

FWB
FACH WISSEN BAU

Rolf Steiner und Tobias Frick

Bau Praxis

Der Tief- und Strassenbau

AUSGABE SCHWEIZ | BAND 1

Inhalt

Impressum

Copyright	© 2021 by FachWissenBau GmbH
Auflage	Nr. 2
Verlag/Redaktion	FachWissenBau GmbH, fachwissenbau.ch
ISBN-Nr.	978-3-9525139-2-7
Urheberrecht	Alle Rechte an Text, Bild, Grafiken und Illustrationen liegen beim Verlag und sind urheberrechtlich geschützt. Eine allfällige Verwertung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf einer vorherigen Einwilligung durch den Verlag.
Konzept, Text	Rolf Steiner, Tobias Frick
Fotos, Bildbearbeitung	Hansjörg Egger, Michael Keller
Layout, Grafiken	Tereza Stäheli
Illustrationen	Marc Furrer
Recherche, Text	Felix Jenny, Désirée Stocker, Emanuel Zweifel, Carole Bühler
Projektmitarbeiterin	Melina Staub
Lektorat	Brigitte Röthenmund
Korrektorat	Cristina Giudicetti
Druck	aprinta druck GmbH, Wemding
Haftung	FachWissenBau GmbH haftet nicht für Schäden, die durch die Anwendung des vorliegenden Werks entstehen könnten.

Im vorliegenden Fachbuch wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschliesslich die männliche Form verwendet. Sie bezieht sich auf Personen beiderlei Geschlechts und impliziert keine Benachteiligung des weiblichen Geschlechts, sondern soll im Sinne der sprachlichen Vereinfachung als geschlechtsneutral zu verstehen sein.

Band 1

Die Autoren	4
Vorwort	6

1 Bauwesen Schweiz	8
1.1 Schweizer Bauwirtschaft	10
1.2 Schweizer Bauunternehmungen	14
1.3 Tief- und Strassenbauunternehmungen	20
1.4 Rechtliche Grundlagen und Normen	24
1.5 Landesmantelvertrag LMV	28

2 Auftragsbeschaffung	34
2.1 Beschaffungswesen	36
2.2 Normpositionen-Katalog NPK	48
2.3 Angebot des Unternehmers	54
2.4 Angebotsbearbeitung	58

3 Arbeitsvorbereitung	66
3.1 Bedeutung der Arbeitsvorbereitung	68
3.2 Kaufmännische Arbeitsvorbereitung	72
3.3 Technische Arbeitsvorbereitung	78

4 Bauprogramm	84
4.1 Bauablauf und Terminplanung	86
4.2 Beschleunigungsmassnahmen	92

5 Organisationsstrukturen und Berufe des Bauhauptgewerbes	98
5.1 Organisationsstrukturen	100
5.2 Berufe im Bauhauptgewerbe	108

6 Baustelleneinrichtung	120
6.1 Bedeutung der Baustelleneinrichtung	122
6.2 Flächen für Lager und Baustelleneinrichtung	126
6.3 Einrichtungen für die Baustelle	130
6.4 Baustellensignalisation und Provisorien	138

7 Inventar und Gerätschaften	146
7.1 Mensch und Maschine	148
7.2 Hauptinventar für Tiefbau	150
7.3 Hauptinventar für Strassenbau	164
7.4 Spezialinventar	176
7.5 Inventarbeschaffung	184

8 Logistik und Transportmittel	192
8.1 Logistik	194
8.2 Transportmittel	196
8.3 Mulden	200

9 Ausführung Tiefbau	204
9.1 Grabenbau und Grabenverbauten	206
9.2 Wasserhaltung	234
9.3 Werkleitungen	246
9.4 Kanalisation	270
9.5 Grabenlose Bauverfahren	318
9.6 Flüssigboden	332
9.7 Stützsysteme im Strassenbau	346

Bautechnische Tabellen	356
Schlusswort	358
Sponsoren	360
Quellenverzeichnis	364

Band 2

Die Autoren	4
Vorwort	6

10 Ausführung Strassenbau	8
10.1 Strassenoberbau	10
10.2 Foundationen	16
10.3 Asphaltbeläge	36
10.4 Betonfahrbahnen	76
10.5 Modulsysteme aus Beton-Fertigelementen	104
10.6 Abschlüsse	116
10.7 Pflästerungen	128
10.8 Oberflächenbehandlung und Rissanierung	138
10.9 Markierungen	152

11 Baumaterialien	160
11.1 Materialien für Asphaltbeläge	162
11.2 Materialien für Naturstrassen	176
11.3 Materialien für Abschlüsse und Pflästerungen	186
11.4 Geokunststoffe	194
11.5 Materialien für Werkleitungs- und Kanalisationsbau	200
11.6 Materialien für Schächte	222
11.7 Materialien für Schachtabdeckungen	230
11.8 Materialien für Entwässerungsrinnen	234
11.9 Spezialelemente im Strassenbau	242
11.10 Aushub- und Abbruchmaterialien	248
11.11 Baustoffkreislauf	254

12 Vermessung und Absteckung	264
12.1 Vermessungsgeräte	266
12.2 Vermessungs- und Absteckarbeiten	268

13 Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz	272
13.1 Arbeitssicherheit	274
13.2 Gesundheitsschutz	280

Bautechnische Tabellen	284
Schlusswort	286
Sponsoren	288
Quellenverzeichnis	292

Offene Wasserhaltung

Die offene Wasserhaltung umschreibt das Abpumpen oder Ableiten von Baugrubenwasser in offene Gräben oder Gruben. Es handelt sich um eine sichtbare Massnahme. Abhängig von der Bodenbeschaffenheit fliesst das anfallende Wasser über Sickerleitungen oder Geröllpackungen zu einem Tiefpunkt und wird dort wenn möglich direkt abgeleitet oder über einen Pumpensumpf abgeführt. Das Abpumpen geschieht durch elektrisch betriebene spezielle Schmutzwasser-Tauchpumpen mit den zugehörigen Schläuchen und Rohrleitungen. Diese Methode ist verhältnismässig günstig und kann durch den Hauptunternehmer selbst der Situation angepasst sehr flexibel eingerichtet und bei Bedarf umgesetzt werden.

Einsatzgebiete

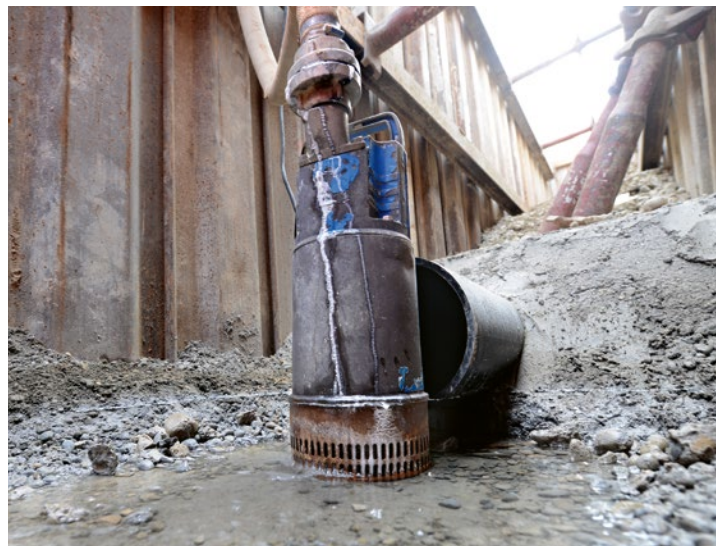
Die offene Wasserhaltung wird vor allem bei kiesigen Böden eingesetzt, wo die Baugrubensohle höher als der Grundwasserspiegel liegt und nur wenig zufließendes Wasser abgepumpt werden muss. In Ausnahmefällen kann der Grundwasserspiegel auch über der Baugrubensohle liegen. Bedingung dafür ist aber, dass das anstehende Bodenmaterial nicht durch die Schleppkraft des Wassers ausgespült wird. Deshalb ist diese Massnahme für siltige und sandige Böden eher ungeeignet. Bei der offenen Wasserhaltung gilt grundsätzlich: Die Stabilität der Baugrube darf durch die Sickerströmung nicht gefährdet werden.

Erstellung

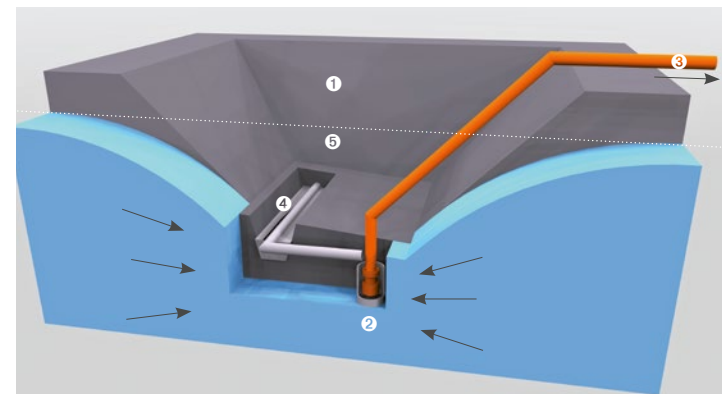
In der Regel sind folgende Arbeitsschritte bis zur Inbetriebnahme einer offenen Wasserhaltung erforderlich:

- Erstellen eines Pumpensumpfs (Aushub am Tiefpunkt und Versetzen eines Brunnenrings)
- Erstellen eines Sickergrabens oder einer Sickerleitung
- Einrichtung und Inbetriebnahme der Tauchpumpe
- korrekte Ableitung und allenfalls Behandlung des Baugrubenwassers gemäss den Vorgaben in Norm SIA 431 (meist ist das Wasser durch Schlamm und Feinanteile belastet)

Pumpe für die offene Wasserhaltung



Funktionsweise der offenen Wasserhaltung



- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1 Baugrube | 4 Sickerleitung oder Sickergraben |
| 2 Pumpensumpf | 5 Grundwasserspiegel |
| 3 Ableitung zur Behandlungsanlage des Baugrubenwassers | |

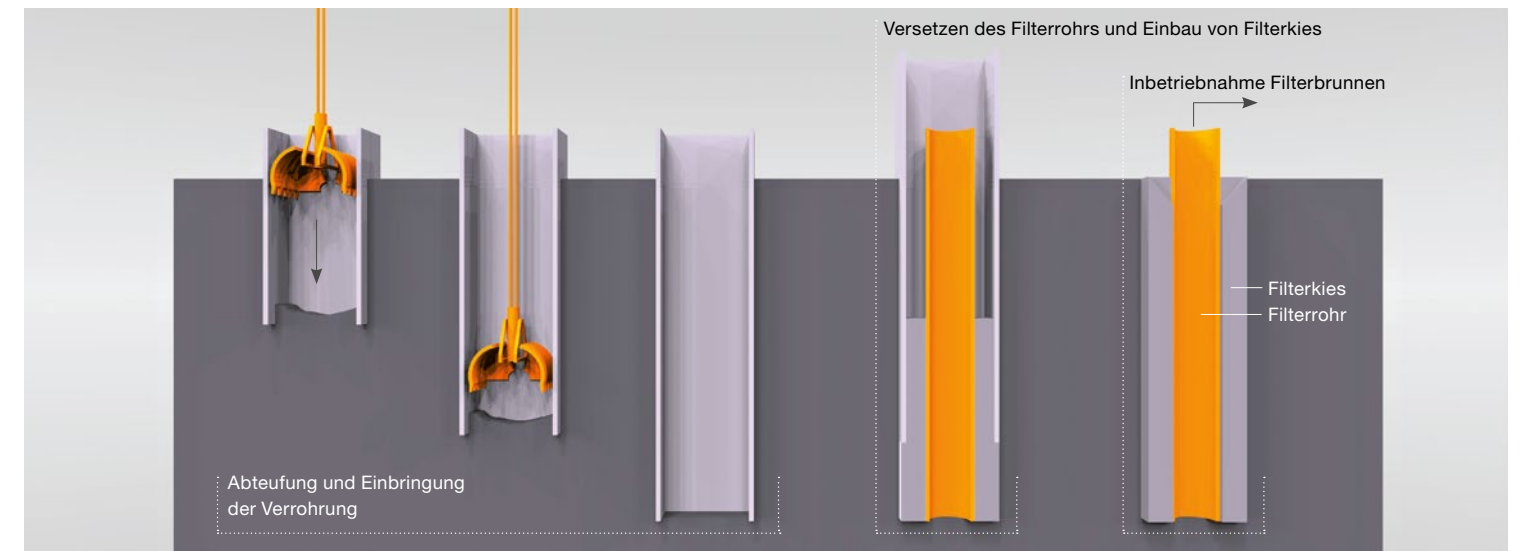
Tauchpumpe

Bei der offenen Wasserhaltung werden vorwiegend Tauchpumpen eingesetzt. Dieser Pumpentyp bringt durch ein Laufrad das Wasser in eine rotierende Bewegung. Durch den Anschlussstutzen entweicht das Wasser infolge der auftretenden Zentripetalkraft, die durch diese Rotation verursacht wird. Die Vielfalt der Tauchpumpen ist riesig. Die richtige Wahl von Pumpengrösse und -art auf der Baustelle ist von folgenden Faktoren abhängig: zu fördernde Wassermenge, Förderhöhe und -distanz, Durchmesser der Ableitung und Verschmutzungsgrad des Wassers. In der folgenden Tabelle sind exemplarisch einige Pumpentypen und ihre Kenngrössen aufgeführt.

Max. Pumpleistung	Max. Förderhöhe	Durchmesser Pumpe	Spannung
9 m ³ /h	8,0 m	154 mm	230 V
30 m ³ /h	15,0 m	254 mm	230 V
36 m ³ /h	26,0 m	395 mm	400 V
187 m ³ /h	28,0 m	500 mm	400 V
1188 m ³ /h	58,0 m	951 mm	400 V

Was ist beim Einsatz von Pumpen zu beachten?

- Veränderungen des anfallenden Wassers beachten (Monitoring erstellen)
- Pumpen wegen Gefahr von Überhitzung und Abnutzung nicht trocken laufen lassen
- regelmässiger Service und Unterhalt der Pumpen (Grössenordnung alle 500 Betriebsstunden)
- nach dem Pumpen von Schlamm- oder Betonwasser mit sauberem Wasser gründlich spülen
- um eine Verstopfung der Pumpe zu vermeiden, nie direkt in den Schlamm oder auf den Baugrund stellen
- die Pumpe darf nie am Stromkabel aufgehängt oder in die Baugrube hinuntergelassen werden
- Ableitungen sind wenn möglich geradlinig zu verlegen und vor dem Überfahren durch Fahrzeuge zu schützen
- Notfallkonzept bei Ausfall der Pumpen (Pikettdienst)



Arbeitsschritte bei der Erstellung eines Filterbrunnens

Geschlossene Wasserhaltung

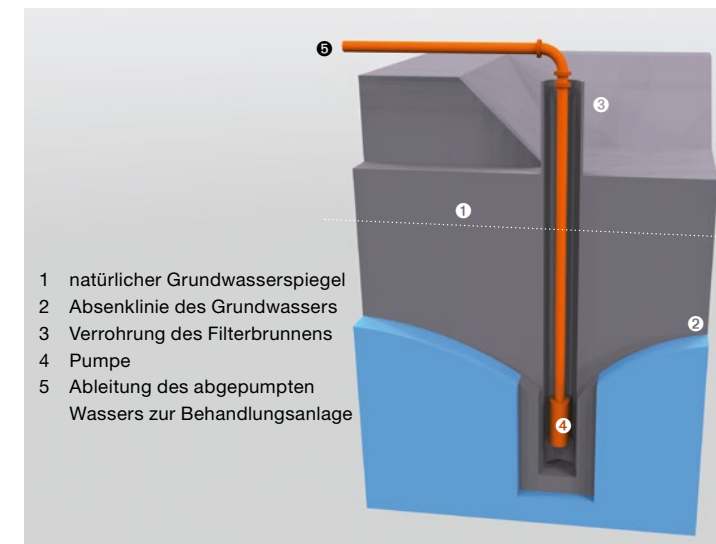
Stösst die offene Wasserhaltung relativ schnell an ihre Grenzen, bietet die geschlossene Wasserhaltung deutlich grössere Möglichkeiten. Die Bezeichnung «geschlossen» beruht auf der Tatsache, dass das Wasser unterirdisch, also unsichtbar, abgeführt wird.

Es gibt zwei gängige Arten der geschlossenen Wasserhaltung: Filterbrunnen und Wellpoint-Anlagen. Durch diese Methoden wird der Grundwasserspiegel auf einer definierten Fläche gezielt abgesenkt, was eine Verbesserung der Bodeneigenschaften bewirkt und damit auch die Gefahr eines hydraulischen Grundbruchs minimiert.

Einsatzgebiet und Funktion von Filterbrunnen

Filterbrunnen kommen bei Baugruben in kiesigen und mittelsandigen Böden zum Einsatz, bei denen der Grundwasserspiegel über der Baugrubensohle liegt. Das Wasser fliesst ausschliesslich durch Ausnutzung der Schwerkraft in Richtung Filterbrunnen und wird dort abgepumpt. Mit grossem zeitlichem Vorlauf zu den Aushubarbeiten werden mehrere vertikale Brunnen in oder um die Baugrube gesetzt und die Rohrleitungen und Pumpen verlegt. Der Einflussbereich eines Filterbrunnens ist von den Bodeneigenschaften, d.h. dem k-Wert, abhängig.

Funktionsweise eines Filterbrunnens



Zwei Typen von Filterbrunnen werden unterschieden:

- Kleinfiterbrunnen (Durchmesser < 250 mm)
- Grossfilterbrunnen (Durchmesser > 250 mm)

Erstellung von Filterbrunnen

Folgende Arbeitsschritte sind beim Einrichten eines Filterbrunnens auszuführen:

- Piezometer zur Kontrolle des Grundwasserspiegels erstellen
- Einrichten der Nebenanlagen (Absetzbecken, Neutralisation und Flockung) zur Behandlung des abgepumpten Wassers
- Bohren der Filterbrunnen inkl. Abteufen der Verrohrung (entweder durch Spülbohr- und Drehbohrverfahren oder durch Aushub mit Greifer)
- Absenken des Filterrohrs
- Einbringen von Filterkies (Kies-Sand-Gemisch) und gleichzeitiger Rückzug der äusseren Verrohrung
- Reinigung des Brunnens (sogenanntes Entsandern) durch Ausschwemmen von Feinanteilen aus dem umliegenden Boden mit speziellen Pumpen. Das geförderte Wasser wird laufend sauberer
- Installation der endgültigen Pumpen im Filterbrunnen inkl. Überwachungs- und Steuerungssysteme

Einsetzen der Pumpe in einem Filterbrunnen



Umhüllung von Kabelschutzrohren

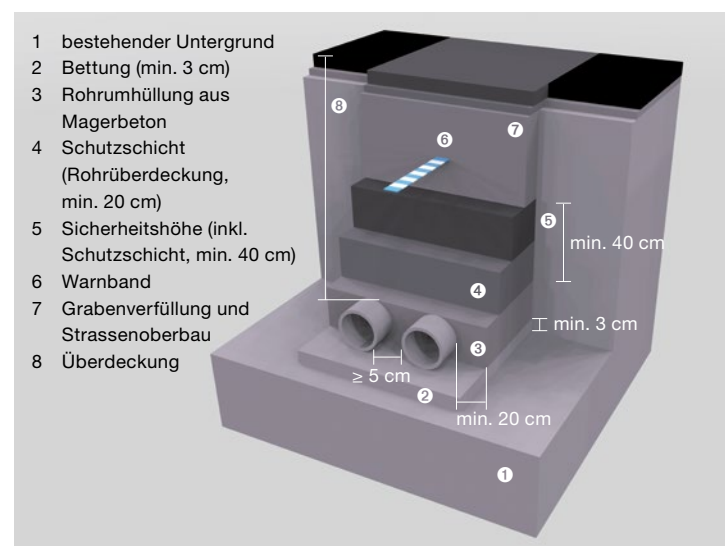
Damit die Gewölbewirkung des Rohrs optimal zum Tragen kommt und keine oder nur zulässige Verformungen entstehen können, muss die eingebrachte Umhüllung satt am Rohr anliegen. Hierfür wird das Umhüllungsmaterial entweder gut eingestampft oder bei wasserdurchlässigen Böden wie Leitungskies mittels Wasser eingeschwemmt.

Rohrumhüllungsprofil ohne Beton

Rohrumhüllungen ohne Beton werden nur bei PE-Rohren empfohlen. Folgende Regeln sind bei der Verlegung von Kabelschutzrohren ohne Beton zu beachten:

- Als Bettungsschicht, Rohrumhüllung (Verdämmung) sowie für die darüberliegende Schutzschicht ist geeignetes feinkörniges, nicht bindiges Material zu verwenden (natürliche oder rezyklierte Gesteinskörnung 0/16 oder entsprechendes Aushubmaterial).
- Die Kabelschutzrohre sollen in horizontaler und in vertikaler Richtung einen Abstand von mindestens 5 cm zueinander aufweisen.
- Punktlasten (z.B. durch grobe Steine), die zu Schäden oder Verdrückungen am Rohr führen können, sind unbedingt zu vermeiden. Zudem dürfen aus demselben Grund bei mehrlagigen Rohrblöcken keine Abstandhalter verwendet werden.
- Die Rohrumhüllung ist bis zur Sicherheitshöhe von 40 cm über dem obersten Rohrscheitel sorgfältig von Hand einzubringen und zu verdichten. Bei durchlässigem Untergrund und geeignetem Rohrumhüllungsmaterial (z.B. bei wasserunempfindlichem Betonkies) kann die Umhüllung auch mit Wasser eingeschwemmt werden.
- Unterlagen bzw. Abstandhalter aus Holz oder anderem quellfähigem Material müssen vor dem Hinterfüllen zwingend entfernt werden.
- Pro Rohrblock ist im Graben über der Sicherheitshöhe immer ein Warnband zu verlegen.
- Als Grössenordnung soll in befahrenen Flächen eine Überdeckungshöhe von mindestens 0,70 m, in Gehwegen von mindestens 0,40 m eingehalten werden.
- Ein Rohrumhüllungsprofil ist vor allem bei der Verwendung von PE- und PP-Rohren, aber nicht bei PVC-Rohren zu empfehlen.

Normalprofil Grabenquerschnitt für einen Rohrblock ohne Beton



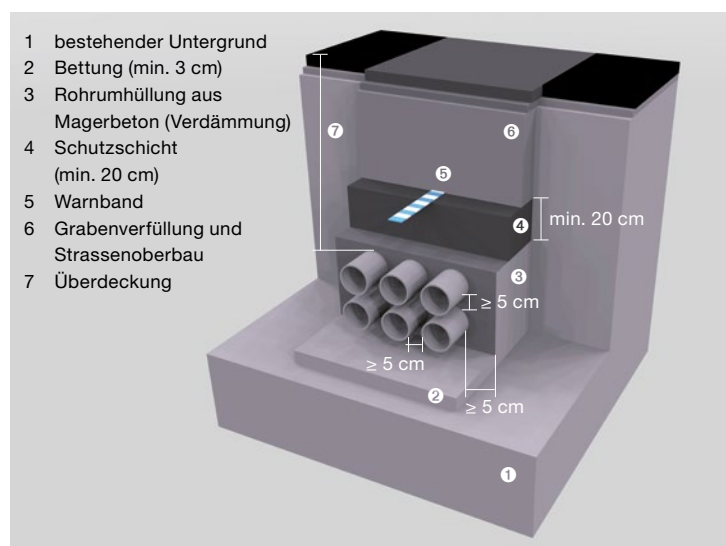
Trennung eines Elektro- und Telekommunikations-Rohrblocks mit einer Holzfaserverplatte

Rohrumhüllungsprofil mit Beton

Bei der Verlegung von Kabelschutzrohren sind folgende Punkte zu beachten:

- Die Rohrumhüllung mit Beton erhöht den Schutz der Kabelanlagen, und zwar auch bei späteren Aushubarbeiten.
- Als Umhüllungsbeton eignet sich unbewehrter Beton mit einem Zementanteil von ca. 225 kg/m³, D_{max} 16, erdfeucht bis weich, oder ein Beton C16/20 bzw. 20/25.
- Der seitliche Verdämmungsabstand soll mindestens 20 cm, die Betonüberdeckung mindestens 10 cm betragen.
- Der Beton ist möglichst trocken (aber nicht ausgetrocknet) einzubringen und danach mit entsprechenden Geräten zu stampfen.
- Es dürfen Unterlagen bzw. Abstandhalter aus Stahl oder Kunststoff verwendet werden (empfohlener Abstand ca. 2,50 m), die sich auch gleichzeitig zum Abziehen des Betons auf die richtige Höhe eignen. Abstandhalter aus quellfähigem Material, z.B. aus Holz, dürfen nicht eingesetzt werden.

Normalprofil Grabenquerschnitt für einen Rohrblock mit Beton



Komplexe Leitungsführung zu einem Elektroschacht

Hinweise zum Verlegen

Im Zusammenhang mit dem Verlegen von Rohranlagen sind folgende Regeln zu beachten:

- Bei allen Richtungsänderungen ist es empfehlenswert, die Rohre (vorgeformte, flexible Bogen oder auf der Baustelle kalt gebogene Rohre) stabilisierend einzubetonieren. Zudem sollen in den Bogen keine Muffenverbindungen platziert werden, da dadurch das Einziehen von Kabeln erschwert wird.
- Beim Einfüllen und Verdichten der Gräben im Bereich von befahrbaren Flächen sind die einschlägigen Normen und Richtlinien einzuhalten. Falls die erforderliche minimale Überdeckung nicht eingehalten werden kann, ist ein entsprechender Schutz (Betonplatte, Stahlplatte oder Ähnliches) über den Leitungen einzubauen.
- In Kultur- und Wiesland verbaute Leitungen sind genügend tief zu verlegen, damit die Rohre bei einer Tiefenlockerung durch Landwirtschaftsfahrzeuge nicht beschädigt werden.

Gut zu wissen!

Längsausdehnung

Kabelschutzrohre sind nicht nur weicher und biegsamer bei höheren Temperaturen, sondern sie erfahren auch eine Längenausdehnung. Folgendes Beispiel zeigt die Grössenordnung einer solchen Ausdehnung:

- Länge Kabelschutzrohr 10,0 m
- Längenausdehnungskoeffizient 0,18 mm/m Kelvin für PE
- Temperatur früh am Morgen 5 °C
- Temperatur unter Sonneneinstrahlung 40 °C
- Temperaturunterschied 35 °C
- Längenänderung total: $\Delta l = 0,18 \times 10 \times 35 = 63 \text{ mm}$

Das 10,0 m lange Kabelschutzrohr verändert bei einem Temperaturunterschied von 35 °C seine Länge um 6,3 cm in Längsrichtung.

- Beim Verbauen von Rohrblöcken im Steilhang sind diese gegen das Abrutschen zu sichern (z.B. mithilfe von Betonriegeln).
- Zudem muss beachtet werden, dass ein Werkleitungsgraben in wasserführenden Schichten weder zur Entwässerung führt noch zur Wassersperre wird.

Kalibrierung von Rohren

Jedes Kabelschutzrohr wird nach Abschluss der Verlegearbeiten, zu denen auch Auffüllung und Verdichtung des Grabens gehören, kalibriert. Diese Arbeit sollte am besten vor dem Erstellen der Oberflächenbefestigung stattfinden. Das Kalibrieren der Rohranlage liefert folgende Nachweise, die jeweils in einem Prüfprotokoll festgehalten werden:

- Die zulässige Toleranz des nominalen Durchmessers bei Kunststoffrohren ist eingehalten (mindestens 90% des Querschnitts).
- Die Rohranlage ist dicht.
- Es sind keine Hindernisse oder Einschnürungen vorhanden.
- Die Einzugsschnur (nur Kunststoffschnüre mit mindestens 3 kN Reisskraft sind erlaubt) für spätere Kabelzugarbeiten soll gleichzeitig eingezogen werden.

Die Prüfung der geforderten Kalibriertoleranz und der Ausführungsqualität kann auf zwei Arten durchgeführt werden:

- Durchziehen eines Holzzylinders (keine Kugel) mit zweckmässiger Form und vorgespannter Bürste an einer Zugschnur (eignet sich für Rohrlängen bis maximal 50 m)
- Durchblasen eines Kunststoffzylinders mit Druckluft

Nennweite Rohr	Kaliberdurchmesser	Kaliberlänge
DN 80	72 mm	160 mm
DN 100	90 mm	200 mm
DN 120	108 mm	240 mm
DN 150	130 mm	300 mm

Kanalzustandserfassung

Sowohl die öffentlichen als auch die privaten Abwasseranlagen und Entwässerungssysteme weisen vielerorts ein beträchtliches Alter auf. Der natürliche Alterungsprozess wird zusätzlich durch Wurzeln, Inkrustierungen, gebietspezifische Ablagerungen und auch Baumängel beschleunigt. Um den exakten baulichen und betrieblichen Zustand der Anlagen zu erheben und daraus die Vorgaben für den Kanalunterhalt und die entsprechenden Investitionen optimal ableiten zu können, müssen regelmässig Kanalzustandserfassungen durchgeführt werden. Dafür kommen hochwertige Kameras zum Einsatz, die ein exaktes Bild der Entwässerungsanlage liefern. Die folgenden Ausführungen zeigen verschiedene Arten von optischen Zustandserfassungen.

Zustandserfassung von Entwässerungsleitungen

Für die Zustandserfassung von Entwässerungsleitungen kommen unterschiedliche fahrbare Kanal-TV-Systeme zum Einsatz. Diese Roboter sind mit einer Kamera an einem Schwenkkopf ausgerüstet, die messerscharfe Bilder oder Videosequenzen der aufgenommenen Leitungen liefert. Durch den integrierten Ortungssender ist eine genaue Lokalisierung der Kamera im Kanalrohr jederzeit möglich. Modernste Geräte können dank laserunterstützter Vermessung millimetergenaue Daten der Zustandserfassung übermitteln. Im Steuerwagen werden die Daten alle gespeichert und können dort ausgewertet werden. Die aufgenommenen Fernsehbilder können jederzeit im Detail lagerichtig analysiert werden.

Folgende Einsatzmöglichkeiten kommen für fahrbare Kanal-TV-Systeme in Frage:

- Kontrolle und Abnahme von Kanalisations-, Liegenschaftsentwässerungs-, Meteor- und Bachleitungen sowie von Schächten und Spezialbauwerken
- Zustandsaufnahme von Deponie-, Quell- und Sickerleitungen
- Vorabklärungen für Sanierungsvorhaben und Untersuchungen im Rahmen des Generellen Entwässerungsplans (GEP) von Gemeinden
- Orten von Leitungen und Unterstützung bei der Suche nach der Ursache von Verstopfungen im Leitungssystem
- Spezialeinsätze wie z.B. Inspizieren von Brücken-Hohlräumen oder anderen nicht begehbaren Bauten

Gut zu wissen!

3-D-Kugelbildscanner

Die technologisch fortgeschrittensten Geräte für die Zustandserfassung von Abwasserkanälen sind zurzeit die sogenannten 3-D-Kugelbildscanner. Ihre Vorteile liegen in der deutlich höheren Auflösung, einer kurzen Inspektionsdauer aufgrund der hohen Fahrgeschwindigkeit von bis zu 35 cm/Sekunde sowie einer automatischen Schadenserkennung durch die integrierte künstliche Intelligenz. Zudem können die aufgenommenen Daten nicht nur als 3-D-Videos beurteilt werden, sondern auch als eine zweidimensionale Abwicklung der Rohrwand.



Einsatzfahrzeug mit Steuerungskonsole und Überwachungsmonitoren



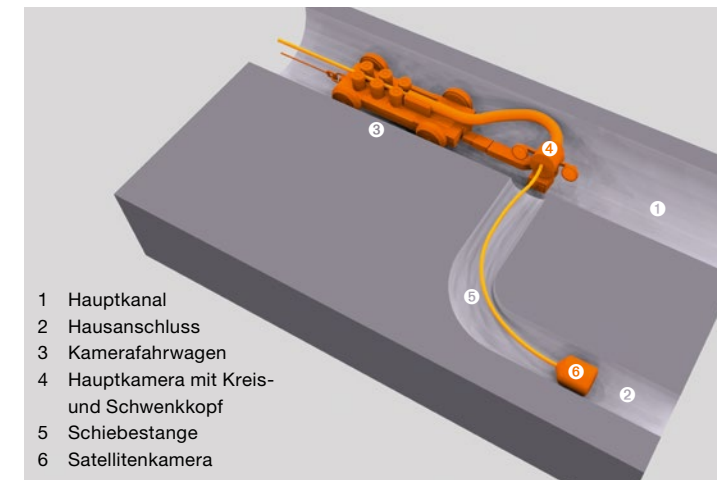
Kanal-TV-Roboter im Einsatz

Die folgenden Eigenschaften und technischen Daten sind bei der Ausführungsplanung von Roboteraufnahmen zu berücksichtigen:

- geeignet für den Einsatz für Leitungen mit einem Durchmesser von 80 bis 2'000 mm
- unabhängig von der Profilform (Kreis-, Ei-, Rechteckprofile usw.) einsetzbar
- eine Einsatzdistanz von bis zu 400 m ist möglich, wenn die Traktion der Räder ausreicht (üblicher Abstand zwischen zwei Kontrollschächten ca. 80 bis 100 m)
- Kameraspezifikationen: Rotation von 360° und Auslenkung von 270°
- mit Messsystemen zur Bestimmung der Längs- und Querneigung sowie auch zur Aufnahme von Rissbreiten ausgerüstet
- Lieferung von Videos wie auch von Bildern möglich

Zustandserfassung seitlicher Anschlussleitungen

Kleine Leitungsdurchmesser (unter 200 mm) und dadurch eingeschränkte technische Möglichkeiten haben es bisher oft verunmöglicht, seitliche Anschlüsse eines Hauptkanals mit Kanal-TV-Aufnahmen zu inspizieren. Mit modernsten Kanalfernseh-Robotern ist dies nun möglich. Dabei verfügt die elektronisch gesteuerte Fahreinheit über eine zusätzliche, ebenfalls schwenk- und neigbare Satellitenkamera, die mithilfe einer Rute in die seitlichen Lateralanschlüsse eingeschoben werden kann. Der Zustand dieser seitlichen Anschlüsse kann auf diese Weise einfach vom Hauptkanal aus aufgenommen und ausgewertet werden. Dieses System eignet sich insbesondere zur Zustandserfassung von Hausanschlussleitungen, Schlammabläufen sowie auch von Abflussleitungen bei Einlaufschächten.



Schematische Skizze eines Roboters für die Aufnahme von Anschlussleitungen

Monitor zur Überwachung von Kanal-TV-Aufnahmen



Diese Roboter können bis 35 Meter weit in Seitenkanäle eingeführt werden und liefern dabei qualitativ hochstehende Zustandsdaten (Bilder und/oder Videos). So können unzugängliche Leitungsverläufe ohne Sondagearbeiten zerstörungsfrei genauestens inspiziert werden.

Für diese speziellen Kanal-TV-Systeme kommen folgende Einsatzmöglichkeiten infrage:

- Kontrolle von seitlichen Anschlussleitungen vom Hauptkanal aus
- Zustandserfassung von bestehenden und neu erstellten Entwässerungsleitungen

Die folgenden Eigenschaften und technischen Daten sind bei der Ausführungsplanung zu berücksichtigen:

- zur Positionierung des Roboters ist ein Schacht mit einem minimalen Durchmesser von 600 mm erforderlich
- Angaben zum Hauptkanal: die maximale Einfahrlänge in den Hauptkanal beträgt ca. 100 m und kann bei einem Leitungsdurchmesser von 200 bis 1'000 mm eingesetzt werden
- Angaben zu den Seitenanschlüssen: die maximale Untersuchungslänge beträgt ca. 35 m und eignet sich für Leitungsdurchmesser zwischen 100 und 200 mm

Kamera für Kanal-TV-Aufnahmen



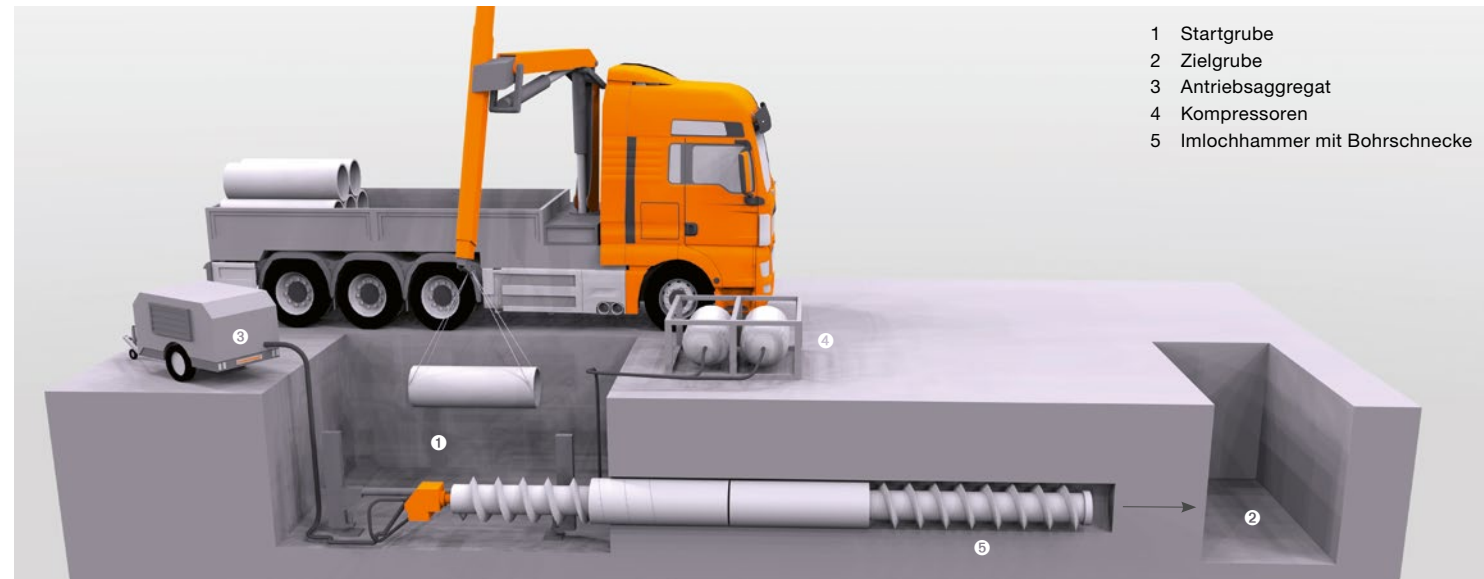
Hammerbohren (Imlochbohrung)

Bei diesem Verfahren wird das Stahlrohr nicht in den Boden gepresst, sondern vom Bohrkopf mitgezogen. Wie der Name sagt, handelt es sich nicht um einen reinen Bohrkopf, sondern um einen Imlochhammer, der sich durch die Kombination einer Dreh-Schlag-Bohr-Bewegung in den Boden frisst. Eine Bohrschnecke befördert das abgebaute Erdreich in die Startgrube zurück. Durch nachgezogene Stahlrohre wird das Einbrechen des Bohrlochs sowie das Verklemmen der Förderschnecke verhindert.

Einsatzgebiet

Das Hammerbohren bewältigt jede Bodenzusammensetzung und ist besonders bei hartem Fels und bei gemischten Böden sehr geeignet. Das Verfahren kann auch für Vertikalbohrungen oder Tiefenfundationen angewendet werden. Bohrlängen von bis zu 100 m mit einem Durchmesser des Stahlrohrs von 140 bis 1'200 mm sind realisierbar.

Verfahren mit Hammerbohren (schematische Darstellung)



- 1 Startgrube
- 2 Zielgrube
- 3 Antriebsaggregat
- 4 Kompressoren
- 5 Imlochhammer mit Bohrschnecke

Installation einer Imlochbohrung



Materialauswurf bei einer Imlochbohrung



Vorteile

- bei allen Bodentypen (1 bis 7) anwendbar, aber ideal bei Fels und inhomogenen Böden
- schnelle Vortriebsmethode
- durch das Nachziehen des Stahlrohrs (also nicht durch Druck, sondern auf Zug) hohe Zielgenauigkeit für ein ungesteuertes Verfahren
- kein Widerlager notwendig
- Material wird mittels Schnecke aus dem Rohr befördert, also kein Einsatz von Spülwasser und Bentonit-Suspension notwendig
- es sind auch Kopflochbohrungen möglich, bei denen der Imlochhammer und die Schnecken rückwärts herausgezogen werden (z.B. bei Wasserfassungen)

Nachteile

- ungesteuertes Verfahren
- durch den Einsatz des Imlochhammers sind Vibrationen in der Umgebung möglich
- Kosten steigen aus technischen Gründen (Volumen der benötigten Druckluft) ab einem Durchmesser von 700 mm exponentiell an



Pressstation eines Microtunnelings



Blick ins Innere eines Microtunneling-Vortriebs

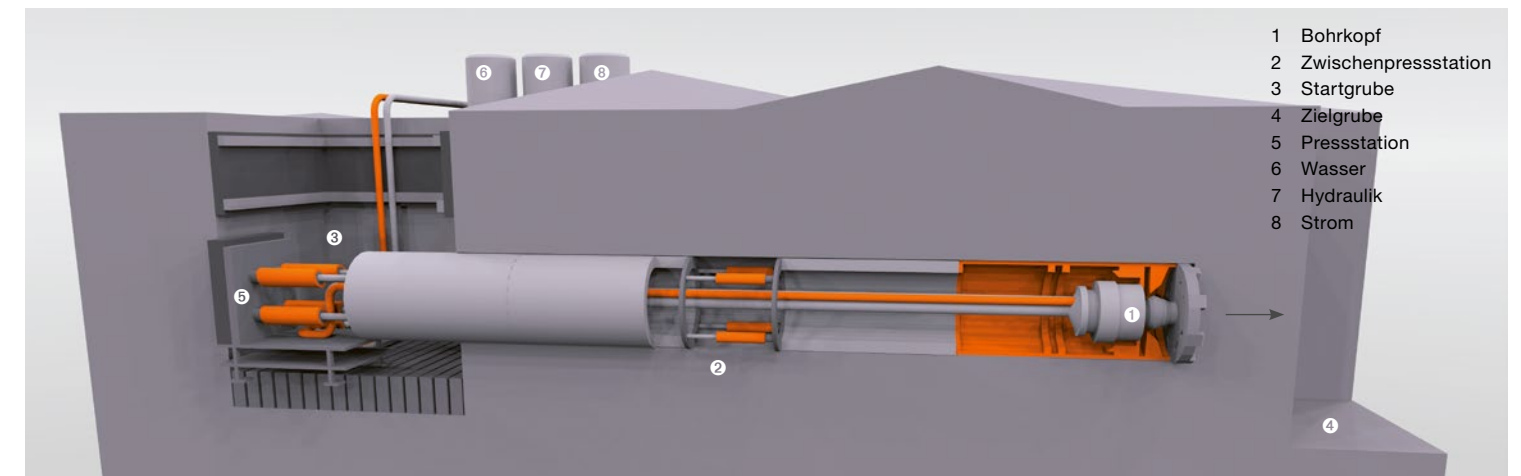
Microtunneling

Microtunneling soll an dieser Stelle der Vollständigkeit halber kurz erwähnt werden, obwohl dieses Verfahren eigentlich dem Tunnelbau zugeordnet wird. Ab einem Bohrdurchmesser von 3,0 m spricht man von «Tunnelbau», bei kleineren Durchmessern von «Microtunneling». Bei diesem Verfahren handelt es sich wohl um die anspruchsvollste Bohrtechnik. Sie kombiniert dabei die Vorteile des Pressbohrens mit denjenigen des HDD-Bohrens. Der Bohrkopf und dessen Antrieb befinden sich hier direkt an der Spitze des Bohrlochs, wobei die Ortsbrust je nach geologischen Verhältnissen durch den Einsatz einer Bentonit-Suspension gestützt und das ganze System geschmiert wird. Durch die Drehbewegung des Bohrkopfs wird das anstehende Material abgebaut. Pressen in der Startgrube üben einen konstanten Druck auf die bereits verlegten Rohre aus. Entsprechend dem Bohrfortschritt werden laufend Rohre ergänzt und dienen neben dem Sichern und Stützen des Bohrlochs auch zur Kraftübertragung der Pressen auf den Bohrkopf. Je nach Bohrlänge werden Zwischenpressen eingesetzt (ab einer Länge von ca. 120 m erforderlich).

Einsatzgebiet

Da es sich beim Microtunneling um ein in sich geschlossenes und dichtes System handelt, ist es auch zum Durchqueren vom Grundwasser bzw. zum Unterqueren von Gewässern geeignet. Sowohl bei sehr weichen Böden als auch bei Fels (Bodenklassen 1 bis 7) ist Microtunneling einsetzbar.

Verfahren mit Microtunneling (schematische Darstellung)



- 1 Bohrkopf
- 2 Zwischenpressstation
- 3 Startgrube
- 4 Zielgrube
- 5 Pressstation
- 6 Wasser
- 7 Hydraulik
- 8 Strom

Vorteile

- 3-D-Steuerung erlaubt präzises Bohren und sehr hohe Gefällgenauigkeit
- für alle Bodenklassen (1 bis 7) geeignet
- Verfahren auch im Grundwasser möglich
- keine Vibrationen
- Mediumrohre können teilweise direkt verlegt werden
- Material wird automatisch ohne Handarbeit aus der Bohrung in die Abscheideanlage befördert
- mit Zwischenpressen sind sehr lange Bohrungen möglich
- Kurvenradien können erstellt werden

Nachteile

- aufwendige und platzintensive Installationen notwendig, auch für die Logistik
- kosten- und risikointensives Verfahren
- beim Bohrvorgang selbst ist bei kleinen Bohrdurchmessern (bis ca. 800 mm) kein Zugang zum Bohrkopf möglich
- benötigt verhältnismässig grosse Start- und Zielgruben sowie ein Widerlager
- die Gefahr von «Überabbauen» besteht, was zu Hohlräumen vor dem Bohrkopf führt (Setzungen bzw. Einstürze sind mögliche Folgen)
- Aufrüsten, Umbauen oder sogar Neuerstellen der Bohranlage sind sehr zeitaufwendig
- Verschleiss führt zu grösseren Unterhaltsarbeiten an der Maschine

Elementplattenmauer

Schon in den 1980er-Jahren wurde die Elementplattenmauer als Stützsystem im Strassenbau eingesetzt. Insbesondere in den Kantonen Zürich, Aargau und St. Gallen hat sich dieses System etabliert.

Anwendung

Die Elementplattenmauer wird vor allem bei Kantonsstrassen und bei stärker frequentierten Gemeindestrassen verwendet. Die Haupteinsatzgebiete dieses Systems sind:

- Sicherung und Stabilisierung von Instabilitäten
- berg- und talseitige Strassenverbreiterungen
- Hangterrassierungen
- Massnahmen für den Hochwasser- und Uferschutz
- Fundationsmauer für Fahrzeug-Rückhaltesysteme und Lärmschutzwände

Die einfache Konstruktion, die kurze Bauzeit und der geringe Platzbedarf während des Baus sprechen neben den niedrigen Baukosten für die Wahl dieses Systems.

Versetzen von Elementplatten



Aufbau

Für die Mikropfähle und Anker werden Bohrungen mit einem Durchmesser von bis zu 150 mm ausgeführt. Sowohl die Mikropfähle (Druckkräfte) als auch die Anker (Zugkräfte) bestehen aus Stahlrohren und einem innenliegenden Tragglied (Stahlstab). Durch die Stahlrohre wird Injektionsgut in den Baugrund eingepresst und gewährleistet so einen kraftschlüssigen Verbund mit dem Untergrund.

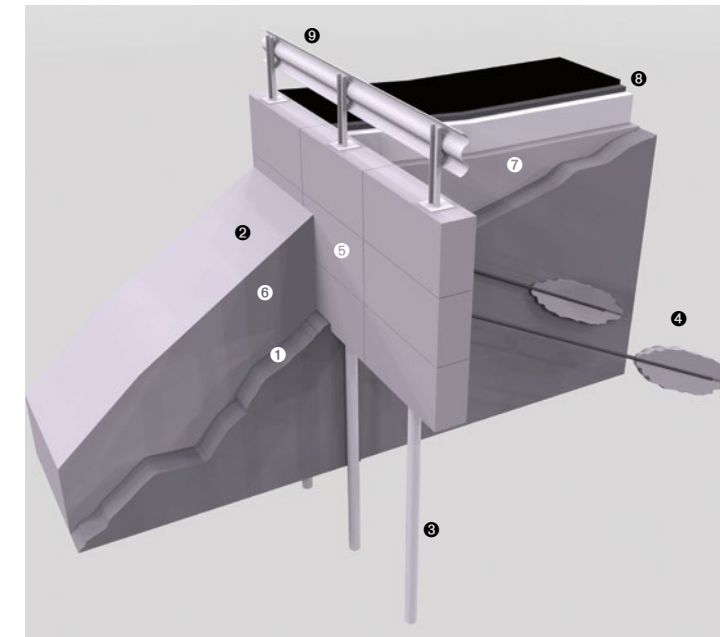
Auf die Mikropfähle werden vorgefertigte Elementplatten (Fertigbetonelemente) mit Hohlräumen versetzt. Die Standardelemente haben in der Regel folgende Abmessungen:

- 3,00 m Länge
- 25 cm Breite
- 20 oder 40 cm Höhe

Nach dem Versetzen der Elementplatten werden die Anker mit den Mikropfählen und den Fertigbetonelementen verbunden. Vor dem Hinterfüllen des Stützsystems wird der Hohlraum in den Elementplatten abschliessend mit Ortbeton (Beton C30/37) ausgegossen. Abhängig von den Wünschen des Bestellers können die Ansichtsflächen der Fertigbetonelemente unterschiedlich ausgestaltet oder verkleidet werden (z.B. Oberflächenstrukturierung oder Verkleidung mit Natursteinen).



Fertig versetzte Elementplatten



Schematischer Schnitt einer Elementplattenmauer

- 1 bestehendes Terrain
- 2 neues Terrain
- 3 Mikropfähle (Druckkraft)
- 4 Rückanker (Zugkraft)
- 5 vorgefertigte Elementplatten
- 6 Aufschüttung
- 7 Hinterfüllung
- 8 Oberbau (Kieskoffer und Walzasphalt)
- 9 Fahrzeug-Rückhaltesystem

Vorteile

Elementplattenmauern weisen folgende Vorteile auf:

- wirtschaftliche Variante im Vergleich mit herkömmlichen Schwergewichts-Stützmauern, Winkelstützmauern oder Blocksteinmauern
- kurze Bauzeit
- geringer Betonverbrauch
- geringer Aushub notwendig (kein Aushub bis auf Frosttiefe)
- dauerhaft (sämtliche Bauteile korrosionsgeschützt)
- in Form, Länge und Höhe variabel
- den örtlichen Begebenheiten einfach anzupassen
- geringer Platzbedarf während der Umsetzung der Baumassnahme
- wasserdurchlässig
- meist keine oder nur eine geringe Baugrubensicherung notwendig

Leistungswerte und Richtpreise

Die Leistungswerte wie auch die Kosten für die Erstellung einer Elementplattenmauer sind abhängig von der zu überbrückenden Höhe, den geologischen Gegebenheiten, der Lage sowie auch der Zugänglichkeit der Baustelle. Die Kosten können daher stark variieren.

Die durchschnittlichen Leistungswerte und Richtpreise können untenstehender Tabelle entnommen werden:

Höhe der Mauer	Leistung Ausführung (Laufmeter pro Woche)	Kosten pro Laufmeter
bis 1,60 m	30 bis 50 m	1'300 CHF
bis 2,40 m	bis 30 m	2'100 CHF
bis 4,40 m	ca. 15 m	3'900 CHF