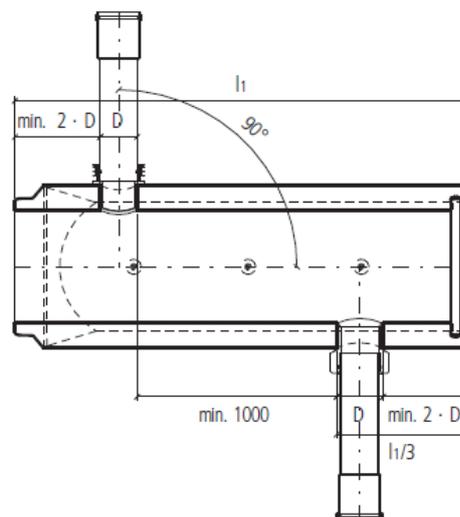


Bild 51: Bereich der zulässigen Bohrungen nach Norm SN EN 1610

8.9 Verfüllung der Leitungszone

Die Verfüllung im Bereich der Leitungszone besteht aus der Seitenverfüllung und der Abdeckung über den Rohren.

Eine nicht fachgerecht ausgeführte Seitenverfüllung ist eine der häufigsten Ursachen für Schäden an den Rohren. Eine mangelhafte Verdichtung des Verfüllmaterials vergrössert die Lastkonzentration auf die Rohre, verringert die seitliche Stützwirkung und führt zwangsläufig zu Setzungen.

- Für die Seitenverfüllung eignet sich Material mit abgestufter Körnung bis 50 mm, Sand, Korngemische und gebrochene Materialien. Es können auch Recycling-Baustoffe oder Aushubmaterialien verwendet werden, sofern diese:
 - Verdichtbar sind (ausser es ist in den Planunterlagen anders beschrieben).
 - Frei von allen rohrschädigenden Materialien, z.B. Überkorn, Müll, organisches Material, Tonklumpen > 75 mm, Schnee und Eis, sind.
- Um eine gute Verdichtung zu erreichen, sollte ein nicht bindiges oder schwach bindiges Material als Verfüllmaterial verwendet werden mit dem eine Proctordichte von $\geq 95\%$ bei nicht bindigem Material und $\geq 92\%$ bei schwach bindigem Material erreicht werden kann. Wird ein geringerer Verdichtungsgrad erreicht, muss dies in der statischen Bemessung berücksichtigt werden.
- Verdichtungsfähiges Material ist beidseitig der Rohrleitung gleichmässig in Lagen einzubringen und sorgfältig zu verdichten.
- Im Bereich der Leitungszone darf nur von Hand oder mit leichten Verdichtungsgeräten verdichtet werden.
- Schlagartiges Einfüllen grosser Erdmassen ist unzulässig.
- Schütthöhe, Material und das zum Einsatz kommende Verdichtungsgerät müssen aufeinander abgestimmt werden (siehe Tabelle 26).
- Genaue Werte sind durch eine Probeverdichtung festzustellen.
- Die in den Normen SIA 190 und SN EN 1610 (190.203) angegebenen Grabenbreiten sind Mindestwerte, die beim Einsatz von Verdichtungsgeräten für die Verdichtung der Seitenverfüllung eventuell in Abhängigkeit vom erforderlichen Gerät entsprechend vergrössert werden müssen.
- Die Verdichtung hat immer gegen den gewachsenen Boden zu erfolgen, ausser die Grabensicherung verhindert dies. In solchen Fällen muss der Grabenverbau nach dem Einbringen jedoch vor dem Verdichten des Verfüllmaterials abschnittsweise zurückgebaut werden.
- Die Dicke der Abdeckung c über der Rohrleitung soll in der Regel 300 mm, muss aber mindestens 150 mm über dem Rohrscheitel betragen. Die Verdichtung darf in diesem Bereich nur mit Handstampfern oder mit geeigneten leichten Verdichtungsgeräten ausgeführt werden.
- Besteht die Gefahr einer Wechselwirkung zwischen dem anstehenden Baugrund und dem Verfüllmaterial, müssen besondere Massnahmen, wie z.B. der Einbau eines Geotextils, angeordnet werden.
- Im Bereich von seitlichen Anschlüssen muss die Verdichtung so erfolgen, dass keine Scherwirkung auf das angeschlossene Rohr wirken kann.
- Bei engen Gräben, die keine ausreichende Verdichtung mit Erdmaterial in der Leitungszone zulassen, kann die Rohrleitung teilweise oder ganz mit fließfähigen, selbstverdichtenden, hydraulisch gebundenen Verfüllmaterialien eingebettet werden. Einen dauerhaften Formschluss, zwischen Rohrleitung und Verfüllmaterial, ist zu gewährleisten.
- Wird die seitliche Verfüllung mit einem hydraulisch gebundenen Material wie z.B. Beton C12/15 oder C16/20 ausgeführt, so dürfen keine Hohlräume zwischen Verfüllung und Grabenwand entstehen.
- Wird ein hydraulisch gebundenes Material als Seitenverfüllung eingebaut, darf die Beweglichkeit der Muffenverbindung nicht beeinträchtigt werden. Gegebenenfalls muss die Seitenverfüllung auf Höhe der Muffen mit dem Einbau einer z.B. Polystyrol-Platte getrennt werden.
- Werden mehrere Rohre im gleichen Grabenprofil eingebaut, so sollten die einzelnen Baufortschritte so gewählt werden, dass Zwängungen, infolge Kriechen oder Schwinden, auf die einzelnen Bauteile ausgeschlossen werden können.

Die nachstehenden Werte für Materialverdrängung und -bedarf sind als Richtwerte zu betrachten. Je nach Grabenverbau, effektiv gewählter Grabenart oder Anzahl Leitungen im Graben können die Werte erheblich ändern. Als Auflockerungsfaktoren wurden folgende Werte angenommen:

- Aushubmaterial Fest 1.00 Lose 1.25
- Bettungsmaterial Kies-Sand Fest 1.00 Lose 1.20
- Vorlagematerial Sand Fest 1.00 Lose 1.05
- Seitliche Verfüllung Fest 1.00 Lose 1.20

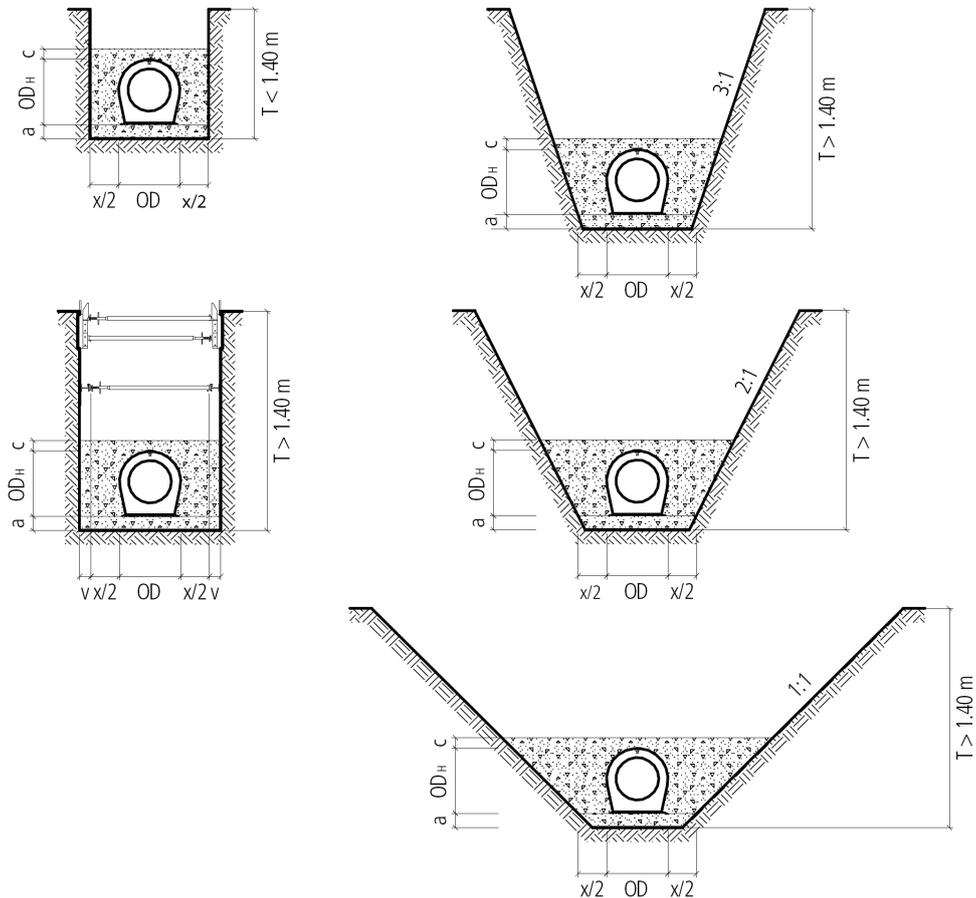


Bild 52: Norm-Grabenprofile

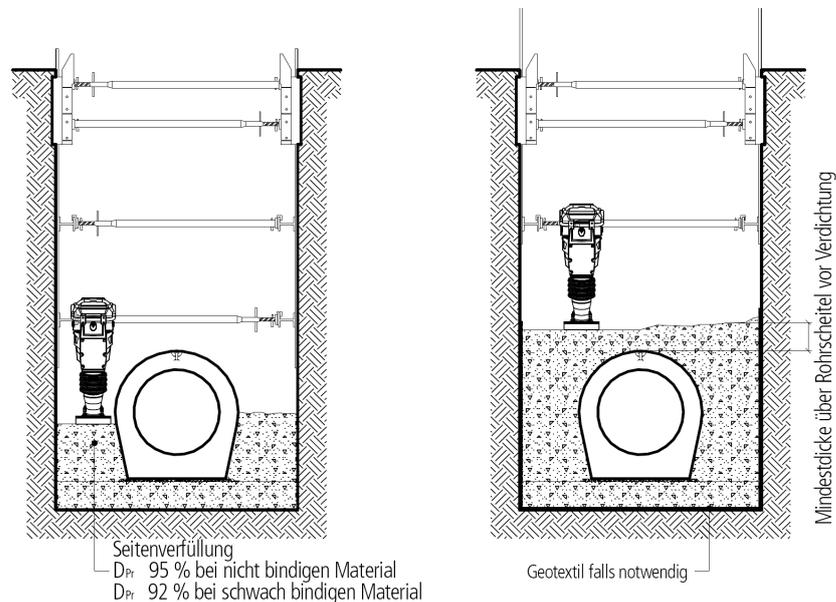


Bild 53: Erstellen der Leitungszone

Nennweite DN	Rohrabmessungen			Grabenmasse und Materialverdrängung					Bettung (Kies-Sand oder Beton)		Materialbedarf Vorlage (Frischmörtel oder Sand)		Seitliche Verfüllung (Kies-Sand, Recyclingmaterial oder Aushubmaterial)		
	Aussendurchmesser	Aussenhöhe	Querschnitt	Arbeitsraum	Bettung	Abdeckung	Verbaubreite	Verdrängung		V _B		V _V		V _S	
	OD [mm]	OD _H [mm]	A _R [m ²]	x/2 [mm]	a [mm]	c [mm]	v [mm]	fest [m ³ /m]	lose [m ³ /m]	fest [m ³ /m]	lose [m ³ /m]	fest [m ³ /m]	lose [m ³ /m]	fest [m ³ /m]	lose [m ³ /m]
250	470	490	0.20	250	125	150	-	0.80	1.00	0.12	0.14	0.03	0.03	0.45	0.54
300	530	550	0.25	250	130	150	-	0.92	1.15	0.14	0.17	0.03	0.03	0.50	0.60
400	640	660	0.36	400	140	150	-	1.44	1.80	0.20	0.24	0.03	0.03	0.85	1.02
500	750	780	0.50	400	150	150	-	1.76	2.20	0.23	0.28	0.04	0.04	0.99	1.19
600	860	900	0.66	400	160	150	-	2.10	2.63	0.27	0.32	0.04	0.04	1.13	1.36
700	1020	1060	0.92	400	170	150	-	2.61	3.26	0.31	0.37	0.05	0.05	1.33	1.60
800	1160	1200	1.18	450	180	150	-	3.25	4.06	0.37	0.44	0.05	0.05	1.65	1.98

Tabelle 21: Richtwerte für Materialverdrängung und -bedarf für U-Graben < 1.40 m für Bettungsprofil Typ 1

Nennweite DN	Rohrabmessungen			Grabenmasse und Materialverdrängung					Bettung (Kies-Sand oder Beton)		Materialbedarf Vorlage (Frischmörtel oder Sand)		Seitliche Verfüllung (Kies-Sand, Recyclingmaterial oder Aushubmaterial)		
	Aussendurchmesser	Aussenhöhe	Querschnitt	Arbeitsraum	Bettung	Abdeckung	Verbaubreite	Verdrängung		V _B		V _V		V _S	
	OD [mm]	OD _H [mm]	A _R [m ²]	x/2 [mm]	a [mm]	c [mm]	v [mm]	fest [m ³ /m]	lose [m ³ /m]	fest [m ³ /m]	lose [m ³ /m]	fest [m ³ /m]	lose [m ³ /m]	fest [m ³ /m]	lose [m ³ /m]
250	470	490	0.20	250	125	150	150	1.04	1.30	0.16	0.19	0.03	0.03	0.65	0.78
300	530	550	0.25	250	130	150	150	1.17	1.46	0.17	0.20	0.03	0.03	0.72	0.86
400	640	660	0.36	400	140	150	150	1.73	2.16	0.24	0.29	0.03	0.03	1.10	1.32
500	750	780	0.50	400	150	150	150	2.10	2.63	0.28	0.34	0.04	0.04	1.28	1.54
600	860	900	0.66	400	160	150	150	2.47	3.09	0.31	0.37	0.04	0.04	1.46	1.75
700	1020	1060	0.92	400	170	150	150	3.04	3.80	0.36	0.43	0.05	0.05	1.71	2.05
800	1160	1200	1.18	450	180	150	150	3.72	4.65	0.42	0.50	0.05	0.05	2.07	2.48

Tabelle 22: Richtwerte Materialverdrängung und -bedarf für U-Graben ≥ 1.40 m für Bettungsprofil Typ 1



Bild 54: Seitliche Verfüllung und deren Verdichtung von Recyclingmaterial sofort nach Einbau der Rohre

Nennweite	Rohrabmessungen			Grabenmasse und Materialverdrängung					Bettung (Kies-Sand oder Beton)		Materialbedarf Vorlage (Frischmörtel oder Sand)		Seitliche Verfüllung (Kies-Sand, Recyclingmaterial oder Aushubmaterial)		
	Aussendurchmesser	Aussenhöhe	Querschnitt	Arbeitsraum	Bettung	Abdeckung	Verbaubreite	Verdrängung		fest	lose	fest	lose	fest	lose
	DN	OD	OD _H	A _R	x/2	a	c	v	fest						
[mm]	[mm]	[mm]	[m ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[m ³ /m]	[m ³ /m]	[m ³ /m]	[m ³ /m]	[m ³ /m]	[m ³ /m]	[m ³ /m]	[m ³ /m]
250	470	490	0.20	250	125	150	-	0.96	1.20	0.12	0.14	0.03	0.03	0.61	0.73
300	530	550	0.25	250	130	150	-	1.09	1.36	0.13	0.16	0.03	0.03	0.68	0.82
400	640	660	0.36	400	140	150	-	1.68	2.10	0.20	0.24	0.03	0.03	1.09	1.31
500	750	780	0.50	400	150	150	-	2.08	2.60	0.23	0.28	0.04	0.04	1.31	1.57
600	860	900	0.66	400	160	150	-	2.49	3.11	0.26	0.31	0.04	0.04	1.53	1.84
700	1020	1060	0.92	400	170	150	-	3.13	3.91	0.30	0.36	0.05	0.05	1.86	2.23
800	1160	1200	1.18	450	180	150	-	3.89	4.86	0.36	0.43	0.05	0.05	2.30	2.76

Tabelle 23: Richtwerte Materialverdrängung und -bedarf für V-Graben 3:1 für Bettungsprofil Typ 1

Nennweite	Rohrabmessungen			Grabenmasse und Materialverdrängung					Bettung (Kies-Sand oder Beton)		Materialbedarf Vorlage (Frischmörtel oder Sand)		Seitliche Verfüllung (Kies-Sand, Recyclingmaterial oder Aushubmaterial)		
	Aussendurchmesser	Aussenhöhe	Querschnitt	Arbeitsraum	Bettung	Abdeckung	Verbaubreite	Verdrängung		fest	lose	fest	lose	fest	lose
	DN	OD	OD _H	A _R	x/2	a	c	v	fest						
[mm]	[mm]	[mm]	[m ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[m ³ /m]	[m ³ /m]	[m ³ /m]	[m ³ /m]	[m ³ /m]	[m ³ /m]	[m ³ /m]	[m ³ /m]
250	470	490	0.20	250	125	150	-	1.00	1.25	0.11	0.13	0.03	0.03	0.66	0.79
300	530	550	0.25	250	130	150	-	1.19	1.49	0.13	0.16	0.03	0.03	0.78	0.94
400	640	660	0.36	400	140	150	-	1.80	2.25	0.19	0.23	0.03	0.03	1.22	1.46
500	750	780	0.50	400	150	150	-	2.22	2.78	0.21	0.25	0.04	0.04	1.47	1.76
600	860	900	0.66	400	160	150	-	2.68	3.35	0.25	0.30	0.04	0.04	1.73	2.08
700	1020	1060	0.92	400	170	150	-	3.39	4.24	0.30	0.36	0.05	0.05	2.12	2.54
800	1160	1200	1.18	450	180	150	-	4.21	5.26	0.35	0.42	0.05	0.05	2.63	3.16

Tabelle 24: Richtwerte Materialverdrängung und -bedarf für V-Graben 2:1 für Bettungsprofil Typ 1

Nennweite	Rohrabmessungen			Grabenmasse und Materialverdrängung					Bettung (Kies-Sand oder Beton)		Materialbedarf Vorlage (Frischmörtel oder Sand)		Seitliche Verfüllung (Kies-Sand, Recyclingmaterial oder Aushubmaterial)		
	Aussendurchmesser	Aussenhöhe	Querschnitt	Arbeitsraum	Bettung	Abdeckung	Verbaubreite	Verdrängung		fest	lose	fest	lose	fest	lose
	DN	OD	OD _H	A _R	x/2	a	c	v	fest						
[mm]	[mm]	[mm]	[m ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[m ³ /m]	[m ³ /m]	[m ³ /m]	[m ³ /m]	[m ³ /m]	[m ³ /m]	[m ³ /m]	[m ³ /m]
250	470	490	0.20	250	125	150	-	1.26	1.58	0.11	0.13	0.03	0.03	0.92	1.10
300	530	550	0.25	250	130	150	-	1.45	1.81	0.11	0.13	0.03	0.03	1.06	1.27
400	640	660	0.36	400	140	150	-	2.16	2.70	0.18	0.22	0.03	0.03	1.59	1.91
500	750	780	0.50	400	150	150	-	2.70	3.38	0.21	0.25	0.04	0.04	1.95	2.34
600	860	900	0.66	400	160	150	-	3.28	4.10	0.24	0.29	0.04	0.04	2.34	2.81
700	1020	1060	0.92	400	170	150	-	4.17	5.21	0.28	0.34	0.05	0.05	2.92	3.50
800	1160	1200	1.18	450	180	150	-	5.18	6.48	0.34	0.41	0.05	0.05	3.61	4.33

Tabelle 25: Richtwerte Materialverdrängung und -bedarf für V-Graben 1:1 für Bettungsprofil Typ 1

Verdichtungsgerät	Grösse		Anzahl der Übergänge der Verdichtungsklassen		Maximale Schachtdicke nach Verdichtung für Bodengruppe			Mindestdicke über dem Rohrscheitel vor Verdichtung [cm]
	Betriebsgewicht [kg]	Statische Liniennlast [kN/m]	Gut	Mässig	Nicht bindige Böden [cm]	Schwach bindige Böden [cm]	Bindige Böden [cm]	
Fuss- bzw. Handstampfer	≥ 15) ¹		2-4	1	10	10	-	20
Rüttel- bzw. Vibrationsstampfer	≤ 30) ¹		2-4	1	-20	-20	-	20
	30-60) ¹⁾²		2-4	1	20-40	20-30	10-30) ³	20
	60-100) ¹⁾²		2-4	1	30-50	20-40	20-30) ³	30
Platten- bzw. Flächenrüttler	50-100) ¹		3-5	1	10	-	-	15
	100-200) ¹⁾²		3-5	1	10-15	10	-	15
	200-400		3-5	1	15-20	15	10) ³	20
	400-600		3-5	1	25-30	15	10) ³	30
	> 600		3-5	1	30-40	20	15) ³	50
Rüttelwalzen		15-30	4-6	2	25-35	20	-	60
		30-45	4-6	2	50-60	30	-	120
		45-65	4-6	2	75-100	40	-	180
		> 65	4-6	2	110-150	60	-	240
Doppelrüttelwalzen		5-10	4-6	2	10-15	10	-	20
		10-20	4-6	2	20-25	15	-	45
		20-30	4-6	2	30-35	20	-	60
		> 30	4-6	2	40-50	30	-	85

Tabelle 26: Richtwerte für Bodenverdichtung, Schütthöhen und Übergänge in Abhängigkeit des Verdichtungsgerätes

)¹ können als Verdichtungsgeräte innerhalb der Leitungszone verwendet werden

)² in der Regel geeignet; die Platzverhältnisse innerhalb der Leitungszone sollten überprüft werden

)³ sollte im Einzelfall abgeklärt werden



Bild 55: Lagenweises Einbringen der seitlichen Verfüllung nach der Verlegung, keine Wartezeiten infolge Aushärtungszeit

8.10 Prüfungen während des Rohreinbaus

8.10.1 Allgemeines

Zur Sicherstellung einer fach- und normgerechten Bauausführung sind während des Einbaues der Rohre und Formstücke laufend Sichtprüfungen an Bauteilen und Einbauhilfsmitteln sowie Prüfungen der Erdarbeiten durchzuführen. Dies kann im Rahmen der Eigen- und Fremdüberwachung bei der gütegesicherten Bauausführung erfolgen. Durchgeführte Prüfungen sind zu dokumentieren.

8.10.2 Sichtprüfungen

Die Sichtprüfungen an Bauteilen und Einbauhilfsmitteln umfassen u.a. die Kontrolle der Rohre und Formstücke auf Beschädigung, die Funktionskontrolle der verwendeten Einbaugeräte, die laufende Kontrolle und ggf. Justierung der Lasereinstellung, die Überprüfung von Richtung, Höhenlage und Gefälle der eingebauten Rohre und Formstücke und die Kontrolle der Ausführung der Rohrverbindungen und Anschlüsse sowie des ordnungsgemässen Verschlusses der Aussparungen für Transportanker.

Vor dem Einbringen der Seitenverfüllung muss die Rohrleitung nochmals auf ihre planmässige Lage geprüft werden.

8.10.3 Prüfung der Dichtheit

Eine Dichtheitsprüfung vor dem Einbringen der Seitenverfüllung, an der nicht überschütteten Rohrleitung ist zu empfehlen, ersetzt jedoch die Abnahmeprüfung nicht.

8.10.4 Prüfung der Erdarbeiten

Die Prüfung der Erdarbeiten umfasst unter anderem Probeverdichtungen zu Beginn der Baumassnahme und Verdichtungsprüfungen im Zuge des Baufortschritts.

Im Bereich der Leitungszone ist es zweckmässig, den Verdichtungsgrad während des Einbaus mit dem dynamischen Plattendruckversuch mit Hilfe des leichten Fallgewichtsgerätes zu überprüfen. Die geprüften Werte müssen mit den Planvorgaben übereinstimmen.

Bodenart	Raumgewicht γ_E [kN/m ³]	Innerer Reibungs- winkel φ [°]	Verformungsmodul bei Verdichtungsgrad			
			$D_{Pr} 85\%$ E_B [N/mm ²]	$D_{Pr} 90\%$ E_B [N/mm ²]	$D_{Pr} 92\%$ E_B [N/mm ²]	$D_{Pr} 95\%$ E_B [N/mm ²]
Nicht bindige Böden	20	35	2.0	6.0	9.0	16.0
Schwach bindige Böden	20	30	1.2	3.0	4.0	8.0
Bindige Böden	20	25	0.8	2.0	3.0	5.0

Tabelle 27: Werte für Verformungsmodul in Abhängigkeit der Bodenart und dem Verdichtungsgrad



Bild 56: Kontrolle der Verdichtungsarbeiten mit dynamischen Lastplattenversuch

9 Ausführung der Hauptverfüllung

Die Hauptverfüllung (oberhalb der Leitungszone) ist gemäss den Planungsanforderungen auszuführen.

- Zur Vermeidung von Setzungen muss die Hauptverfüllung lagenweise eingebaut werden, sodass eine ausreichende Verdichtung sichergestellt ist.
- Über den Rohren darf eine mechanische Verdichtung erst ab einer Schichtdicke von mindestens 300 mm erfolgen, geeignet sind dafür leichte Verdichtungsgeräte.
- Die erforderliche Mindestüberdeckung ergibt sich dabei aus der grössten Schütthöhe für das vorgesehene Verdichtungsgerät (siehe Tabelle 26) zuzüglich 150 mm.
- Mittlere und schwere Verdichtungsgeräte dürfen erst ab einer Überdeckungshöhe von mindestens 1000 mm (nach der Verdichtung gemessen) eingesetzt werden, die Werte der Tabelle 26 für die Minstdicke über dem Rohrscheitel sind zu berücksichtigen.
- Auch aus statischen Gründen soll dieser Bereich, jedoch nicht stärker als die Leitungszone, verdichtet werden.
- Schlagartiges Einfüllen grosser Erdmassen, der Einsatz von Fallgewichten zur Verdichtung sowie besondere Belastungen während des Bauzustandes, z.B. das Befahren der überschütteten Rohrleitung bei geringer Überdeckung mit schweren Baugeräten und Fahrzeugen sowie die Lagerung von Bodenaushub über der Leitung, sind nicht erlaubt, sofern hierfür kein statischer Nachweis vorliegt.

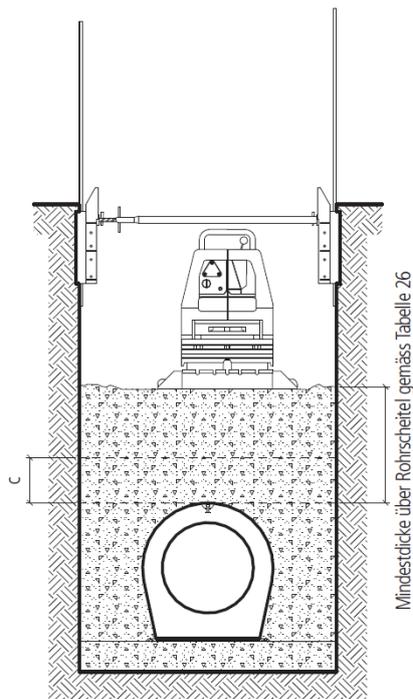


Bild 57: Bei schweren Verdichtungsgeräten ist die Minstdicke über dem Rohrscheitel einzuhalten

10 Rückbau des Verbaus

Ein Verbau darf nur entfernt werden, wenn er durch das Verfüllen oder andere Baumaßnahmen entbehrlich geworden ist.

- Beim Rückbau des Verbaus ist darauf zu achten, dass durch die Verdichtung des Verfüllbodens eine Verbindung mit dem gewachsenen Boden der Grabenwand entsteht.
- Schrittweises Ziehen und unmittelbar anschließendes Nachverdichten müssen sich abwechseln, bis der Verbau aus der Leitungszone vollständig entfernt ist.
- Das Verfüllen und Verdichten gegen einen dickwandigen Verbau, z.B. aus Verbauplatten, mit darauf folgendem Ziehen des Verbaus ohne wirksame Nachverdichtung, führt zu unkontrollierter Mehrbelastung und zur Beschädigung der Rohre (sie ist durch kein gesichertes Rechenmodell erfassbar).
- Ist ein Rückbau erst nach dem Verfüllen möglich, z.B. beim Einsatz von Kanaldielen und Spundwänden, ist das in der Rohrstatik zu berücksichtigen.
- In besonderen Fällen ist der Verbau im Boden zu belassen.



Bild 58: Schrittweiser Rückbau des Verbaus

11 Prüfen der Rohrleitungen nach dem Verfüllen

Nach Ausführung der Hauptverfüllung und Rückbau der Baugrubensicherung muss das Bauwerk auf Übereinstimmung mit den Planvorgaben und den vertraglichen Vereinbarungen sowie den Festlegungen der Normen SIA 190 und SN EN 1610 (SIA 190.203) vom Auftraggeber überprüft und abgenommen werden.

11.1 Sichtprüfung

Nach dem Verlegen ist die Leitung auf Richtung und Höhenlage, ordnungsgemässe Ausführung der Rohrverbindungen und Anschlüsse sowie auf Beschädigungen mit Hilfe der TV-Technik zu kontrollieren.

Abwasserleitungen und -kanäle mit Nennweiten $DN \leq 800$ gelten als nicht begehbar.

11.2 Prüfung der Verdichtung der Leitungszone und Hauptverfüllung

Wird in den Planunterlagen ein Verdichtungsgrad in der Leitungszone und im Bereich der Hauptverfüllung vorgegeben, ist dieser durch Prüfen der Verdichtung auf Übereinstimmung mit der der statischen Berechnung nachzuweisen.

In der Leitungszone ist es zweckmässig, den Verdichtungsgrad bereits während des Einbaues, z.B. mit dem dynamischen Plattendruckversuch mit Hilfe des leichten Fallgewichtsgertes, zu kontrollieren.

Nach Fertigstellen der Hauptverfüllung erfolgt die Ermittlung des Verdichtungsgrades entweder durch Rammsondierung oder unter Trasse von Strassen oder Bahnen mit Plattendruckversuchen.



Bild 59: Oberfläche eines MAROWA® Hochleistungsbetonrohres

11.3 Prüfung der Dichtigkeit der Rohrleitung

Gemäss Norm SN EN 1610 (SIA 190.203) und SIA 190 sind Abwasserleitungen und -kanäle nach Verfüllen des Rohrgrabens und Entfernen des Verbaus mit Wasser oder Luft auf Dichtigkeit zu prüfen.

Das Prüfverfahren kann vom Auftraggeber gewählt werden.

11.3.1 Haltungsprüfungen mit Luft

Sämtliche MAROWA® Hochleistungsbetonrohre eignen sich für die Durchführung einer Dichtheitsprüfung mit Luft.

- Für die Durchführung sind geeignete Absperrerelemente zu verwenden, die eine sichere Abdichtung gegen die Rohrwand gewährleisten. Eine Nullmessung für die Überprüfung der Funktionstüchtigkeit ist zu empfehlen.
- Empfehlenswert sind Geräte, die durch eine Doppeldichtung selbst auf ihre Abdichtwirkung geprüft werden können oder Abdichtblasen, über die zusätzliche Dichtungsmanschetten gezogen werden können.
- Unmittelbar vor der Durchführung der Prüfung sollte im Prüfabschnitt eine Hochdruckspülung durchgeführt werden.
- Eine Wassersättigung der Rohrwandoberfläche, vor der Durchführung der Prüfung, bevorteilt die Abdichtung zwischen Rohrwand und Dichtelement.
- Nach Abdichten der Prüfstrecke ist ein Anfangsdruck einzustellen, der ~ 10 % über dem gewählten Prüfdruck liegen soll. Anschliessend ist eine Beruhigungszeit von mindestens $t_B = 0.01 \cdot DN$ [Minuten] einzuhalten um die Temperatur zu stabilisieren.
- Der Prüfdruck $P = 0.20$ bar wird eingestellt und der Druckabfall wird über die Prüfzeit (gemäss Tabelle) gemessen und mit dem zulässigen Druckabfall $\Delta p = 0.015$ bar verglichen.
- Die Prüfzeit errechnet sich mit folgender Formel:

$$t_p = \frac{F \cdot V_L}{A_L}$$

t_p Prüfzeit

F Faktor für Prüfungen innerhalb oder ausserhalb der Grundwasserschutzonen (64 innerhalb, 128 ausserhalb)

V_L Volumen zwischen den Absperrerelementen

A_L Rohrwandinnenoberfläche zwischen den Absperrerelementen

Nennweite	Volumen V_L [m³/m]	Innenfläche A_L [m²/m]	Prüfdruck P [bar]	Zulässiger Druckabfall Δp [bar]	Beruhigungszeit t_B [Min.]	Prüfzeit, Leitung bei Grundwasserschutzonen	
						ausserhalb t_p [Min.]	innerhalb t_p [Min.]
250	0.041	0.785	0.20	0.015	2'30"	4'00"	8'00"
300	0.071	0.942	0.20	0.015	3'00"	4'48"	9'36"
400	0.126	1.257	0.20	0.015	4'00"	6'24"	12'48"
500	0.196	1.571	0.20	0.015	5'00"	8'00"	16'00"
600	0.283	1.885	0.20	0.015	6'00"	9'36"	19'12"
700	0.385	2.199	0.20	0.015	7'00"	11'12"	22'24"
800	0.503	2.513	0.20	0.015	8'00"	12'48"	25'36"

Tabelle 28: Werte für die Prüfzeiten mit Luft in Abhängigkeit der Nennweite

11.3.2 Muffenprüfung mit Luft

Prüfungen von einzelnen Muffen mit Luftüberdruck werden häufig bei Dichtheitsprüfungen eingesetzt, wenn bei nichtbegehbaren Abwasserleitungen und -kanälen viele seitliche Anschlüsse eingebaut wurden. Diese Prüfmethode ist mit dem Auftraggeber zu bewilligen. Ebenfalls werden solche Prüfungen eingesetzt, wenn der Kanal bzw. die Leitung bereits in Betrieb genommen wurde. Die Absperr Elemente sind entsprechend zu wählen.

- Die Rohrleitungen sind unmittelbar vor der Durchführung der Prüfungen zu reinigen. Je nach Absperr Element müssen die Abflüsse während der Prüfung zurückgehalten werden.
- Für die Durchführung sind geeignete Absperr Elemente zu verwenden, die eine sichere Abdichtung gegen die Rohrwand gewährleisten. Die Prüfgeräte sind vor den Prüfungen auf Funktionsfähigkeit zu kontrollieren.
- Eine Wassersättigung der Rohrwandoberfläche, vor der Durchführung der Prüfung, beugt der Abdichtung zwischen Rohrwand und Dichtelement.
- Das Prüfgerät ist zu positionieren und der Prüfraum ist abzudichten.
- Beruhigungszeit, zulässiger Druckabfall und Prüfzeit sind aus der Tabelle 28 zu entnehmen.

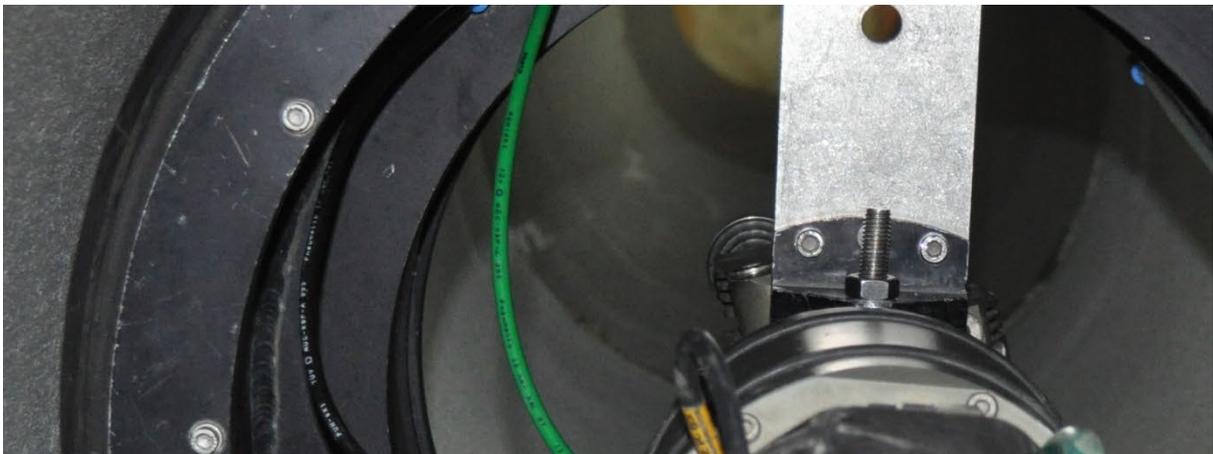


Bild 60: Eingebauter Muffenpacker

11.3.3 Haltungsprüfungen mit Wasser

Haltungsprüfungen mit Wasser stellen die Dichtheitsprüfung als Referenzmethode dar. Werden die Prüfungen in Zweifel gestellt, so sind immer Prüfungen mit Wasser anzuordnen.

Für die Kontrolle der Haltung mit Wasser ist ein Prüfdruck von maximal 0.5 bar und minimal 0.1 bar aufzubauen. Höhere Prüfdrücke können angeordnet werden, wenn solche Wasserdrücke zu erwarten sind. MAROWA® Hochleistungsbetonrohre werden werkseitig bis zu einem Wasserdruck von 1.0 bar überprüft. Die erhöhten Wasserdrücke müssen statisch überprüft werden.

- Unmittelbar vor der Durchführung der Prüfung sollte im Prüfabschnitt eine Hochdruckspülung durchgeführt werden.
- Eine Wassersättigung der Rohrwandoberfläche, vor der Durchführung der Prüfung, bevorteilt die Abdichtung zwischen Rohrwand und Dichtelement.
- Sämtliche Öffnungen des zu prüfenden Leitungsabschnittes sind wasser- und druckdicht abzusperren.
- Verschlussdeckel, Absperrblasen, Leitungsenden oder vorfabrizierte Schachtunterteile sind gegen die während der Prüfung auftretenden Längskräfte zu sichern.
- Das Befüllen der Prüfstrecke erfolgt vom Tiefpunkt aus über einen Ausgleichsbehälter. Ein direkter Anschluss über Druckleitungen ist nicht zulässig.
- Die Entlüftung erfolgt am Hochpunkt.
- Die Prüfstrecke ist mindestens eine Stunde drucklos mit Wasser als Vorbereitung zu füllen.
- Anschliessend wird der Prüfdruck aufgebaut, dieser ist während der Prüfzeit durch Auffüllen mit Wasser konstant zu halten.
- Nach der Prüfzeit ist die gesamte zugefügte Wassermenge zu messen.
- Die Prüfanforderungen sind
 - ausserhalb Grundwasserschutzzonen A_u, Z_u und üB 0.10 l/m² in 30 Minuten
 - innerhalb Grundwasserschutzzonen S₂ und S₃ 0.05 l/m² in 60 Minuten
- Muss vom Prüfdruck von 0.50 bar abgewichen werden, sind die zulässigen Wasserzugabemengen um den Faktor *K* zu korrigieren.

$$K = \sqrt{\frac{P_E}{0.5}}$$

P_E Effektiver Prüfdruck

K Korrekturfaktor

Prüfdruck [bar]	Horizontalkraft bei Nennweite DN						
	250 [kN]	300 [kN]	400 [kN]	500 [kN]	600 [kN]	700 [kN]	800 [kN]
0.5	2.5	3.5	6.3	9.8	14.1	19.2	25.1
1.0	4.9	7.1	12.6	19.6	28.3	38.5	50.2

Tabelle 29: Horizontale Abstützkkräfte bei einem Prüfdruck von 0.5 bar in Abhängigkeit der Nennweite

Nennweite DN	Innenfläche A_L [m ² /m]	Maximale Wasserzugabe für Gewässerschutzzonen A _w , Z _w und üB in 30 Minuten bei Leitungslängen von													
		1 $V_{Z,1}$ [l]	2 $V_{Z,2}$ [l]	3 $V_{Z,3}$ [l]	4 $V_{Z,4}$ [l]	5 $V_{Z,5}$ [l]	6 $V_{Z,6}$ [l]	7 $V_{Z,7}$ [l]	8 $V_{Z,8}$ [l]	9 $V_{Z,9}$ [l]	10 $V_{Z,10}$ [l]	20 $V_{Z,20}$ [l]	30 $V_{Z,30}$ [l]	40 $V_{Z,40}$ [l]	50 $V_{Z,50}$ [l]
250	0.785	0.079	0.157	0.236	0.314	0.393	0.471	0.550	0.628	0.707	0.785	1.570	2.355	3.140	3.925
300	0.942	0.094	0.188	0.283	0.377	0.471	0.565	0.659	0.754	0.848	0.942	1.884	2.826	3.768	4.710
400	1.257	0.126	0.251	0.377	0.503	0.629	0.754	0.880	1.006	1.131	1.257	2.514	3.771	5.028	6.285
500	1.571	0.157	0.314	0.471	0.628	0.786	0.943	1.100	1.257	1.414	1.571	3.142	4.713	6.284	7.855
600	1.885	0.189	0.377	0.566	0.754	0.943	1.131	1.320	1.508	1.697	1.885	3.770	5.655	7.540	9.425
700	2.199	0.220	0.440	0.660	0.880	1.100	1.319	1.539	1.759	1.979	2.199	4.398	6.597	8.796	10.995
800	2.513	0.251	0.503	0.754	1.005	1.257	1.508	1.759	2.010	2.262	2.513	5.026	7.539	10.052	12.565

Tabelle 30: Maximale Wasserzugabe für Gewässerschutzzonen A_w, Z_w und üB in 30 Minuten bei einem Prüfdruck von 0.5 bar

Nennweite DN	Innenfläche A_L [m ² /m]	Maximale Wasserzugabe für Gewässerschutzzonen S ₂ und S ₃ in 60 Minuten bei Leitungslängen von													
		1 $V_{Z,1}$ [l]	2 $V_{Z,2}$ [l]	3 $V_{Z,3}$ [l]	4 $V_{Z,4}$ [l]	5 $V_{Z,5}$ [l]	6 $V_{Z,6}$ [l]	7 $V_{Z,7}$ [l]	8 $V_{Z,8}$ [l]	9 $V_{Z,9}$ [l]	10 $V_{Z,10}$ [l]	20 $V_{Z,20}$ [l]	30 $V_{Z,30}$ [l]	40 $V_{Z,40}$ [l]	50 $V_{Z,50}$ [l]
250	0.785	0.039	0.079	0.118	0.157	0.196	0.236	0.275	0.314	0.353	0.393	0.785	1.178	1.570	1.963
300	0.942	0.047	0.094	0.141	0.188	0.236	0.283	0.330	0.377	0.424	0.471	0.942	1.413	1.884	2.355
400	1.257	0.063	0.126	0.189	0.251	0.314	0.377	0.440	0.503	0.566	0.629	1.257	1.886	2.514	3.143
500	1.571	0.079	0.157	0.236	0.314	0.393	0.471	0.550	0.628	0.707	0.786	1.571	2.357	3.142	3.928
600	1.885	0.094	0.189	0.283	0.377	0.471	0.566	0.660	0.754	0.848	0.943	1.885	2.828	3.770	4.713
700	2.199	0.110	0.220	0.330	0.440	0.550	0.660	0.770	0.880	0.990	1.100	2.199	3.299	4.398	5.498
800	2.513	0.126	0.251	0.377	0.503	0.628	0.754	0.880	1.005	1.131	1.257	2.513	3.770	5.026	6.283

Tabelle 31: Maximale Wasserzugabe für Gewässerschutzzonen S₂ und S₃ in 60 Minuten bei einem Prüfdruck von 0.5 bar



Bild 61: Eingebauter Absperrendeckel während einer Dichtheitsprüfung



Vernetzt, kompetent – die Verkaufsgesellschaften der MÜLLER-STEINAG Gruppe: CREABETON BAUSTOFF AG, MÜLLER-STEINAG BAUSTOFF AG und MÜLLER-STEINAG ELEMENT AG

CREABETON BAUSTOFF AG

CREABETON bietet Ihnen ein einzigartiges Vollsortiment an Betonwaren mit bedürfnisorientierten Gesamtlösungen und qualitativ hochstehenden Schweizer Produkten für den Hoch-, Tief- und Strassenbau sowie den Gartenbau und die Umgebungsgestaltung.

Das vielfältige Angebot der CREABETON BAUSTOFF AG für Abwasserleitungen und -kanäle sowie für die Regenwasser- und Abwasserbehandlung wie auch für den Werkleitungsbau können Sie anhand von Ausbildungen wie auch Besichtigungen kennen lernen. Gerne beraten wir Sie bei Ihrem Vorhaben.

Detaillierte Auskünfte erhalten Sie auch im Kundenservicecenter oder direkt bei unseren technischen Mitarbeitern. Wir freuen uns auf Ihren Besuch oder Anruf.

Aktive Ausbildung für nachhaltige Abwasserleitungen und -kanäle im Kanaltrainingszentrum



CREABETON BAUSTOFF AG

Gartenbau-Ausstellung

- 4658 Däniken, Schachenstrasse 32
- 5201 Brugg, Aarauerstrasse 75
(Mo – Fr 7 – 18.30, Sa – So, 8 – 17 Uhr)
- 6144 Zell, Industriestrasse Briseck 12
- 6221 Rickenbach, Bohler 5
- 6362 Stansstad, Rotzloch 10
- 7203 Trimmis, Rheinstrasse 2
- 8532 Weiningen, Hauptstrasse 14
(Mo – So 6 – 21 Uhr)
- 8716 Schmerikon, Allmeindstrasse 22
- 9230 Flawil, Burgau 1652
(Sommer 7 – 20, Winter 8 – 16 Uhr)

Stützpunkt / Lager

- 5620 Bremgarten, Wohlerstrasse 41
- 8576 Mauren, Weinfelderstrasse 8

19-00-035 PDF www 11.19



CREABETON BAUSTOFF AG
Bohler · Postfach
6221 Rickenbach LU

Telefon 0848 400 401
info@creabeton-baustoff.ch
www.creabeton-baustoff.ch