

Verlegemethoden für den Gigabitausbau

Breitbandausbau nach § 127 TKG



Bundesministerium
für Digitales
und Verkehr

Inhalt

1.	Einführung	3
2.	Abkürzungsverzeichnis und Begriffserklärungen	6
2.1.	Abkürzungsverzeichnis.....	6
2.2.	Begriffserklärungen.....	7
3.	Unterirdische Verlegemethoden von Telekommunikationslinien.....	8
3.1.	Offene Verlegemethoden	10
3.1.1.	Offener Grabenbau mit Bagger/Handschachtung.....	11
3.1.2.	Fräs- bzw. Meißelverfahren.....	13
3.1.2.1.	Kettenfräsverfahren	13
3.1.2.2.	Fräsradsverfahren	15
3.1.2.3.	Bankettfräsverfahren	17
3.1.3.	Schleif- bzw. Sägeverfahren und Stufenschleifverfahren	19
3.1.3.1.	Schleif- bzw. Sägeverfahren	19
3.1.3.2.	Stufenschleifverfahren.....	20
3.1.4.	Kabelpflugverfahren.....	22

3.2.	Grabenlose Verlegemethoden	24
3.2.1.	Horizontal-Spülbohrverfahren	25
3.2.1.1.	Mini-Spülbohrsysteme für Hausanschlüsse und kurze Querungen	27
3.2.1.2.	Keyhole-Verfahren (Schlüsselloch-Technologie)	28
3.2.1.3.	Spüllanzenverfahren	30
3.2.2.	Bodenverdrängungsverfahren	32
3.2.2.1.	Ungesteuertes Bodenverdrängungsverfahren (Erdrakete)	32
3.2.2.2.	Richtpressverfahren	34
3.2.3.	Verlegung im Abwasserkanal	36
4.	Oberirdische Verlegemethoden von Telekommunikationslinien	38
4.1.	Erweiterung/Ergänzung von bestehenden oberirdischen Linien	40
4.2.	Neubau von oberirdischen Linien	40
5.	Übersicht zu den Einsatzmöglichkeiten der betrachteten Verlegemethoden	41
6.	Redaktionsteam der Verlegebroschüre	43

1. Einführung

Die Errichtung und die Erweiterung der Telekommunikations (TK) -Infrastrukturen und -linien werden durch den Einsatz unterschiedlicher Verlegemethoden¹ ermöglicht.

Diese Broschüre beschreibt verschiedene unterirdische Verlegemethoden sowie die oberirdische Bauweise zur Errichtung von TK-Infrastrukturen². Viele der hier beschriebenen Verlegemethoden unterscheiden sich von der üblicherweise im Leitungstiefbau (TK/Gas/Wasser/Strom/Fernwärme) angewandten offenen Grabenbauweise in der Art der Ausführung, den eingesetzten Werkzeugen, der Tiefenlage sowie dem Verschluss der Oberfläche.

Ziel dieser Broschüre ist es, den Entscheidungsträgern vor Ort eine allgemeine Darstellung der jeweiligen Verlegemethoden an die Hand zu geben, die gängigen Vorgehensweisen zu erläutern sowie Einsatzzwecke und Einsatzbereiche darzustellen.

Die in dieser Handreichung beschriebenen Verlegemethoden zeichnen sich durch ihre Vielfalt aus, die den Netzausbau durch die effiziente Errichtung von TK-Infrastrukturen in der Zu- und Ableitungsebene ermöglicht. Die Auswahl dieser Verlegemethoden richtet sich nach Örtlichkeit, Lage sowie Größe und Anzahl der zu verlegenden Infrastrukturen. Eine Kombination mehrerer Verlegemethoden kann je nach den Gegebenheiten vor Ort sinnvoll sein.

Abbildung 1 zeigt eine typische Struktur von TK-Netzen in der Zu- und Ableitungsebene. Der Einsatz der Verlegemethoden ist allerdings nicht auf diesen Bereich beschränkt.

Vorgesehen ist, dass die technischen Standards der Trench-, Fräs und Pflugverfahren zur Legung von Glasfaserkabeln, einschließlich der Nachhaltigkeit und Qualität der Baumaßnahmen, im Rahmen eines DIN-Regelwerkes beschrieben werden.³ Die Normung soll Ende 2022 abgeschlossen sein.

¹ Der Begriff Verlegemethoden bezeichnet hier Verfahren zur Legung von unterirdischen TK-Leitungen sowie die Errichtung oberirdischer TK-Infrastrukturen.

² Die Errichtung von TK-Infrastrukturen umfasst die Montage aller notwendigen Elemente wie beispielsweise Schachtanlagen, Übergabe- und Abschlusspunkte, Muffen und Verteilerschränke etc.

³ Solange keine anerkannten Regeln der Technik für die Glasfaserverlegung in geringer Tiefe bestehen, können Wegebausträger nach § 127 Abs. 8 TKG abweichende Vorgaben zur Art und Weise der mindertiefen Glasfaserverlegung treffen, wenn dies aus Gründen der öffentlichen Sicherheit und Ordnung notwendig ist. Die insoweit bestehenden Anforderungen und Anordnungsbefugnisse sind „kein Weniger“ gegenüber dem Zustand nach Einführung anerkannter Regeln der Technik. Es bestehen für die TK-Unternehmen keine weitergehenden (Nutzungs-)Rechte als nach Einführung einer DIN-Norm. Vielmehr bedingt ihr Fehlen einen erhöhten Abstimmungsbedarf zwischen TK-Unternehmen und Wegebausträgern, vgl. BMDV FAQs, Antworten zu Frage 17, a.E. sowie zu Frage 22, s. <https://www.bmvi.de/DE/Themen/Digitales/Breitbandausbau/Telekommunikationsgesetz-TKG/telekommunikationsgesetz-tkg.html>

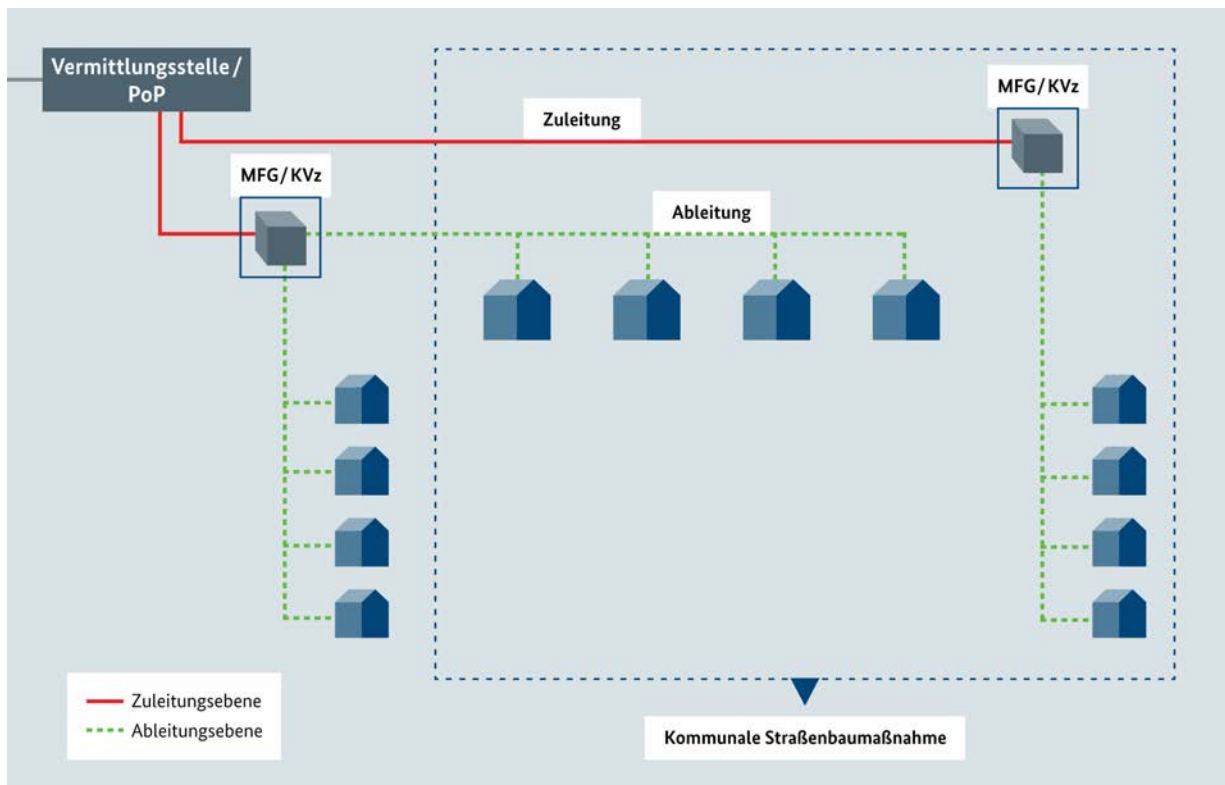


Abbildung 1: Schematische Darstellung einer typischen Netzinfrastruktur mit Zu- und Ableitungsebene⁴
 Quelle: Gigabitbüro des Bundes

Die Regelungen im TKG sehen keine generelle Bevorzugung von bestimmten Verlegungsmethoden oder -tiefen vor. Alle Arten der Verlegung können unter den jeweiligen Voraussetzungen gleichberechtigt zum Einsatz kommen.

Schon mit der TKG-Novelle 2012 stark erweitert, wurden mit dem Telekommunikationsmodernisierungsgesetz (TKModG) die Möglichkeiten des Einsatzes unterirdischer und oberirdischer Verlegungsmethoden ausgebaut. Durch das TKModG wurden seit dem 01.12.2021 die Rahmenbedin-

gungen für die mindertiefe Verlegung in den §§ 126 und 127 TKG verortet.

In § 127 Abs. 7 TKG werden durch die Novellierung keine ausdrücklichen Nennungen von bestimmten technischen Regelwerken vorgenommen, da diese gemäß § 126 allgemein zu beachten sind. Durch den Gesetzestext sollen keine Regelwerke ausgeschlossen, sondern insgesamt in Bezug genommen werden.

Darüber hinaus muss die Zustimmung zur mindertiefen Verlegung nicht mehr gesondert beantragt werden, sondern ist im Rahmen der Beantragung der Zustimmung gemäß § 127 Abs. 7, S. 1 dem Wegebausträger ausdrücklich mitzuteilen. Es muss im Rahmen der Antragstellung klar kommuniziert werden, dass eine mindertiefe Verlegung beabsichtigt ist. Diese

⁴ Die Zuleitungsebene beschreibt die Netzinfrastrukturen abgehend von einer Vermittlungsstelle/PoP bis zu einem Verzweigerpunkt (z.B. KVz/MGF) des jeweiligen Netzbetreibers, die Ableitungsebene beschreibt die Netzinfrastrukturen abgehend von einem Verzweigerpunkt (z.B. KVz/MFG) bis zu den jeweiligen Gebäuden.

Mitteilungspflicht spielt besonders bei Bauweisen eine große Rolle, für die (noch) keine anerkannten Regeln der Technik existieren. Denn in diesen Fällen ist das Abstimmungserfordernis der Beteiligten besonders groß. Zudem darf eine mindertiefe Verlegung nur erfolgen, wenn der Nutzungsberechtigte dauerhaft die durch eine mögliche wesentliche Beeinträchtigung des Schutzniveaus entstehenden Kosten oder den etwaig höheren Erhaltungsaufwand übernimmt.⁵

Die Mitteilung des Antragstellers umfasst u. a. Angaben zur vorgesehenen Verlegetiefe bzw. Mindestüberdeckung, Verlegebreite, zum geplanten Trassenverlauf und zur geplanten Verlegemethode. In § 127 Abs. 8 TKG stellt der neue Satz 3 nun klar, dass der Wegebausträger bezüglich einer Mindertiefe der Verlegung von Glasfaserinfrastrukturen, für die (noch) keine anerkannten Regeln der Technik bestehen, im Rahmen von Nebenbestimmungen zur Zustimmung nach § 127 Absatz 1 von den Angaben des Antragsstellers abweichende Vorgaben zur Art und Weise der Errichtung bei der mindertiefen Verlegung machen darf, wenn dies mit Blick auf § 126 Absatz 1 aus Gründen der öffentlichen Sicherheit und Ordnung notwendig ist (vgl. im Einzelnen Fn.3).

Bei einer oberirdischen Verlegung kommen die gesetzlichen Normen des § 127 Abs. 6 TKG zur Anwendung, sodass die Interessen des Wegebausträgers, des TK-Netzbetreibers und die städtebaulichen Belange abzuwägen sind, wobei in der Abwägung neben einem beschleunigten oder kostengünstigeren Ausbau von Netzen mit sehr hoher Kapazität insbesondere der Anschluss vereinzelt stehender Gebäude oder Gebäudeansammlungen berücksichtigt werden kann. Eine Verlegung sollte unterirdisch erfolgen, wenn diese im Rahmen einer Gesamtbaumaßnahme koordiniert werden kann.

Die vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) gebildete Arbeitsgruppe Digitale Netze stellt mit dieser Broschüre den Entscheidungsträgern vor Ort Erläuterungen und Abwägungshilfen als mögliches Hilfsmittel zur Verfügung. In der AG sind neben dem BMDV Expert*innen der Wirtschafts- und Verkehrsministerkonferenzen der Länder, der kommunalen Spitzenverbände, des Gigabitbüros des Bundes sowie der Telekommunikationsverbände und -unternehmen vertreten.

Eine vollständige Auflistung der Mitwirkenden an dieser Handreichung findet sich am Ende der Broschüre.

⁵ Vgl. BMDV FAQs (<https://www.bmvi.de/DE/Themen/Digitales/Breitbandausbau/Telekommunikationsgesetz-TKG/telekommunikationsgesetz-tkg.html>)

2. Abkürzungsverzeichnis und Begriffserklärungen

2.1 *Abkürzungsverzeichnis*

APL	Abschlusspunkt Linientechnik
BNetzA	Bundesnetzagentur
DA	Rohr-Außendurchmesser (mm)
DN	Rohr-Nenndurchmesser (mm)
ISA	Infrastrukturatlas
KVz	Kabelverzweiger
MFG	Multifunktionsgehäuse
PoP	Point of Presence
TK	Telekommunikation
TKG	Telekommunikationsgesetz
TKModG	Telekommunikationsmodernisierungsgesetz

2.2 Begriffserklärungen

Ableitungsebene

Die Ableitungsebene schließt sich an die Zuleitungsebene an. Sie beschreibt die Netzinfrastrukturen abgehend von einem Verzweigerpunkt (z. B. KVz/MFG) bis zu den jeweiligen Gebäuden.

Bankett

Unmittelbar neben der Fahrbahn oder dem Standstreifen liegender Teil von Straßen (regelmäßig nur außerorts, innerorts meist keine Bankette vorhanden).

Graben/Leitungsgraben

Durch maschinelles Öffnen oder Handaushub hergestellter Bereich zur Legung von Leitungen mit einer Breite ≥ 30 cm.

Point of Presence (PoP)

Der PoP ist ein zentraler Verteilknoten innerhalb eines Kommunikationssystems, der die Verbindungen zwischen zwei oder mehr Kommunikationsnetzen aufbaut. Ein Beispiel für einen PoP ist die Vermittlungsstelle, die als Anschlussmöglichkeit zwischen lokalen Telekommunikationsnetzen und den Fernverkehrsnetzen agiert.

Schlitz

Durch maschinelles Öffnen oder Handaushub hergestellter Bereich zur Legung von Leitungen mit einer Breite < 30 cm.

Trenching

Unter dem Begriff Trenching-Verfahren versteht man umgangssprachlich Verfahren für Säge-, Schleif- und Fräsverfahren. Die einzelnen Verfahren werden unter dem Begriff Trenching zusammengefasst. Die vorliegende Handreichung betrachtet die einzelnen Techniken für Fräs- bzw. Meißel- und Schleif- bzw. Sägeverfahren getrennt. Begrifflichkeiten wie Nano-, Micro-, Mini- und Makro-Trenching werden nicht genutzt.

Zuleitungsebene

Die Zuleitungsebene beschreibt die Netzinfrastrukturen abgehend von einer Vermittlungsstelle/PoP bis zu einem Verzweigerpunkt (z. B. KVz/MFG) des jeweiligen Netzbetreibers.

3. Unterirdische Verlegungsmethoden von Telekommunikationslinien



Grundsätzliche Hinweise zu bautechnischen Einsatzmöglichkeiten der Verlegungsmethoden in dieser Handreichung

Das in dieser Handreichung verwendete Farbschema soll einen vereinfachten indikativen Überblick geben, basiert teilweise auf Angaben der Marktteilnehmer und weist lediglich auf die bautechnische Seite der Einsatzmöglichkeiten der jeweiligen Verlegungsmethoden hin. Die verwendete Indikation beinhaltet u. a. keine Aussagen zu dem aus Gründen der öffentlichen Sicherheit und Ordnung geeigneten Verlegekorridor oder zu weiteren Bewertungs- und Entscheidungskriterien in der Praxis (z. B. Verkehrsbeeinträchtigung, Nachhaltigkeit, Einwirkungen auf den Straßenkörper und Berücksichtigung vorhandener Infrastruktur). Die Einordnung in dieser Handreichung ersetzt weder die konkrete Prüfung der Einsatzmöglichkeit der Verlegungsmethoden vor Ort noch die Abstimmung mit dem jeweiligen Wegebausträger.

Einsatzmöglichkeiten der Verlegungsmethoden – Farbschema

Um einen indikativen Überblick zu den Einsatzmöglichkeiten der unterschiedlichen Verlegungsmethoden zu bekommen, werden die jeweiligen Anwendungen in dieser Handreichung mit Hilfe eines Farbschemas beschrieben. In dieser Handreichung wird in „Anwendung möglich“ (grün), „Anwendung bedingt möglich“ (gelb) und „Anwendung nicht möglich“ (rot) unterschieden, um dem Leser einen technologie-neutralen Überblick über die bautechnischen Einsatzmöglichkeiten der jeweiligen Verfahren zu geben. Dabei ist immer zu beachten, dass die ortsspezifischen Gegebenheiten vor Einsatz bzw. Ausschluss der Verfahren geprüft werden müssen.

Abbildung 2 zeigt beispielhaft die farbliche Kennzeichnung und Begrifflichkeiten, die in dieser Handreichung für die Beschreibung der




 Anwendung möglich	 Anwendung bedingt möglich, konkrete Prüfung im Einzelfall erforderlich	 Anwendung nicht möglich
---	--	---

Abbildung 2: In dieser Handreichung wird ein Farbschema zur vereinfachten Einordnung der Verfahren genutzt, um eine indikative Übersicht über die Einsatzmöglichkeiten der unterschiedlichen Verlegungsmethoden aufzuzeigen

Einsatzmöglichkeiten der unterschiedlichen Verlegemethoden verwendet werden.

Der Einsatz des Farbschemas unterscheidet sich bezüglich der offenen und der grabenlosen Verlegemethoden:

- Für die offenen Verlegemethoden, die einen Graben oder Schlitz in die befestigte oder unbefestigte Oberfläche herstellen, beschreibt das Farbschema die Einsatzmöglichkeiten in unterschiedlichen Oberflächen (s. Kapitel 3.1).
- Für die grabenlosen Verlegemethoden wird die Einsatzmöglichkeit für Baugrundbeschaffenheit, realisierbare Verlegedistanz sowie die Art der möglichen Anwendung unterschieden (s. Kapitel 3.2).



Bodenarten

Die Auswahl bzw. der Einsatz einer Verlegemethode ist u.a. abhängig von der vor Ort vorgefundenen Bodenbeschaffenheit. Zur einfacheren Betrachtung und Einordnung werden die unterschiedlich vorzufindenden Böden in dieser Handreichung vereinfacht in „verdrängbarer Boden“, „Übergangsbereich Boden/Fels“ und „Fels“ eingeteilt. Die jeweilige Betrachtung ist im Folgenden näher beschrieben.

verdrängbarer Boden

Als verdrängbarer Boden wird in dieser Handreichung eine Ansammlung von mineralischen Körnern oder organischen Bestandteilen, die nicht miteinander verbunden sind, bezeichnet. Darüber hinaus enthält diese Ansammlung ausreichend Porenvolumen, so dass die Bestandteile durch ein Vortriebswerkzeug bewegt werden können, ohne diese zu entnehmen. Dieser Boden eignet sich für Verfahren, die den Boden unter Zuhilfenahme von entsprechenden Werkzeugen durch eingesetzte Kraft einfach verdrängen können.

Übergangsbereich Boden/Fels

Als Übergangsbereich Boden/Fels werden in dieser Handreichung Böden oder stark verwitterter Fels beschrieben, die nicht verdrängbar sind, und deren Bestandteile nicht miteinander verbunden sind.

Fels

Als Fels wird in dieser Handreichung eine natürliche Ansammlung von mineralischen Bestandteilen bezeichnet, die verdichtet, verkittet oder in anderer Form verbunden sind und nicht von Hand in Wasser aufgelöst werden können.

3.1. Offene Verlegemethoden

Anwendung des Farbschemas für die offenen Verlegemethoden

Offene Verlegemethoden stellen für die Verlegung von Glasfaserleitungen einen Graben oder Schlitz in befestigte oder unbefestigte Oberflächen her. Die in dieser Handreichung betrachteten offenen Verlegemethoden sind je nach eingesetztem Werkzeug in unterschiedlichen Oberflächen anwendbar und dringen in unterschiedlicher Tiefe in diese ein. In dieser Handreichung werden vereinfacht Oberflächen mit gebundenem Oberbau (urbaner Hausanschluss⁶, Geh- und Radweg, Abstellfläche, Fahrstreifen der Straße), sonstige Flächen/Grünflächen (Bankett, Mulde/Entwässerungsgraben, Böschung, Seiten-/Sicherheitstrennstreifen, Wiesen/Felder/Gelände, ländlicher Hausanschluss⁶) sowie unbefestigte Wege/wassergebundene Flächen (Geh- und Radweg, öffentlicher Feld- und Waldweg, Wirtschaftsweg) unterschieden (s. Abbildung 3).

Eine schematische Darstellung der betrachteten unterschiedlichen Oberflächen sowie die Bezeichnung bestimmter darunterliegender Schichten, unterteilt in Oberbau, (gegebenenfalls) Unterbau und Untergrund/Gelände ist in Abbildung 4 aufgeführt. Der Aufbau der Schichten von Verkehrsflächen in anderer Bauweise (z.B. Pflaster- oder Betonbauweise) kann von der gezeigten Darstellung abweichen. Je nach angewandter Verlegemethode werden die erdverlegbaren Leerrohre bzw. Leerrohrverbände in die entsprechenden dargestellten Schichten eingebracht.

Je nach Verfahren sind zusätzliche Bodenbeschaffenheiten des vorgefundenen Untergrundes zu beachten (s. Kapitel 3: Unterirdische Verlegemethoden von Telekommunikationslinien – Bodenarten).

Im Anschluss an die Beschreibungen der jeweiligen offenen Verlegemethode wird jeweils in einer Grafik die Einsatzmöglichkeit dieser Methode in der jeweiligen Oberfläche in das in Kapitel 3 beschriebene Farbschema eingeordnet.

Hausanschluss (urban)	gebundener Oberbau/Deckschichten mit Bindemittel			sonstige Flächen/Grünflächen					unbef. Flächen Wirtschafts- weg etc.	Hausanschluss (ländlich)
	Geh- und Radweg	Abstellfläche	Fahrstreifen	Bankett	Mulde/Entwäss.-graben	Böschung	Seitentrennstreifen	Wiese, Felder, Gelände		

Abbildung 3: Betrachtete Oberflächen, in denen Glasfaserleitungen verlegt werden können

Quelle: Redaktionsteam der Verlegebroschüre

⁶ In dieser Handreichung wird zur vereinfachten Darstellung zwischen urbanem und ländlichem Hausanschluss unterschieden. Die vereinfachte Darstellung des Hausanschlusses (urban) betrachtet im Vergleich zum ländlichen Raum kurze Strecken vom Straßenkörper zum Haus, zwischen Haus und TK-Trasse liegen meist Oberflächen mit gebundenem Oberbau (z. B. Decke/Pflaster). Die vereinfachte Darstellung des Hausanschlusses (ländlich) betrachtet längere Strecken als im urbanen Raum, zwischen Haus und TK-Trasse liegen oftmals unbefestigte Oberflächen (z. B. Wiesen, Gelände).

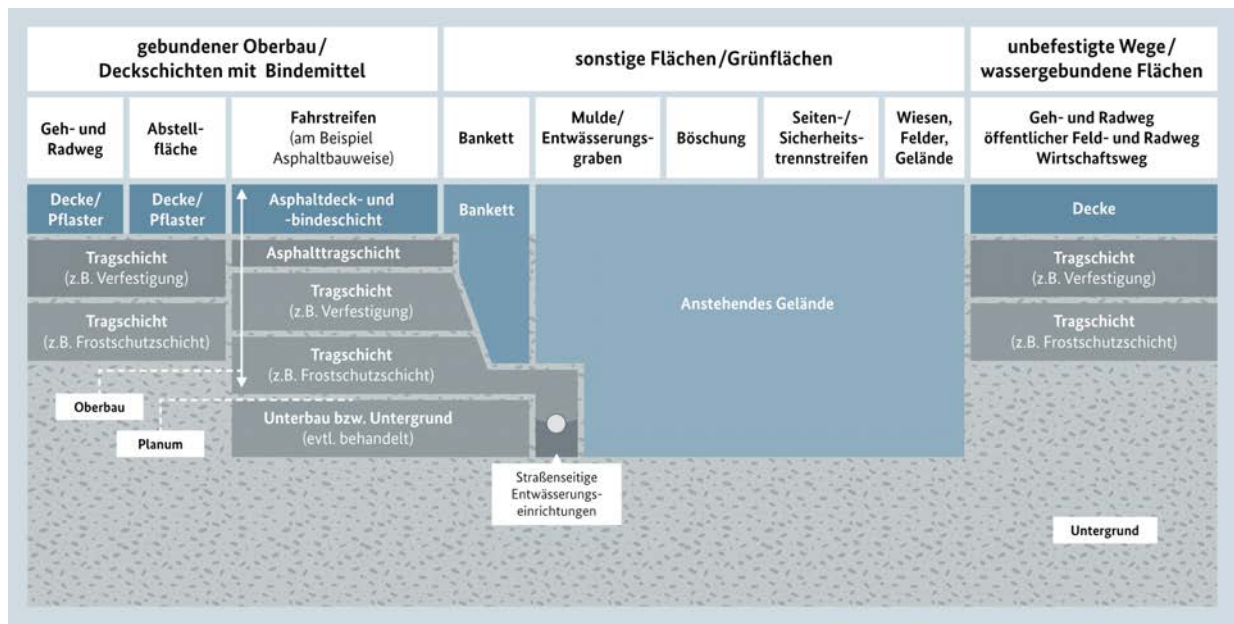


Abbildung 4: Schematische Darstellung unterschiedlicher Oberflächen sowie darunterliegender Schichten
Quelle: Gigabitbüro des Bundes

3.1.1. Offener Grabenbau mit Bagger/ Handschachtung

Die offene Grabenbauweise, umgangssprachlich auch als konventioneller Tiefbau bezeichnet, ist ein gängiges Verfahren zur Erdverlegung von Ver- und Versorgungsleitungen und vielfältig einsetzbar. Je nach zu verlegender Infrastruktur, Bodenart und bereits vorhandenen Infrastrukturen erfolgt die Erstellung des Grabens in unterschiedlicher Art und Weise. Dabei wird die Erdoberfläche zum Beispiel mit einem Bagger (vgl. schematische Darstellung in Abbildung 5) und/oder einer Handschachtung geöffnet. Im Bereich vorhandener Leitungen muss immer von Hand geschachtet werden.

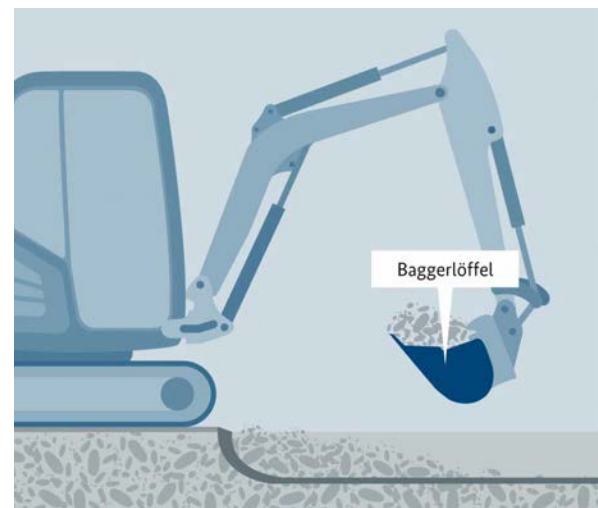


Abbildung 5: Schematische Darstellung der offenen Grabenbauweise
Quelle: Gigabitbüro des Bundes

Die Abbildung 6 zeigt einen Bagger, der mit einem entsprechenden Löffel einen Graben bzw. Schlitz zur Verlegung von Glasfaserleitungen hergestellt.

Nach dem Verlegen der Leitungen wird der ausgehobene Graben bzw. Schlitz wieder verfüllt, der Boden lagenweise verdichtet und die Oberfläche wiederhergestellt. Abbildung 7 illustriert die Einsatzmöglichkeiten der offenen Grabenbauweise in unterschiedlichen Oberflächen. Die offene Grabenbauweise ist in nahezu allen Oberflächen anwendbar. Im Bankettbereich besteht ein höherer Abstimmungsbedarf. Oberflächen mit gebundenem Oberbau müssen zuerst durchtrennt und dann entnommen werden. Bei Pflasteroberflächen werden vor Arbeitsbeginn die Pflastersteine im Arbeitsraum entfernt.



Abbildung 6: Bagger beim Ausschachten eines Grabens
Quelle: Verband Sichere Transport- und Verteilnetze/KRITIS e.V. (VST)/Tom Wolf

offener Grabenbau mit Bagger/Handschachtung

Hausanschluss (urban)	gebundener Oberbau/Deckschichten mit Bindemittel			sonstige Flächen/Grünflächen					unbef. Flächen Wirtschafts- weg etc.	Hausanschluss (ländlich)
	Geh- und Radweg	Abstellfläche	Fahrstreifen	Bankett	Mulde/Entwässergraben	Böschung	Seitentrennstreifen	Wiese, Felder, Gelände		

Legende

 Anwendung möglich	 Anwendung bedingt möglich, konkrete Prüfung im Einzelfall erforderlich	 Anwendung nicht möglich
--	---	--

Abbildung 7: Einsatzmöglichkeiten der offenen Grabenbauweise
Quelle: Redaktionsteam der Verlegebroschüre

Zur Verdeutlichung der Anwendungsmöglichkeiten der offenen Grabenbauweise zeigt Tabelle 1 die Grabentiefen und -breiten, die typischerweise bei dem Einsatz von Bagger oder Handschachtung mit Schaufel hergestellt werden.

Anwendung	typische Parameter
Graben-/Schlitzbreite	> 15 cm
Graben-/Schlitztiefe	> 30 cm
Eingesetztes Werkzeug	Bagger, Handschachtung mit Schaufel

Tabelle 1: Leistungsparameter der offenen Grabenbauweise

3.1.2. Fräs- bzw. Meißelverfahren

Bei den Fräs- bzw. Meißelverfahren wird ein Schlitz in befestigte oder unbefestigte Oberflächen gefräst. Der entstandene Aushub wird danach von der Maschine aus dem Schlitz entfernt (z.B. durch Absaugen). In den hergestellten und gereinigten Schlitz werden erdverlegbare Leerrohre bzw. Leerrohrverbände verlegt. Je nach verwendeter Maschinerie kann in einem Arbeitsgang gefräst und mittels eines Einbaukastens die Leerrohre eingelegt werden. Im Anschluss wird der gefräste Schlitz mit einem geeigneten Verfüllbaustoff bzw. mit geeignetem Aushub verschlossen und die bestehende Oberfläche ggf. wiederhergestellt.

Die Fräs- bzw. Meißelverfahren unterscheiden sich in Abhängigkeit der Breite und Tiefe der zu realisierenden Schlitze. Die Schlitzbreite beträgt je nach Verfahren ca. 6 cm bis 30 cm. Marktüblich ist eine Schlitztiefe von bis zu 80 cm. Es sind bei Beachtung der entsprechenden Arbeitsschutzmaßnahmen und Sicherungen mit den Verfahren auch tiefere Schlitze möglich.

3.1.2.1. Kettenfräsverfahren

Das Kettenfräsverfahren wird hauptsächlich in unbefestigten Flächen und Grünflächen eingesetzt.⁷ Beim Kettenfräsverfahren wird der Graben mittels einer gezahnten Kette durch eine Grabenfräse hergestellt. Die Kette befindet sich an einem Schwert (ähnlich einer Motorsäge) und wird bis

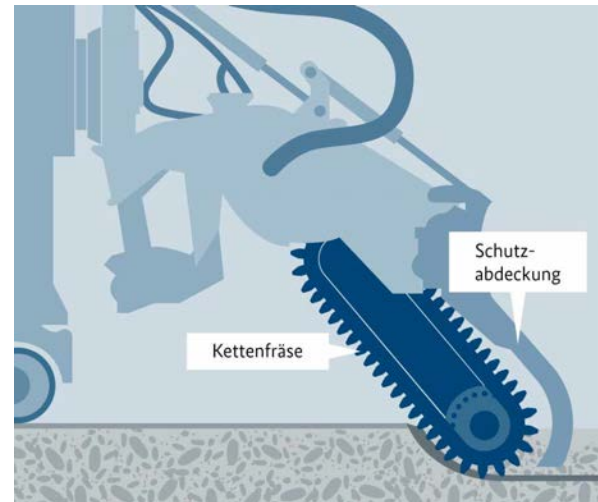


Abbildung 8: Schematische Darstellung des Kettenfräsverfahrens
Quelle: Gigabitbüro des Bundes

zur gewünschten Grabentiefe in das Erdreich eingetaucht. Die Kettenfräse wird anschließend wie ein Pflug durch das Erdreich gezogen und stellt so den Graben her. Abbildung 8 zeigt eine schematische Darstellung des Kettenfräsverfahrens.

Die entsprechenden Baumaschinen sind sowohl als handgeführte Maschinen sowie als selbstfahrende Aufsitzmaschinen erhältlich und können in Ihrer Dimensionierung dem Bedarf angepasst werden. Durch Austausch der Kettenglieder lässt sich die Breite des erzeugten Schlitzes individuell variieren.

Abbildung 9 zeigt eine an eine Maschine angebrachte Kettenfräse mit Schutzabdeckung.

⁷ In diesem Kapitel werden Kettenfräsen beschrieben, die in verdrängbaren Böden eingesetzt werden. Darüber hinaus gibt es Maschinen mit speziellem Werkzeug zum Fräsen in felsigen Böden oder im gebundenen Oberbau (z.B. Asphalt), deren Einsatzbereiche vergleichbar sind mit denen des in Kapitel 3.1.2.2 beschriebenen Fräsradwalverfahrens.



Abbildung 9: Fahrzeug mit montierter Kettenfräse
Quelle: Deutsche Telekom Technik GmbH

Das Verfahren eignet sich durch den geringen erzeugbaren Druck der Kette ausschließlich für losen bzw. geringverdichtetes Erdreich (verdrängbarer Boden). Im Bankettbereich besteht ein höherer Abstimmungsbedarf. Im Bereich vorhandener Leitungen muss immer von Hand geschachtet werden.

Abbildung 10 illustriert die Einsatzmöglichkeiten des Kettenfräsverfahrens in unterschiedlichen Oberflächen, eingeordnet in das in Kapitel 3 beschriebene Farbschema.

Kettenfräsverfahren

Hausanschluss (urban)	gebundener Oberbau/Deckschichten mit Bindemittel			sonstige Flächen/Grünflächen					unbef. Flächen	Hausanschluss (ländlich)
	Geh- und Radweg	Abstellfläche	Fahrstreifen	Bankett	Mulde/Entwässergraben	Böschung	Seitentrennstreifen	Wiese, Felder, Gelände	Wirtschaftsweg etc.	

Legende

	Anwendung möglich		Anwendung bedingt möglich, konkrete Prüfung im Einzelfall erforderlich		Anwendung nicht möglich
--	-------------------	--	--	--	-------------------------

Abbildung 10: Einsatzmöglichkeiten des Kettenfräsverfahrens
Quelle: Redaktionsteam der Verlegebroschüre

Zur Verdeutlichung der Anwendungsmöglichkeiten des Kettenfräsverfahrens zeigt Tabelle 2 die Schlitztiefen und -breiten, die typischerweise mit der Kettenfräse hergestellt werden. Bei den für den Ausbau von Telekommunikationsleitungen eingesetzten Kettenfräsen werden typischerweise Schlitztiefen bis zu 80 cm Tiefe und in 20 cm bis 30 cm Breite gefräst.

Anwendung	typische Parameter
Schlitzbreite	20 cm bis 30 cm
Schlitztiefe	bis zu 80 cm
Eingesetztes Werkzeug	Kettenfräse

Tabelle 2: Leistungsparameter des Kettenfräsverfahrens

3.1.2.2. Fräsradwalfahren

Das Fräsradwalfahren wird in verschiedenen Bereichen eingesetzt. Dabei wird ein unterschiedlich groß dimensioniertes Fräs-/Felsrad zur Herstellung des Schlitzes verwendet, abhängig von der gewünschten Tiefe des Grabens. Das Fräs-/Felsrad ist häufig modular aufgebaut und besteht aus dem zentralen Rad, welches mit unterschiedlich breiten Fräs-Sektionen besetzt werden kann. Über die wechselbaren Sektionen lässt sich die spätere Schlitzbreite variieren, zudem kann das Fräs-/Felsrad an den vorhandenen Untergrund angepasst werden.

Abbildung 11 zeigt eine schematische Darstellung des Fräsradwalfahrens, bei welchem in einem Arbeitsgang neben dem Fräsen der Aushub durch eine entsprechende Vorrichtung abgesaugt wird.

Am Markt sind sowohl eigenständige Frässysteme in Form von selbstfahrenden Arbeitsmaschinen erhältlich, als auch Anbaugeräte für Bagger und Kompaktlader, die hydraulisch betrieben werden. Abbildung 12 zeigt ein an einem Zug-

fahrzeug angebrachtes Fräs-/Felsrad, welches in die Asphaltoberfläche einer Fahrbahn eindringt.

Wichtig ist es, bei der Herstellung des Schlitzes auf eine gerade Linienführung zu achten und das Ausschlagen der Maschine durch ausreichend Anpressdruck sowie ausreichend hohe Raddrehzahl zu verhindern.

Bei der Anwendung in Asphaltoberflächen kann diese Verlegungsmethode zum vollständigen Herstellen des Schlitzes über verschiedene Schichten hinweg zum Einsatz kommen. Das Fräs-/Felsrad durchtrennt dabei die Asphaltoberfläche und fräst sich anschließend in die darunterliegenden Schichten. Auch starke Asphalt- oder Betonschichten lassen sich mit diesem Verfahren durchdringen. Abbildung 13 zeigt den Einsatz des Fräsradwalfahrens in einer Asphaltoberfläche.

Abweichend davon kann die Asphaltoberfläche auch zunächst mittels eines Asphaltchneiders durchtrennt und separat entnommen werden. Das Fräsen findet dann im entstandenen Schlitz statt. Bei Anwendung in Pflasteroberflächen werden vor Arbeitsbeginn die Pflastersteine im

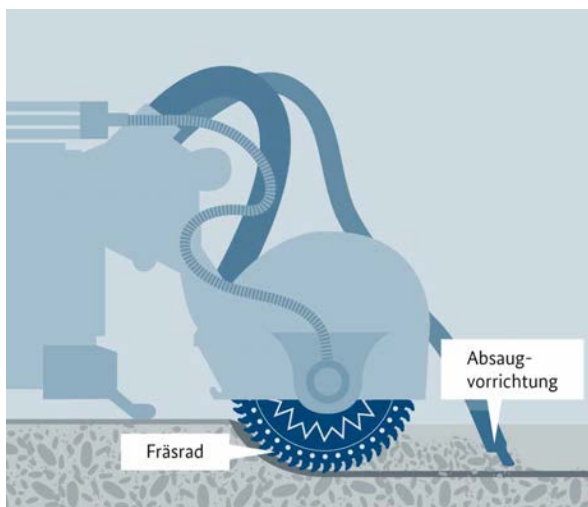


Abbildung 11: Schematische Darstellung des Fräsradwalfahrens
Quelle: Gigabitbüro des Bundes



Abbildung 12: Eindringen einer Fräse in den Asphalt
Quelle: Simex s.r.l.



Abbildung 13: Fräsen in Asphalt
Quelle: Simex s.r.l.

Arbeitsraum entfernt. In unbefestigten Flächen kann das Fräs-/Felsrad ohne weitere Vorarbeiten verwendet werden. Für das Fräsen im Bankett oder in Böschungen werden dafür angepasste Maschinen eingesetzt. Im Bankettbereich besteht ein höherer Abstimmungsbedarf. Im Bereich vorhandener Leitungen muss immer von Hand geschachtet werden. Abbildung 14 illustriert die Einsatzmöglichkeiten des Fräsradsverfahrens in unterschiedlichen Oberflächen, eingeordnet in das in Kapitel 3 beschriebene Farbschema.

Fräsradsverfahren

Hausanschluss (urban)	gebundener Oberbau/Deckschichten mit Bindemittel			sonstige Flächen/Grünflächen					unbef. Flächen Wirtschafts-weg etc.	Hausanschluss (ländlich)
	Geh- und Radweg	Abstellfläche	Fahrstreifen	Bankett	Mulde/Entwäss.-graben	Böschung	Seitentrennstreifen	Wiese, Felder, Gelände		

Legende

	Anwendung möglich		Anwendung bedingt möglich, konkrete Prüfung im Einzelfall erforderlich		Anwendung nicht möglich
--	-------------------	--	--	--	-------------------------

Abbildung 14: Einsatzmöglichkeiten des Fräsradsverfahrens
Quelle: Redaktionsteam der Verlegebroschüre

Zur Verdeutlichung der Anwendungsmöglichkeiten des Fräsradsverfahrens zeigt Tabelle 3 die Schlitztiefen und -breiten, die typischerweise mit dem Feld-/Fräsrads hergestellt werden. Die gängige Schlitzbreite variiert zwischen 6 cm und 22 cm. Eine Schlitztiefe zwischen 30 cm und 50 cm ist typisch für das Verfahren.

Anwendung	typische Parameter
Schlitzbreite	6 cm bis 22 cm
Schlitztiefe	30 cm bis 50 cm
Eingesetztes Werkzeug	Fräs-/Felsrad

Tabelle 3: Leistungsparameter des Fräsradsverfahrens

3.1.2.3. Bankettfräsverfahren

Das Bankettfräsverfahren ist eine Verlegemethode für den Glasfasernetzausbau entlang von Straßen in dem vorhandenen Bankett. Die Verlegung erfolgt dabei typischerweise außerorts bzw. im ländlichen Bereich.

Beim Bankettfräsverfahren wird mittels einer speziellen Fräse ein Schlitz in das Straßenbankett gefräst. Der Schlitz wird neben der Asphaltkante hergestellt. Im gleichen Arbeitsschritt wird je nach Bedarf ein oder mehrere Leerrohrverbände in den Schlitz eingebracht und mit (ausgesiebertem) Feinmaterial umhüllt. Darüber wird anschließend ein Trassenwarnband verlegt und der Schlitz mit dem restlichen ausgefrästen, aufbereiteten Aushub oder geeignetem Verfüllmaterial verschlossen (vgl. schematische Darstellung in Abbildung 15). Während des gesamten Verlegvorgangs bleibt der Schlitz durch eine integrierte Schlepschalung geschützt. Der Straßenkörper wird bei entsprechender Verdichtung dadurch wenig beeinträchtigt.

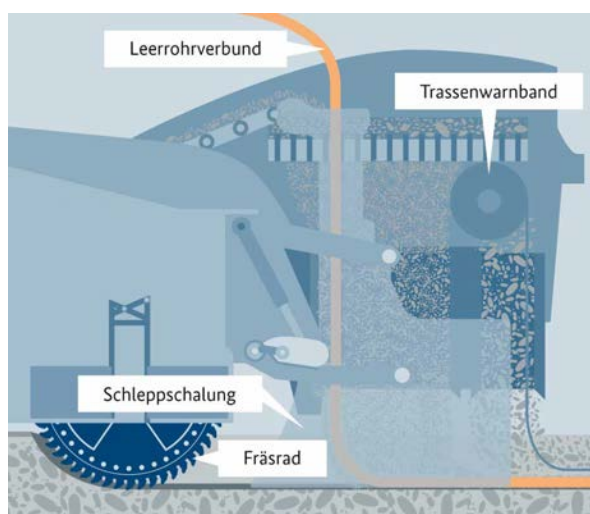


Abbildung 15: Schematische Darstellung des Bankettfräsverfahrens
Quelle: Gigabitbüro des Bundes

Danach erfolgt eine mehrlagige Verdichtung (walkende Komponente für das Feinmaterial im unteren Schlitzbereich, schlagende Komponente für die restliche gröbere Körnung) und abschließend die Wiederherstellung des Bankettes.

Durch seitliches Verschieben der Verlegeeinheit werden Randbelastungen für die asphaltierte Fahrbahn minimiert. Das Verlegen der Leitungen mit Kurvenradien bis zu 4 m ist ohne Ausheben der Fräse möglich.

Abbildung 16 zeigt die an eine Zugmaschine angebrachte Vorrichtung für das Bankettfräsverfahren. Ein auf einer Kabeltrommel mitgeführtes Leerrohr sowie ein Trassenwarnband werden in einem Arbeitsgang in den hergestellten Schlitz eingebracht.

Das Bankettfräsverfahren wird üblicherweise im Bankett neben der Fahrbahn eingesetzt. Im Bedarfsfall kann der Einsatz auch in Asphalt- oder Betonoberflächen stattfinden. Pflastersteine o. ä. müssen vor der Verlegung entfernt werden. Auf



Abbildung 16: Zugmaschine mit Vorrichtung für das Bankettfräsverfahren
Quelle: LAYJET Micro – Rohr Verlegegesellschaft m.b.H.

die ordnungsgemäße Entsorgung z. B. belasteter Oberflächen sowie die Wiederherstellung der Oberflächen muss dabei geachtet werden.

Im Gelände oder in Grünflächen kann nach Bedarf auch in felsigen Böden gefräst werden (s. Kapitel 3: Unterirdische Verlegungsmethoden von Telekommunikationslinien – Bodenarten).

Im Bankettbereich besteht ein höherer Abstimmungsbedarf. Ein Einsatz in Böschungen ist nicht möglich. Im Bereich vorhandener Leitungen muss immer von Hand geschachtet werden. Abbildung 17 illustriert die Einsatzmöglichkeiten des Bankettfräsverfahrens in unterschiedlichen Oberflächen, eingeordnet in das in Kapitel 3 beschriebene Farbschema.

Bankettfräsverfahren

Hausanschluss (urban)	gebundener Oberbau/Deckschichten mit Bindemittel			sonstige Flächen/Grünflächen					unbef. Flächen Wirtschafts-weg etc.	Hausanschluss (ländlich)
	Geh- und Radweg	Abstellfläche	Fahrstreifen	Bankett	Mulde/Entwäss.-graben	Böschung	Seitentrennstreifen	Wiese, Felder, Gelände		

Legende

	Anwendung möglich		Anwendung bedingt möglich, konkrete Prüfung im Einzelfall erforderlich		Anwendung nicht möglich
--	-------------------	--	--	--	-------------------------

Abbildung 17: Einsatzmöglichkeiten des Bankettfräsverfahrens
Quelle: Redaktionsteam der Verlegebroschüre

Zur Verdeutlichung der Anwendungsmöglichkeiten des Bankettfräsverfahrens zeigt Tabelle 4 die Schlitztiefen und -breiten, die typischerweise durch eine Bankettfräse hergestellt werden. Beim Bankettfräsverfahren werden typischerweise Breiten von 18 cm bis 25 cm und Tiefen von 50 cm bis 70 cm gefräst. Im Bedarfsfall kann auch tiefer gefräst werden.

Anwendung	typische Parameter
Schlitzbreite	18 cm bis 25 cm
Schlitztiefe	50 cm bis 70 cm
Eingesetztes Werkzeug	Bankettfräse

Tabelle 4: Leistungsparameter des Bankettfräsverfahrens

3.1.3. Schleif- bzw. Sägeverfahren und Stufenschleifverfahren

3.1.3.1. Schleif- bzw. Sägeverfahren

Das Schleif- bzw. Sägeverfahren wird im gebundenen Oberbau eingesetzt. Mittels einer oder mehrerer paralleler Trennscheiben/Sägeblätter wird ein schmaler Schlitz in der befestigten Oberfläche hergestellt. Die Geräte verfügen in der Regel über einen Trennscheiben-/Sägeblattdurchmesser von bis zu 80 cm. Zum Einsatz kommen hierbei leicht modifizierte Asphalt-/Fugenschneider. Der entstehende Aushub wird seitlich am Trassenrand von der Maschine abgelegt oder mittels einer entsprechenden Vorrichtung abgesaugt. In den gereinigten Schlitz werden erdverlegbare Leerrohre bzw. Leerrohrverbände verlegt. Je nach verwendeter Maschinerie kann in einem Arbeitsgang gesägt und mittels eines Mikropflugs die Leerrohre eingelegt werden. Im Anschluss wird der gefräste Schlitz mit einem geeigneten Verfüllbaustoff bzw. mit geeignetem Aushub verschlossen und die bestehende Oberfläche wiederhergestellt.

Abbildung 18 zeigt die zur Herstellung des Schlitzes verwendete Diamantschleifscheibe und den direkt dahinter geführten Pflug. Durch diesen wird der Schlitz von nachfallendem Material freigehalten und die Leerrohre direkt auf der Schlitzsohle eingebracht.



Abbildung 18: Diamantschleifscheibe und Pflug zum Einlegen von Leerrohren

Quelle: Otto Alte-Teigeler GmbH

Das Verfahren ist in befestigten Oberflächen einsetzbar, auf Grund der geringen Schlitzbreite ist der Anwendungsbereich jedoch eingeschränkt, da nur wenige Medien nebeneinander eingelegt werden können. Zur Erstellung des Hausanschlusses (urban) ist eine Grube bzw. ein Kopfloch erforderlich. In Pflasteroberflächen besteht entsprechender Abstimmungsbedarf. Im Bereich vorhandener Leitungen muss immer von Hand geschachtet werden. Abbildung 19 illustriert die Einsatzmöglichkeiten des Schleif- bzw. Sägeverfahrens in unterschiedlichen Oberflächen, eingeordnet in das in Kapitel 3 beschriebene Farbschema.

Schleif- bzw. Sägeverfahren

Hausanschluss (urban)	gebundener Oberbau/Deckschichten mit Bindemittel			sonstige Flächen/Grünflächen					unbef. Flächen Wirtschafts- weg etc.	Hausanschluss (ländlich)
	Geh- und Radweg	Abstellfläche	Fahrstreifen	Bankett	Mulde/Entwässergraben	Böschung	Seitentrennstreifen	Wiese, Felder, Gelände		

Legende

 Anwendung möglich	 Anwendung bedingt möglich, konkrete Prüfung im Einzelfall erforderlich	 Anwendung nicht möglich
---	--	--

Abbildung 19: Einsatzmöglichkeiten des Schleif- bzw. Sägeverfahrens

Quelle: Redaktionsteam der Verlegebroschüre

Zur Verdeutlichung der Anwendungsmöglichkeiten des Schleif- bzw. Sägeverfahrens zeigt Tabelle 5 die Schlitztiefen und -breiten, die typischerweise durch die eingesetzten Diamantsägeblätter hergestellt werden. Die gängige Arbeitsbreite variiert zwischen 1 cm und 8 cm, die Schlitztiefe beträgt typischerweise bis zu 45 cm.

Anwendung	typische Parameter
Schlitzbreite	1 cm bis 8 cm
Schlitztiefe	bis zu 45 cm, abhängig vom Durchmesser der Trennscheibe
Eingesetztes Werkzeug	Diamantsägeblatt/-schleifscheibe

Tabelle 5: Leistungsparameter des Schleif- bzw. Sägeverfahrens

3.1.3.2. Stufenschleifverfahren

Das Stufenschleifverfahren wird in Asphalt- und Betonoberflächen eingesetzt. Durch Diamantschleifscheiben unterschiedlicher Durchmesser wird ein sogenannter Stufenschlitz in die befestigte Oberfläche hergestellt.



Abbildung 20: Stufenschlitz in einer Asphaltoberfläche
Quelle: Österreichische Glasfaser Verlegungsges. m.b.H

Abbildung 20 zeigt einen solchen T-förmigen Schlitz, der durch das Stufenschlitzverfahren hergestellt wird. Der entstehende Aushub wird mit einer entsprechenden Vorrichtung abgesaugt. Abbildung 21 zeigt eine schematische Darstellung des Stufenschleifverfahrens.

Durch die Form des Schlitzes soll der Verlegeraum (unterer Teil des Stufenschlitzes) von äußerer Kräfteeinwirkung geschützt werden. Das Asphaltgefüge der Straße wird, eine ausreichende Dicke des Asphaltoberbaus vorausgesetzt, beim Einschleifen des Stufenschlitzes nicht durchtrennt. Daher werden die ungebundenen Schichten des Straßenaufbau/-unterbaus nicht berührt. Der Schlitz wird im Nassverfahren hergestellt, um hohe Staubbelastungen zu vermeiden. Durch die Anwendung in ausschließlich befestigten Oberflächen finden kein Nachfallen von Trag-schichtmaterial und keine Setzungen statt. Die Breite des Schlitzes und des Verlegeraums kann durch den Einsatz verschiedener Diamantschleifscheiben variiert werden. Dadurch ist die Verlegung verschiedener Kombinationen von erdverlegbaren Leerrohren bzw. Leerrohrverbän-

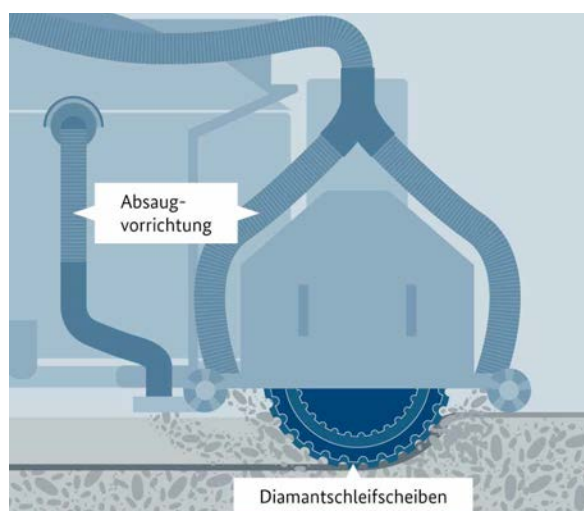


Abbildung 21: Schematische Darstellung des Stufenschleifverfahrens
Quelle: Gigabitbüro des Bundes

den möglich. Diese werden in den Verlegeraum des hergestellten Schlitzes verlegt.

Nach der Abstreuerung mit Sand ist das Leerrohr an der Schlitzsohle fixiert. Der Stufenschlitzgraben wird im Anschluss mit einer Verfüllmasse (Epoxidharz) verfüllt. Durch die trennende Sandschicht ist eine spätere Trassenfreilegung möglich, da das Epoxidharz nicht mit den Leerrohren zu einer Einheit verschmilzt.

Das Stufenschleifverfahren wird in Oberflächen mit gebundenem Oberbau, hauptsächlich in

Asphalt, eingesetzt. In Pflasteroberflächen besteht entsprechender Abstimmungsbedarf. Für die Anwendung in z. B. gepflasterten Oberflächen können ggf. Verlegekabeltröge eingesetzt werden. Zur Erstellung des Hausanschlusses (urban) ist eine Grube bzw. ein Kopfloch erforderlich. Im Bereich vorhandener Leitungen muss immer von Hand geschachtet werden. Abbildung 22 illustriert die Einsatzmöglichkeiten des Stufenschleifverfahrens in unterschiedlichen Oberflächen, eingeordnet in das in Kapitel 3 beschriebene Farbschema.

Stufenschleifverfahren

Hausanschluss (urban)	gebundener Oberbau/Deckschichten mit Bindemittel			sonstige Flächen/Grünflächen					unbef. Flächen Wirtschafts-weg etc.	Hausanschluss (ländlich)
	Geh- und Radweg	Abstellfläche	Fahrstreifen	Bankett	Mulde/Entwäss.-graben	Böschung	Seitentrennstreifen	Wiese, Felder, Gelände		

Legende

	Anwendung möglich		Anwendung bedingt möglich, konkrete Prüfung im Einzelfall erforderlich		Anwendung nicht möglich
--	-------------------	--	--	--	-------------------------

Abbildung 22: Einsatzmöglichkeiten des Stufenschleifverfahrens

Quelle: Redaktionsteam der Verlegebroschüre

Zur Verdeutlichung der Anwendungsmöglichkeiten des Stufenschleifverfahrens zeigt Tabelle 6 die Schlitztiefen und -breiten, die typischerweise durch die eingesetzten Diamantschleifscheiben hergestellt werden.

Anwendung	typische Parameter
Typische Breite	0,8 cm bis 11 cm
Typische Tiefe	je Stärke der befestigten Oberfläche, Mindestüberdeckung von 6 cm des Rohrscheitels, bei Geh- und Radwegen Mindestüberdeckung von 3 cm des Rohrscheitels
Eingesetztes Werkzeug	Diamantschleifscheiben

Tabelle 6: Leistungsparameter des Stufenschleifverfahrens

3.1.4. Kabelpflugverfahren

Das Pflugverfahren wird insbesondere in ländlichen Bereichen eingesetzt und kann sowohl im freien Gelände als auch neben bestehenden befestigten Straßen oder in unbefestigten Wegen angewandt werden.

Beim Pflugverfahren wird mithilfe eines Pflugschwertes, das an einer geeigneten Zugmaschine angebracht ist, durch Verdrängung des Erdreiches ein schmaler Schlitz bis auf Verlegetiefe in den Untergrund gezogen. In diesem Schlitz wird anschließend oder schon im selben Arbeitsgang ein Leerrohrverband eingezogen und ein Trassenwarnband über die Trasse verlegt (vgl. schematische Darstellung in Abbildung 23). Das Leerrohr kann ggf. auch eingesandet werden (bei Vibrationspflügen nicht notwendig). Anschließend wird der durch das Pflugschwert verdrängte und aufgeworfene Boden beispielsweise mittels Walze eingeebnet und der Schlitz verschlossen. Da bei diesem Verfahren kein Aushub erzeugt wird, ist der Aufwand der Oberflächenwiederherstellung durch Einebnen des Schlitzes gering.

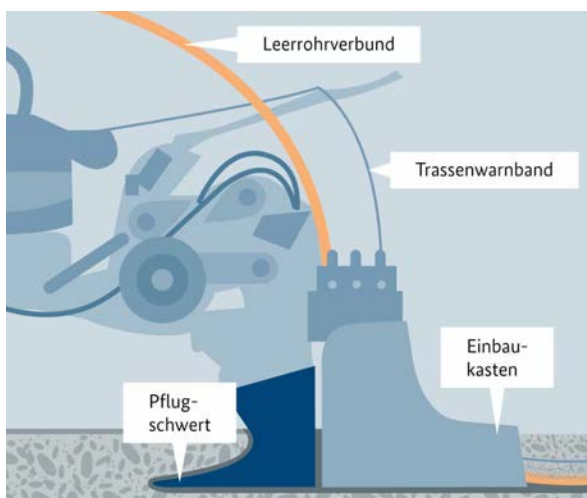


Abbildung 23: Schematische Darstellung des Pflugverfahrens
Quelle: Gigabitbüro des Bundes



Abbildung 24: Zugmaschine mit Vorrichtung für das Pflugverfahren und Kabeltrommel mit Leerrohr
Quelle: econtech GmbH

Abbildung 24 zeigt eine an eine Zugmaschine angebrachte Vorrichtung für das Pflugverfahren. Ein auf einer Kabeltrommel mitgeführter Leerrohrverband sowie ein Trassenwarnband werden in einem Arbeitsgang in den hergestellten Pflugschlitz eingebracht. Die Wirkung des Pflugschwertes kann durch Vibration verstärkt werden, bei manchen Pflugverfahren wird zusätzlich eine Seilwinde zur Unterstützung des Trägergerätes eingesetzt.

Der Begriff Kabelpflug ist ein Oberbegriff für verschiedene Pflugverfahren.

Je nach Einsatzzweck ist das optimale Verfahren zu wählen. Zu den Kriterien zählen beispielsweise:

- Qualität
- Radien
- Geschwindigkeit
- Anzahl zu legenden Rohre
- Größe und Gewicht
- Straßenzulassung
- Aufwand der Genehmigungsverfahren



Abbildung 25: Einsatz des Pflugverfahrens in unwegsamem Gelände
Quelle: econtech GmbH

Abbildung 25 veranschaulicht, dass mit dem entsprechenden Gerät das Pflugverfahren auch in sonst schwer zu bearbeitendem Gelände eingesetzt werden kann, so wie hier dargestellt im Bereich der Böschung neben einer Fahrbahn.

Das Baufeld ist bei dieser Verlegemethode begrenzt auf die Breite des Pfluges und die Länge der Verlegestrecke zuzüglich Arbeitsraum für das Pfluggerät. Das Kabelpflugverfahren kann

in verdrängbaren Böden eingesetzt werden (s. Kapitel 3: Unterirdische Verlegemethoden von Telekommunikationslinien – Bodenarten), z. B. in sonstigen Flächen/Grünflächen oder in unbefestigten Wegen/wassergebundenen Flächen.

Generell kommt es auf die Größe und das Gewicht des eingesetzten Kabelpflugs an, in welchen Böden gepflügt werden kann. Beispielsweise kann mit dem entsprechenden Werkzeug auch in Schotter gepflügt werden. Für urbane Hausanschlüsse wird das Pflugverfahren aufgrund der meist kurzen Länge und vieler Fremdleitungen in der Regel nicht angewandt. Es gibt allerdings auch kleine Maschinen, die nach Entnahme z. B. der Pflastersteine auch über kurze Strecken zum Einsatz kommen. Querungen im Fahrstreifen können gepflügt werden, wenn die Deck- und Tragschicht entfernt wurde. Im Bankettbereich besteht ein höherer Abstimmungsbedarf. Im Bereich vorhandener Leitungen muss immer von Hand geschachtet werden.

Abbildung 26 illustriert die Einsatzmöglichkeiten des Pflugverfahrens in unterschiedlichen Oberflächen, eingeordnet in das in Kapitel 3 beschriebene Farbschema.

Pflugverfahren

Hausanschluss (urban)	gebundener Oberbau/Deckschichten mit Bindemittel			sonstige Flächen/Grünflächen					unbef. Flächen Wirtschafts- weg etc.	Hausanschluss (ländlich)
	Geh- und Radweg	Abstellfläche	Fahrstreifen	Bankett	Mulde/Entwässergraben	Böschung	Seitentrennstreifen	Wiese, Felder, Gelände		

Legende

	Anwendung möglich		Anwendung bedingt möglich, konkrete Prüfung im Einzelfall erforderlich		Anwendung nicht möglich
--	-------------------	--	--	--	-------------------------

Abbildung 26: Einsatzmöglichkeiten des Pflugverfahrens
Quelle: Redaktionsteam der Verlegebroschüre

Zur Verdeutlichung der Anwendungsmöglichkeiten des Pflugverfahrens zeigt Tabelle 7 die Schlitztiefen und -breiten, die typischerweise durch das eingesetzte Pflugschwert hergestellt werden.

Anwendung	typische Parameter
Schlitzbreite	10 cm bis 12 cm
Schlitztiefe	bis 120 cm; übliche Tiefe 60 cm bis 90 cm
Eingesetztes Werkzeug	Pflugschwert

Tabelle 7: Leistungsparameter des Pflugverfahrens

3.2. Grabenlose Verlegemethoden

Anwendung des Farbschemas für die grabenlosen Verlegemethoden

Grabenlose Verlegemethoden stellen in der Regel einen Bohrkanal zwischen einer Start- und Zielgrube her, in dem anschließend oder im gleichen Arbeitsgang Kabelschutzrohre ein-

gezogen werden.⁸ Die in dieser Handreichung betrachteten grabenlosen Verlegemethoden für Leerrohre bzw. Leerrohrverbände werden in der Praxis in unterschiedlichen Böden eingesetzt (s. Kapitel 3: Unterirdische Verlegemethoden von Telekommunikationslinien – Bodenarten), die je nach ihrer Beschaffenheit mehr oder weniger schwer zu durchdringen bzw. zu bearbeiten sind. Nicht jede der hier betrachteten Verlegemethoden ist in jeder Bodenart anwendbar. Im Folgenden wird der Einsatz der grabenlosen Verlegemethoden vereinfacht nach Böden (verdrängbarer Boden, Übergangsbereich Boden/Fels, Fels) Verlegedistanzen (bis 50 m, bis 100 m, bis 500 m, 1.000 m +) und Anwendungsarten (Hausanschluss, Straßenquerung, Gewässerquerung, Längsverlegung, Steuerungsmöglichkeit) unterschieden (s. Abbildung 27).

Im Anschluss an die Beschreibungen der jeweiligen grabenlose Verlegemethode wird entsprechend in einer Grafik die Einsatzmöglichkeit dieser Methode in das in Kapitel 3 beschriebene Farbschema eingeordnet.

Baugrundbeschaffenheit			Verlegedistanzen					Art der Anwendung				
Verdrängbarer Boden	Übergangsbereich Boden/Fels	Fels	bis 25 m	bis 50 m	bis 100 m	bis 500 m	1.000 m +	Hausanschlüsse	Straßenquerungen	Gewässerquerungen	Längsverlegung	Steuerungsmöglichkeit

Abbildung 27: Übersicht der Einsatzmöglichkeiten der grabenlosen Verlegemethoden für Baugrundbeschaffenheit, realisierbare Verlegedistanz sowie Art der möglichen Anwendung

Quelle: Redaktionsteam der Verlegebroschüre

⁸ Für die Verlegung in Abwasserkanälen wird das bereits vorhandene Abwassernetz als Trasse für die neuen Netzinfrastrukturen genutzt.

3.2.1. Horizontal-Spülbohrverfahren

Das Horizontal-Spülbohrverfahren ist eine Richtbohrtechnik, die es ermöglicht, grabenlos Kabelschutzrohre zu verlegen.

Beim Horizontal-Spülbohrverfahren wird, wie die schematische Darstellung in Abbildung 28 zeigt, zwischen zwei Baugruben (Start- und Zielgrube) eine steuerbare Pilotbohrung ausgeführt (oberer Teil der Lupenansicht in Abbildung 28). Die Pilotbohrung ermöglicht durch Rotation sowie Verflüssigung einen Vortrieb bei unterschiedlichsten Bodenbeschaffenheiten. Mittels einer Bentonit-Bohrspülung (Bohrsuspension) wird das Erdreich gelockert und das Bohrgut aus dem Kanal gefördert (gespült). Das Erdreich rund um den Bohrkanal wird durch das Bentonit in einem Ringbereich stabilisiert. Der Bohrkopf der Pilotbohrung kann von der Oberfläche aus jederzeit geortet werden. Es können begrenzt steuernde Eingriffe vorgenommen werden. Nach der durchgeführten Pilotbohrung wird durch Zurückziehen des Bohrgestänges eine Räum- oder Aufweitbohrung vorgenommen. Hierzu wird der Bohrkopf bzw. Spülkopf mit Steuerfläche in der Zielgrube durch einen Aufweitkopf ausgetauscht,

der ggf. den Bohrkanal von Erdreich räumt oder diesen im Durchmesser erweitert. An das Bohrgestänge wird ebenfalls ein Kabelschutzrohr befestigt, das durch den Bohrkanal beim Zurückziehen eingebracht wird (unterer Teil der Lupenansicht in Abbildung 28). Es können auch mehrere Kabelschutzrohre gleichzeitig in den Kanal eingebracht werden. In das verlegte Kabelschutzrohr werden erdverlegbare Leerrohre bzw. Leerrohrverbände eingebracht.

Abbildung 29 zeigt eine Maschine für das Horizontal-Spülbohrverfahren vor einer Startgrube. Weitere Segmente des zur Herstellung der Pilotbohrung benötigten Bohrgestänges sind auf der Maschine gelagert.

Das Horizontal-Spülbohrverfahren kann in verdrängbarem Boden, im Übergangsbereich Boden/Fels sowie in Fels (s. Kapitel 3: Unterirdische Verlegungsmethoden von Telekommunikationslinien – Bodenarten) eingesetzt werden. Je nach vorherrschender Geologie erfolgt die Auswahl des passenden Bohrkopfes. Das Verfahren eignet sich sowohl für die Querung von Hindernissen als auch für die Längsverlegung von TK-Leitungen. Weitere Anwendungsfelder

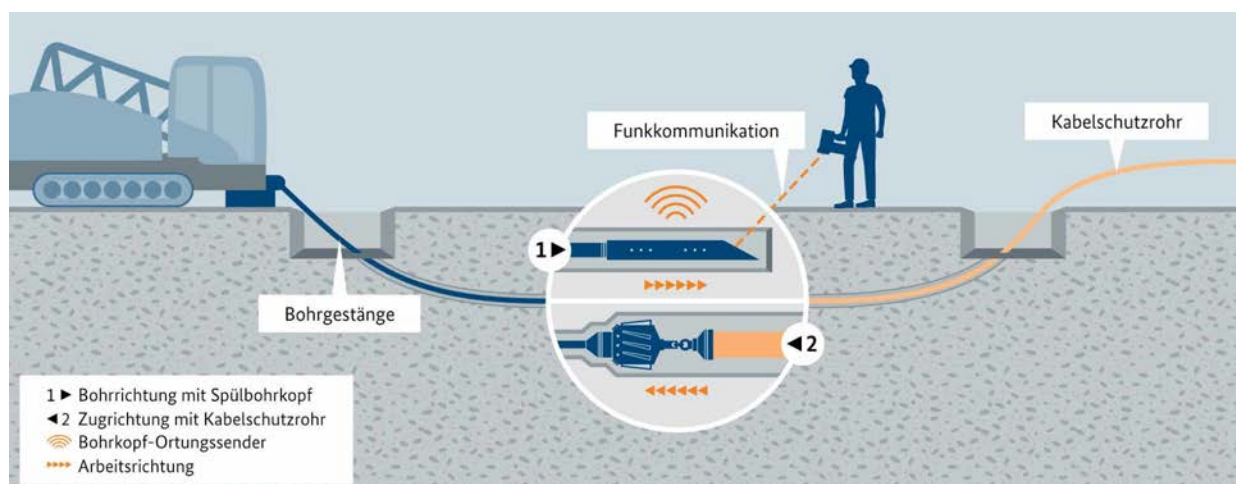


Abbildung 28: Schematische Darstellung des Horizontal-Spülbohrverfahrens
 Quelle: Gigabitbüro des Bundes



Abbildung 29: Maschine für das Horizontal-Spülbohrverfahren
Quelle: TRACTO-TECHNIK GmbH & Co. KG

sind der Einsatz bei besonders schützenswerten Oberflächen, wie unter Denkmalschutz stehende Pflasterungen oder Naturschutzgebiete. Ein Einsatz für Verlegedistanzen unter 50 m und für Hausanschlüsse ist theoretisch möglich, für kurze Distanzen werden in der Regel aber kleinere Anlagen eingesetzt (s. z. B. Kapitel 3.2.1.1 Mini-Spülbohrsysteme für Hausanschlüsse und kurze Querungen). Im Bereich vorhandener Leitungen muss immer von Hand geschachtet werden. Abbildung 30 illustriert die Einsatzmöglichkeiten des Horizontal-Spülbohrverfahrens, eingeordnet in das in Kapitel 3 beschriebene Farbschema.

Zur Verdeutlichung der Anwendungsmöglichkeiten zeigt Tabelle 8 die Trassenlängen und -tiefen sowie weitere Parameter, für die das Horizontal-Spülbohrverfahren typischerweise anwendbar sind. Das Horizontal-Spülbohrverfahren wird je nach eingesetztem Bohrergerät in unterschiedlichen Maximaltiefen durchgeführt. Die für den TK-Ausbau eingesetzten Bohrergeräte erreichen

Horizontal-Spülbohrverfahren

Baugrundbeschaffenheit			Verlegedistanzen					Art der Anwendung				
Verdrängbarer Boden	Übergangsbereich Boden/Fels	Fels	bis 25 m	bis 50 m	bis 100 m	bis 500 m	1.000 m +	Hausanschlüsse	Straßenquerungen	Gewässerquerungen	Längsverlegung	Steuerungsmöglichkeit

Legende

	Anwendung möglich		Anwendung bedingt möglich, konkrete Prüfung im Einzelfall erforderlich		Anwendung nicht möglich
--	-------------------	--	--	--	-------------------------

Abbildung 30: Einsatzmöglichkeiten des Horizontal-Spülbohrverfahrens
Quelle: Redaktionsteam der Verlegebroschüre

typischerweise Tiefen bis zu 10 m und Längen bis 500 m.

Anwendung	typische Parameter
Trassenlänge	bis ca. 500 m
Trassentiefe	0,5 m (Mindesttiefe) bis 10 m
Durchmesser des Bohrkanals	100 mm (Pilotbohrung)
Maximaler Rohrdurchmesser	DA 710
Geeigneter Baugrund	verdrängbarer Boden, Übergangsbereich Boden/Fels, Fels

Tabelle 8: Leistungsparameter des Horizontal-Spülbohrverfahrens

3.2.1.1. Mini-Spülbohrsysteme für Hausanschlüsse und kurze Querungen

Gesteuerte Mini-Spülbohrsysteme eignen sich für den Einsatz in beengten Platzverhältnissen und schwierigem Gelände, um Hausanschlüsse und kurze Querungen herzustellen. Das Funktionsprinzip gleicht dem Horizontal-Spülbohrverfahren (vgl. Abbildung 28 mit Beschreibung in Kapitel 3.2.1). Der Unterschied besteht darin, dass die Bohrgeräte aus einer kleinen Startgrube oder einem Schacht heraus gestartet werden.

Abbildung 31 zeigt ein in einer Startgrube eingesetztes Mini-Spülbohrsystem, mit dem ein Bohrgestänge in den Untergrund eingeführt wird. Im linken Teil des Bildes sind weitere Segmente des Bohrgestänges gelagert.



Abbildung 31: Mini-Spülbohrsystem, eingesetzt in einer Startgrube im Gehweg; Gestängemagazin
Quelle: TRACTO-TECHNIK GmbH & Co. KG

Neben Hausanschlüssen sind auch Unterquerungen von Straßen oder Gewässern von bis zu 100 m Länge mit den Kleinbohrgeräten möglich. Je nach Boden wird eine Wasser- oder Bentonit-Bohrspülung verwendet. Der Aushub der Montage-/Zielgrube vor dem Gebäude ist nicht notwendig, wenn Leitungen grabenlos direkt in das Gebäude verlegt werden oder aus dem Gebäude heraus gestartet wird. Die Gebäudemauer wird nach erfolgter Spülbohrung mittels einer Wandeinführung abgedichtet, damit kein Grundwasser in das Haus eindringen kann. Das Verfahren kann in verdrängbarem Boden bis hin zum Übergangsbereich Boden/Fels (s. Kapitel 3: Unterirdische Verlegungsmethoden von Telekommunikationslinien – Bodenarten) eingesetzt werden. Im Bereich vorhandener Leitungen muss immer von Hand geschachtet werden. Abbildung 32 illustriert die Einsatzmöglichkeiten der Mini-Spülbohrsysteme, eingeordnet in das in Kapitel 3 beschriebene Farbschema.

Mini-Spülbohrsysteme für Hausanschlüsse und kurze Querungen

Baugrundbeschaffenheit			Verlegedistanzen					Art der Anwendung				
Verdrängbarer Boden	Übergangsbereich Boden/Fels	Fels	bis 25 m	bis 50 m	bis 100 m	bis 500 m	1.000 m +	Hausanschlüsse	Straßenquerungen	Gewässerquerungen	Längsverlegung	Steuerungsmöglichkeit

Legende

	Anwendung möglich		Anwendung bedingt möglich, konkrete Prüfung im Einzelfall erforderlich		Anwendung nicht möglich
--	-------------------	--	--	--	-------------------------

Abbildung 32: Einsatzmöglichkeiten der Mini-Spülbohrsysteme für Hausanschlüsse und kurze Querungen

Quelle: Redaktionsteam der Verlegebroschüre

Zur Verdeutlichung der Anwendungsmöglichkeiten zeigt Tabelle 9 die Trassenlängen und -tiefen sowie weitere Parameter, für die Mini-Spülbohrsysteme typischerweise anwendbar sind.

Anwendung	typische Parameter
Trassenlänge	bis 100 m
Trassentiefe	Mindesttiefe: 0,5 m
Durchmesser des Bohrkanals	58 bis 80 mm
Maximaler Rohrdurchmesser	DA 200
Geeigneter Baugrund	verdrängbarer Boden bis hin zum Übergangsbereich Boden/Fels

Tabelle 9: Leistungsparameter der Mini-Spülbohrsysteme für Hausanschlüsse und kurze Querungen

3.2.1.2. Keyhole-Verfahren (Schlüsselloch-Technologie)

Das Keyhole-Verfahren wurde entwickelt, um den Eingriff in die Oberfläche so gering wie möglich zu halten. Durch das Verfahren können Hausanschlüsse und kurze Querungen gebohrt werden. Das Funktionsprinzip gleicht dem Horizontal-Spülbohrverfahren (vgl. schematische Darstellung in Abbildung 28 mit Beschreibung in Kapitel 3.2.1) – der Unterschied besteht darin, dass die Bohrgeräte aus einer kleinen Startgrube oder einem Schacht heraus gestartet werden und die eingesetzte Maschine vollständig von außer-

halb der Baugrube bedient wird. Der spätere Anschluss der eingezogenen Kabel und Leitungen erfolgt mittels Teleskopwerkzeugen (Long Handled Toolings) von außerhalb der Baugrube (Tiefe der Baugrube i. d. R. 0,6 m).

Abbildung 33 zeigt den Einsatz einer Vorrichtung für das Keyhole-Verfahren, welche in eine runde Startgrube eingelassen wird. Von dort aus wird die Bohrung ausgeführt.

Nach erfolgter Bohrung kann die Baugrube mit dem zuvor entnommenen Material wieder verfüllt und der Bohr- bzw. Asphaltkern wieder eingesetzt und abgedichtet werden. Abbildung 34 zeigt einen solchen abgedichteten Schnitt im Asphalt nach abgeschlossener Bohrung mit dem Keyhole-Verfahren. Bei einer runden Baugrube treten gegenüber eckigen Baugruben weniger Oberflächenbelastungen auf.

Das Keyhole-Verfahren kann in verdrängbaren Böden bis hin zum Übergangsbereich Boden/Fels (s. Kapitel 3: Unterirdische Verlegemethoden von Telekommunikationslinien – Bodenarten) eingesetzt werden. Es lassen sich Bohrungen bis 30 m realisieren. Im Bereich vorhandener Leitungen muss immer von Hand geschachtet werden. Abbildung 35 illustriert die Einsatzmöglichkeiten der Mini-Spülbohrsysteme, eingeordnet in das in Kapitel 3 beschriebene Farbschema.



Abbildung 33: Bohrgerät für das Keyhole-Verfahren
Quelle: TRACTO-TECHNIK GmbH & Co. KG



Abbildung 34: Beim Keyhole-Verfahren entsteht ein kreisrunder Schnitt z. B. im Asphalt, der nach abgeschlossener Bohrung abgedichtet wird.
Quelle: TRACTO-TECHNIK GmbH & Co. KG

Keyhole-Verfahren

Baugrundbeschaffenheit			Verlegedistanzen					Art der Anwendung				
Verdrängbarer Boden	Übergangsbereich Boden/Fels	Fels	bis 25 m	bis 50 m	bis 100 m	bis 500 m	1.000 m +	Hausanschlüsse	Straßenquerungen	Gewässerquerungen	Längsverlegung	Steuerungsmöglichkeit

Legende

	Anwendung möglich		Anwendung bedingt möglich, konkrete Prüfung im Einzelfall erforderlich		Anwendung nicht möglich
--	-------------------	--	--	--	-------------------------

Abbildung 35: Einsatzmöglichkeiten des Keyhole-Verfahrens
Quelle: Redaktionsteam der Verlegebroschüre

Zur Verdeutlichung der Anwendungsmöglichkeiten zeigt Tabelle 10 die Trassenlängen und -tiefen sowie weitere Parameter, für die das Keyhole-Verfahren typischerweise anwendbar ist.

Anwendung	typische Parameter
Trassenlänge	bis 50 m
Trassentiefe	Mindesttiefe: 0,5 m
Durchmesser des Bohrkanals	58 mm (Pilotbohrung)
Maximaler Rohrdurchmesser	DA 90
Geeigneter Baugrund	verdrängbarer Boden/Übergangsbereich Boden/Fels

Tabelle 10: Leistungsparameter des Keyhole-Verfahrens

3.2.1.3. Spüllanzverfahren

Das Spüllanzverfahren ist ein steuerbares Verfahren, bei dem – basierend auf dem Bohrprinzip des Horizontal-Spülbohrverfahrens – ein dünnes Kunststoffgestänge mit Unterstützung eines Wasser-/Bentonitmischtes per Hand in den Baugrund eingeschoben wird. Es eignet sich besonders für die Verlegung von TK-Leitungen und Leerrohren im innerstädtischen Bereich.

Bei dem Verfahren wird eine Pilotbohrung zwischen einer Start- und Zielgrube hergestellt. Dies kann von der Startgrube aus mit reiner Muskelkraft oder unterstützend mit einem akkubetriebenen Drehantrieb, der den Vortrieb vereinfacht, von der Geländeoberfläche erfolgen. Abbildung 36 zeigt schematisch den Ablauf letzterer Variante. Dabei wird eine ca. 35 mm dünne Kunststoffspülanze mit Unterstützung eines Wasser-/Bentonitmischtes in den Boden eingeschoben (oberer Teil der Lupenansicht in Abbildung 36). Gegebenenfalls sind erforderliche Richtungskorrekturen möglich. Die zum Bohren benötigte Rotation wird über die Drehdurchführung, durch

die das Wasser in das Bohrgestänge eingeleitet wird, auf das Bohrgestänge übertragen.

Ist die Zielgrube erreicht, wird das einzubringende Medium über eine Öse am Bohrgestänge befestigt und beim Zurückziehen in den Spülkanal eingezogen (unterer Teil der Lupenansicht in Abbildung 36). Es kann ein Aufweitkopf beim Zurückziehen verwendet werden, der den hergestellten Bohrkanal aufweitet (ähnlich zum Spülbohrverfahren, vgl. unteren Teil der Lupenansicht in Abbildung 28).

Durch Verwendung einer frequenzgeregelten Druckpumpe kann der Flüssigkeitsdruck an die jeweiligen Bodenverhältnisse angepasst werden. Eine Saugpumpe nimmt das anfallende Boden-Flüssigkeitsgemisch in der Startgrube auf und pumpt es zu einem Separationstank. In diesem setzt sich der gelöste Boden ab und die Flüssigkeit wird wieder dem Spülkreislauf zugeführt. Dadurch ist der Einsatz von Spülflüssigkeit gering, da der Rückfluss aus dem Spülkanal kontinuierlich wiederverwendet wird.

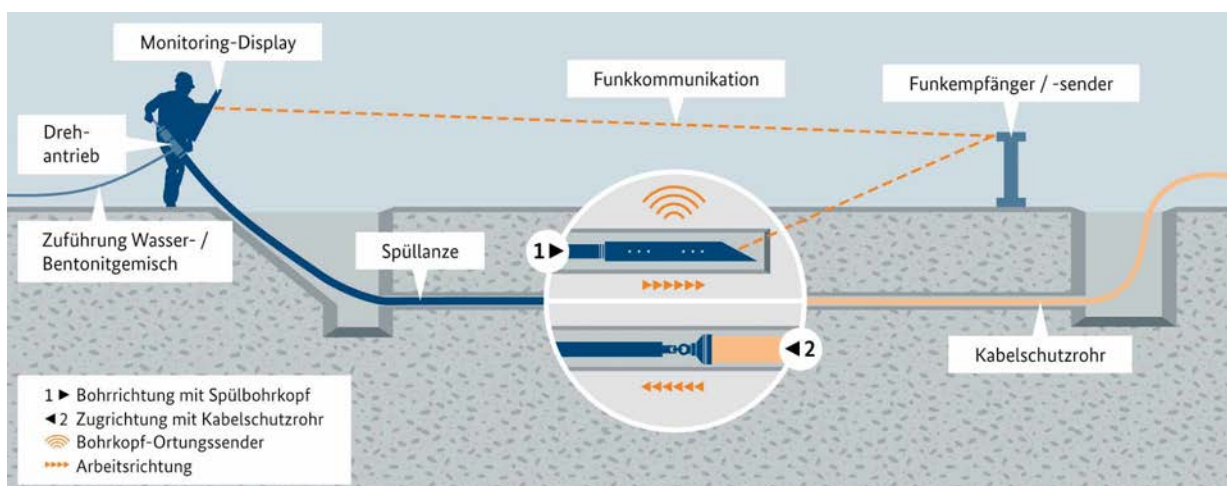


Abbildung 36: Schematische Darstellung des Spüllanzverfahrens. Die Spülanze kann aus der Startgrube händisch (Muskelkraft) in Richtung der Zielgrube geschoben werden. Zur Erleichterung des Vortriebs ist der Einsatz eines in der Abbildung dargestellten Drehantriebs möglich, der von der Geländeoberfläche aus erfolgt.

Quelle: Gigabitbüro des Bundes

Abbildung 37 zeigt eine Startgrube für das Spüllanzverfahren sowie neben der Startgrube eine Spüllanze und eine in der Startgrube eingelassene Saugpumpe mit Absaugschlauch.

Im Hinblick auf den Baugrund ist ein Einsatz des Spüllanzverfahrens in verdrängbarem Boden (s. Kapitel 3: Unterirdische Verlegungsmethoden von Telekommunikationslinien – Bodenarten) möglich. Je nach Bodenbeschaffenheit können durch diese Art des händischen Vortriebs Streckenlängen von bis zu 30 m erreicht werden. Bei Straßen- und Gewässerkreuzungen ist der Einsatz des Spüllanzverfahrens eingeschränkt anwendbar, da der Erfolg der Maßnahme abhängig von den Bodenverhältnissen im Straßen- und Gewässerbereich ist. Aufgrund der Beschaffenheit des Spüllanzgestänges und bei ordnungsgemäßigem Einsatz des Spüllanzverfahrens in der Längsverlegung sind auch Arbeiten in bestehenden Leitungsgräben oder in der Nähe von Fremdleitungen möglich. Die asymmetrische Form der Bohrspitze ermöglicht kleinere Richtungskorrekturen, wenn das Bohrgestänge ohne Rotation in den Boden eingeschoben wird. Abbildung 38 illustriert die Einsatzmöglichkeiten des Spüllanzverfahrens, eingeordnet in das in Kapitel 3 beschriebene Farbschema.

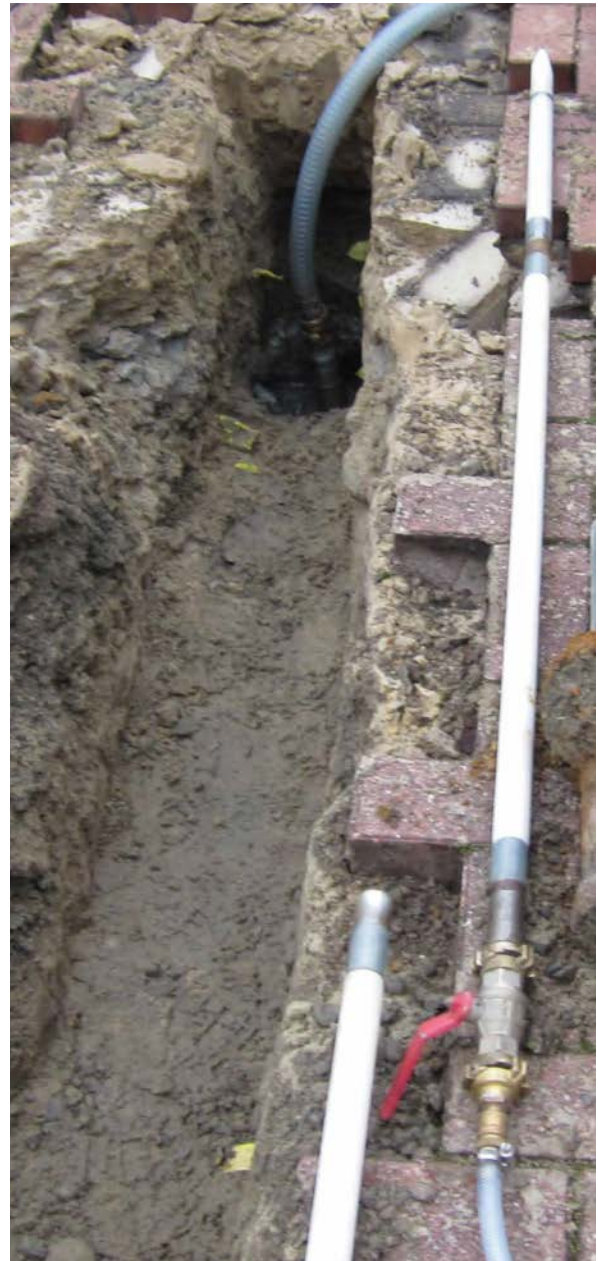


Abbildung 37: Spüllanze und Saugpumpe für das Spüllanzverfahren
Quelle: EWE Netz GmbH

Spüllanzverfahren

Baugrundbeschaffenheit			Verlegedistanzen					Art der Anwendung				
Verdrängbarer Boden	Übergangsbereich Boden/Fels	Fels	bis 25 m	bis 50 m	bis 100 m	bis 500 m	1.000 m +	Hausanschlüsse	Straßenquerungen	Gewässerquerungen	Längsverlegung	Steuerungsmöglichkeit

Legende

	Anwendung möglich		Anwendung bedingt möglich, konkrete Prüfung im Einzelfall erforderlich		Anwendung nicht möglich
--	-------------------	--	--	--	-------------------------

Abbildung 38: Einsatzmöglichkeiten des Spüllanzverfahrens

Quelle: Redaktionsteam der Verlegebroschüre

Zur Verdeutlichung der Anwendungsmöglichkeiten zeigt Tabelle 11 die Trassenlängen und -tiefen sowie weitere Parameter, für die das Spüllanzverfahren typischerweise anwendbar ist.

Anwendung	typische Parameter
Trassenlänge	bis ca. 40 m
Trassentiefe	ca. 0,5 m bis ca. 3 m
Durchmesser des Bohrkanals	ca. 50 mm (Pilotspülung)
Maximaler Rohrdurchmesser	DA 100
Geeigneter Baugrund	verdrängbarer Boden

Tabelle 11: Leistungsparameter des Spüllanzverfahrens

3.2.2. Bodenverdrängungsverfahren

3.2.2.1. Ungesteuertes Bodenverdrängungsverfahren (Erdrakete)

Das ungesteuerte Bodenverdrängungsverfahren mit der Erdrakete ist ein Verfahren zur Herstellung von Hausanschlüssen und kurzen Querungen. Bei der Erdraketentechnik wird ein pneumatisch angetriebener Bodenverdrängungshammer (Erdrakete) mittels Druckluft durch das Erdreich getrieben (vgl. schematische Darstellung in Abbildung 39). Die Ausrichtung auf die Ziel-

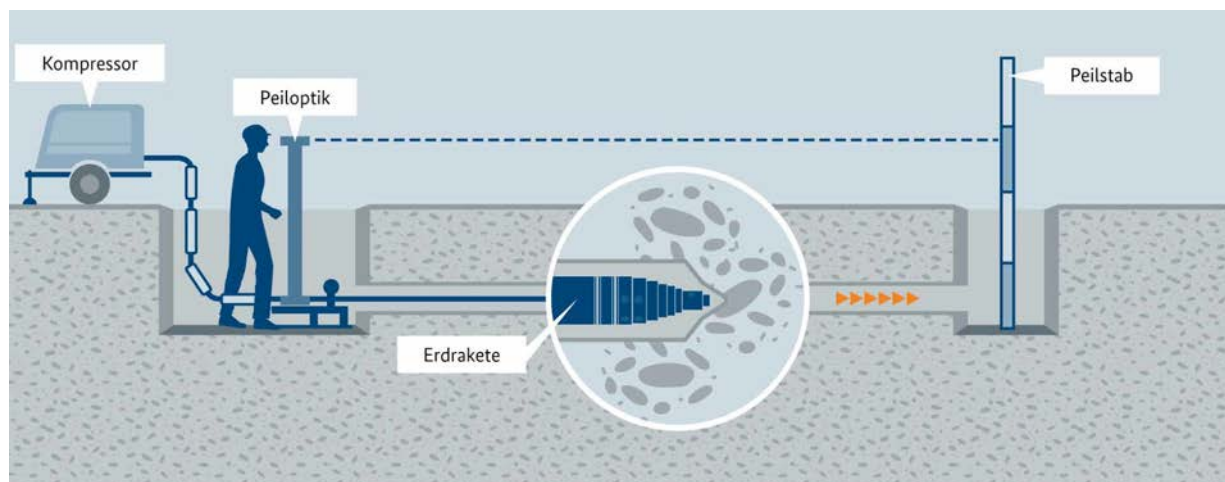


Abbildung 39: Schematische Darstellung des ungesteuerten Bodenverdrängungsverfahrens (Erdrakete)

Quelle: Gigabitbüro des Bundes

grube erfolgt aus der Startgrube mithilfe einer Peiloptik. Durch die entstandene Erdröhre wird unmittelbar ein Kabelschutzrohr im Hin- oder Rücklauf der Rakete eingezogen. Bei einer entsprechenden Beschaffenheit des Baugrundes ist zudem eine nachträgliche Verrohrung möglich.

Eine aktive Steuerung im Erdreich ist anders als bei der Spülbohrung nicht möglich. Falls die einmal ausgerichtete Erdrakete durch Hindernisse im Erdreich blockiert wird, muss ein Rücklauf zur Startgrube möglich sein. Im Vergleich zu der Horizontal-Spülbohrung ist die Erdraketentechnik weniger aufwendig und schneller einsetzbar. Die erforderliche Druckluft wird mit einem Kompressor erzeugt. Der Einsatz einer Bohrspülungslösung ist nicht erforderlich. Abbildung 40 zeigt den Kopf einer in eine Zielgrube einlaufenden Erdrakete.

Die Erdraketentechnik eignet sich für verdrängbare Böden (s. Kapitel 3: Unterirdische Verlegungsmethoden von Telekommunikationslinien – Bodenarten). In Mooren oder felsigen Böden kann sie nicht eingesetzt werden. Je nach vorherrschender Geologie erfolgt die Auswahl des passenden Kronen- oder Stufenkopfes. Das Verfahren erlaubt die Verlegung auf Längen von bis zu 25 m bei Rohrdurchmessern von bis zu 160 mm. Kurze Querungen (z.B. von Verkehrswegen) sind möglich. Querungen von Gewässern sind nicht möglich, da ein Eindringen von Wasser den Vortrieb der Erdrakete hindern kann. Zudem kommt die Erdrakete auch bei der Herstellung von Hausanschlüssen zum Einsatz, um ein Aufgraben des Grundstücks zu vermeiden. Ein abgewandeltes Verfahren ermöglicht das Ansetzen



Abbildung 40: Eine Erdrakete erreicht eine Zielgrube
Quelle: TRACTO-TECHNIK GmbH & Co. KG

der Erdrakete innerhalb der anzuschließenden Räumlichkeiten, womit ein vorgelagerter Aushub der Montage-/Zielgrube vor dem Gebäude entfallen kann.

Das Bodenverdrängungsverfahren kann auch in der Längsverlegung eingesetzt werden. Aufgrund der kurzen Verlegedistanzen wird dies jedoch eher selten angewandt. Im Bereich vorhandener Leitungen muss immer von Hand geschachtet werden. Abbildung 41 illustriert die Einsatzmöglichkeiten des ungesteuerten Bodenverdrängungsverfahrens (Erdrakete), eingeordnet in das in Kapitel 3 beschriebene Farbschema.

Eine untiefe Verlegung ist mit diesem Verfahren möglich, birgt aber in Abhängigkeit vom Bohrdurchmesser vielmehr bei zu flacher Ausführung das Risiko der Zerstörung von Oberflächen (eine Minderüberdeckung führt zur Aufwölbung). Die Überdeckungshöhe muss dabei mindestens dem Zehnfachen des Durchmessers der Erdrakete

Ungesteuertes Bodenverdrängungsverfahren (Erdrakete)

Baugrundbeschaffenheit			Verlegedistanzen					Art der Anwendung				
Verdrängbarer Boden	Übergangsbereich Boden/Fels	Fels	bis 25 m	bis 50 m	bis 100 m	bis 500 m	1.000 m +	Hausanschlüsse	Straßenquerungen	Gewässerquerungen	Längsverlegung	Steuerungsmöglichkeit

Legende

	Anwendung möglich		Anwendung bedingt möglich, konkrete Prüfung im Einzelfall erforderlich		Anwendung nicht möglich
--	-------------------	--	--	--	-------------------------

Abbildung 41: Einsatzmöglichkeiten des ungesteuerten Bodenverdrängungsverfahrens (Erdrakete)

Quelle: Redaktionsteam der Verlegebroschüre

entsprechen, um mögliche Aufwölbungen der Geländeoberfläche zu vermeiden.

Zur Verdeutlichung der Anwendungsmöglichkeiten zeigt Tabelle 12 die Trassenlängen und -tiefen sowie weitere Parameter, für die das ungesteuerte Bodenverdrängungsverfahren (Erdrakete) typischerweise anwendbar ist.

Anwendung	typische Parameter
Trassenlänge	bis 25 m
Trassentiefe	Überdeckung mind. 10-fache des Durchmessers der Erdrakete (unter Beachtung der vorhandenen Bodenverhältnisse).
Durchmesser des Bohrkanals	45 mm bis 180 mm (variiert je Größe der Erdrakete)
Maximaler Rohrdurchmesser	DA 160
Geeigneter Baugrund	verdrängbarer Boden

Tabelle 12: Leistungsparameter des ungesteuerten Bodenverdrängungsverfahrens (Erdrakete)

3.2.2.2. Richtpressverfahren

Das Richtpressverfahren ist ein statisches, korrigierbares Verfahren zur Herstellung von Hausanschlüssen sowie zur Querung von Verkehrswegen. Der ortbare Lenkkopf verdrängt dabei den Boden beim Vortrieb des Gestänges ähnlich wie eine Erdrakete (vgl. Abbildung 39 mit Beschreibung in Kapitel 3.2.2.1.), wird aber dabei oberirdisch mit einem Ortungsgerät verfolgt. Abweichungen vom Trassenverlauf können am Ortungsgerät abgelesen und durch Rotation des Gestänges korrigiert werden. In der Zielgrube wird der Lenkkopf durch einen Aufweitungskopf ausgetauscht. Die entstandene Erdröhre wird beim Zurückziehen vergrößert. Dabei wird gleichzeitig ein anhängendes Kabelschutzrohr eingezogen. Der Einsatz von Bohrspülungslösungen ist beim Richtpressverfahren nicht erforderlich.

Abbildung 42 zeigt einen aus einer Zielgrube heraustretenden Steuerkopf, der für das Richtpressverfahren eingesetzt wird.

Die Ausrichtung auf die Zielgrube erfolgt wie bei der Erdrakete aus der Startgrube mithilfe einer Peiloptik. Der Verlauf des ortbaren Steuerkopfes mit eingebautem Sender wird oberirdisch mit einem Ortungsgerät verfolgt. Abweichungen von der Trasse während des Vortriebs (z. B. durch Hindernisse) können am Ortungsgerät abgelesen und jederzeit korrigiert werden.

Neben kurzen Unterquerungen eignet sich dieses Verfahren besonders gut für die Herstellung von Hausanschlüssen. Die kompakte Richtpressanlage kann aus einer Grube hin zum Gebäude oder aus dem Gebäude durch eine Kernbohrung in der Hauswand arbeiten. Im Bereich vorhandener Leitungen muss immer von Hand geschachtet werden. Abbildung 43 illustriert die Einsatzmöglichkeiten des Richtpressverfahrens, eingeordnet in das in Kapitel 3 beschriebene Farbschema.



Abbildung 42: Steuerkopf des Richtpressverfahrens
Quelle: TRACTO-TECHNIK GmbH & Co. KG

Richtpressverfahren

Baugrundbeschaffenheit			Verlegedistanzen					Art der Anwendung				
Verdrängbarer Boden	Übergangsbereich Boden/Fels	Fels	bis 25 m	bis 50 m	bis 100 m	bis 500 m	1.000 m +	Hausanschlüsse	Straßenquerungen	Gewässerquerungen	Längsverlegung	Steuerungsmöglichkeit

Legende

	Anwendung möglich		Anwendung bedingt möglich, konkrete Prüfung im Einzelfall erforderlich		Anwendung nicht möglich
--	-------------------	--	--	--	-------------------------

Abbildung 43: Einsatzmöglichkeiten des Richtpressverfahrens
Quelle: Redaktionsteam der Verlegebroschüre

Zur Verdeutlichung der Anwendungsmöglichkeiten zeigt Tabelle 13 die Trassenlängen und -tiefen sowie weitere Parameter, für die das Richtpressverfahren typischerweise anwendbar ist.

Anwendung	typische Parameter
Trassenlänge	bis ca. 35 m
Trassentiefe	Überdeckung beachten (mind. 10-fache vom Steuerkopf-Durchmesser)
Durchmesser des Bohrkanals	58 mm
Maximaler Rohrdurchmesser	DA 90
Geeigneter Baugrund	verdrängbarer Boden

Tabelle 13: Leistungsparameter des Richtpressverfahrens

3.2.3. Verlegung im Abwasserkanal

Bei einer Verlegung von Leerrohren und Glasfaserkabeln in Abwasserkanälen wird das bereits vorhandene Abwassernetz als Trasse für die neuen Netzinfrastrukturen genutzt.

Allgemein werden zwei Einbauszenarien unterschieden: Der direkte Einbau in den Kanal und der Einbau im Rahmen von Kanalsanierungen. Je nach Kanaldurchmesser und -zustand kommen im Einzelfall unterschiedliche Verlegemethoden in Frage. Die derzeit bekannten Verfahren, wie z. B. die Verwendung von Spannringen (sog. Briden) bzw. von Ankern (Dübeln), die in der Kanalrohrwand befestigt werden, oder von Schlauch- und Kurzlinern, werden im Merkblatt DWA-M 137-1 „Einbauten Dritter in Abwasseranlagen – Teil 1: Elektronische Kommunikationseinrichtungen“ der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) dargestellt und bewertet.

Abbildung 44 und Abbildung 45 zeigen die Verwendung von Spannringen für die Verlegung im Abwasserkanal sowie die Verlegung mittels Verlegeroboter.

Der Einbau in Abwasseranlagen ist grundsätzlich sowohl in begehbaren als auch in nicht begehbaren Kanälen möglich. Je nach Verlegemethode und technischem Zustand eignen sich sowohl betriebene als auch stillgelegte Abwasseranlagen. Der direkte Einbau erfolgt in nicht begehbaren Kanälen mit einem Durchmesser ab 20 cm (DN 200) z.B. mittels Verlegeroboter und in begehbaren Kanälen auf manuelle Art und Weise. Der geringe Platzbedarf der Leerrohranlage – meist im Rohrscheitel montiert – beeinträchtigt bei korrekter Installation und Berechnung



Abbildung 44: Verlegeroboter im Abwasserkanal beim Einbringen zweier Leerrohre in die Clips einer Innenbride.
Quelle: Fast Opticom AG

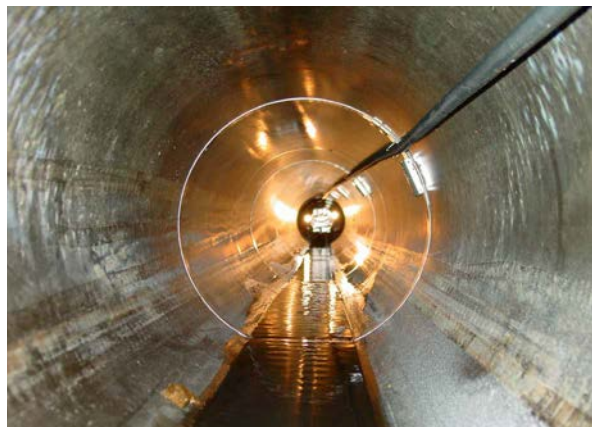


Abbildung 45: Verwendung von Spannringen (sog. Briden)
Quelle: Fast Opticom AG

die Hydraulik innerhalb der Abwasseranlagen bei durchschnittlichen Durchflussmengen nicht. Die Verzweigungs- und Verbindungsstellen werden in den Kanalschächten angebracht, welche das Kanalsystem verbinden. Der Einbau im Rahmen von Kanalsanierungen in nicht begehbaren Kanälen ab DN 100 erfolgt mit Schlauch- und Kurzlinern. Schlauchliner werden auch in begehbaren Kanälen eingesetzt.

Bei allen Verfahren sind die technische Eignung und der Zustand der Abwasseranlagen im Einzelfall eingehend zu prüfen, damit keine Einschränkung der Funktionsfähigkeit des Kanals stattfindet. Der Einbau ist mit dem Abwasserbetrieb abzustimmen und der Stand der Technik ist einzuhalten. Satzungen und Grunddienstbarkeiten der Abwasserbetriebe sind zu prüfen und ggf. anzupassen.



Abbildung 46: Einbau Schlauchliner zur Kanalsanierung und Schutzrohrpaket für Kabel
Quelle: BKP Berolina Polyester GmbH & Co. KG

4. Oberirdische Verlegungsmethoden von Telekommunikationslinien



Bei der Verlegung oberirdischer Leitungen bedarf es gemäß § 127 TKG grundsätzlich der Zustimmung des Wegebausträgers. Bei einer oberirdischen Verlegung kommt § 127 Abs. 6 TKG zur Anwendung, sodass die Interessen des Wegebausträgers, des Telekommunikationsnetzbetreibers und die städtebaulichen Belange abzuwägen sind. In der Abwägung muss zugunsten einer beantragten oberirdischen Verlegung insbesondere einfließen, dass der Ausbau von Netzen mit sehr hoher Kapazität beschleunigt wird oder die Kosten der Verlegung hierdurch maßgeblich gesenkt werden. Sollen vereinzelt stehende Gebäude oder Gebäudeansammlungen angeschlossen werden, soll einer beantragten oberirdischen Verlegung in der Regel zugestimmt werden. Eine Verlegung sollte unterirdisch erfolgen, wenn diese im Rahmen einer Gesamtbaumaßnahme koordiniert werden kann.

Das BMDV hat jedoch klargestellt: Die Verlegung der Glasfaserfreileitungen auf bestehenden Holzmasten im Wege der bloßen „Mehrerung/Ergänzung“ bzw. im Austausch ist zustimmungsfrei, wobei eine Information des Wegebausträgers durch den Betreiber der Telekommunikationslinie geboten ist. Soweit sich die Holzmasten oder etwa Gestänge/ Querträger (Ausleger) bzw. die Leitungen nicht auf bzw. über, sondern längs der gewidmeten Verkehrswege befinden, ist § 127 TKG bereits nicht einschlägig, da dieser nur die Nutzung der öffentlichen Verkehrswege betrifft. Zustimmungspflichtig ist allerdings die Neuerrichtung, Vergrößerung oder Verschiebung von Masten.

Die oberirdische Bauweise kommt besonders für die Anbindung abgesetzter Lokationen im Rahmen der Erschließung ländlicher Räume in Betracht. Sie dient etwa zur Versorgung kleinerer Orte und Ortsteile oder außerhalb einer Ortschaft gelegener Objekte, wie auch für eine effiziente Überbrückung von größeren Strecken.

Sie kommt insbesondere in der Ableitungsebene (s. Abbildung 1 in Kapitel 1), z. B. bei der Verbindung zwischen den zu versorgenden Gebäuden bzw. Grundstücken und einem Verzweigerpunkt zum Einsatz. In seltenen Fällen wird die oberirdische Verlegung an den Holzmasten auch in der Zuleitungsebene (s. Abbildung 1) verwendet.

Abbildung 47 zeigt eine an einem Mast montierte Glasfasermuffe sowie den Überlängenvorrat an Glasfaserkabeln.



Abbildung 47: Glasfasermuffe am Mast
Quelle: Deutsche Telekom Technik GmbH

Eine oberirdische Linie beginnt am Übergang einer unterirdischen Kabelanlage (Verzweigerpunkt, Abschlusspunkt Linientechnik (APL) montiert am Mast) auf eine oberirdische Kabelanlage und endet am Übergang in eine unterirdischen Kabelanlage oder an einer Abschlusseinrichtung in oder am Gebäude. Abbildung 48 zeigt einen solchen Übergang mit einem Verzweigerpunkt.

Für die Einhaltung der Verkehrssicherungspflicht sind regelmäßige Inspektionen durchzuführen, anhand derer der Materialzustand beurteilt wird und ggf. Instandsetzungsarbeiten eingeleitet werden können. Vor dem Besteigen eines Mastes ist immer eine Standsicherheitsprüfung durchzuführen.



Abbildung 48: Oberirdische Telekommunikationslinie
Quelle: Deutsche Telekom Technik GmbH

4.1. Erweiterung/Ergänzung von bestehenden oberirdischen Linien

Bei der Nutzung vorhandener oberirdischer Linien, z. B. bestehende Holzmasten, sind nur geringe Montagearbeiten notwendig, um neue TK-Linien zu errichten. Die Erweiterung/Ergänzung einer bestehenden Linie kann unter bestimmten Umständen (keine neuen Masten erforderlich) ohne erneute Wege- bzw. Standortsicherung erfolgen und das Planungsverfahren somit verkürzt werden. Die Absicherung der Masten mit Schutzeinrichtungen ist jedoch zu prüfen, wenn erforderliche Mindestabstände zur Straße nicht eingehalten werden können.

Abbildung 49 zeigt eine an einen Masten befestigte Glasfaser-MastBox, in der Glasfaserverbindungen realisiert werden.

Anfang 2020 sind die bestehenden Holzmasten im Infrastrukturatlas (ISA) der BNetzA veröffentlicht worden, sodass die Standorte der vorhandenen Mastenlinien für die Planungen zur Mitnutzung zur Verfügung stehen.

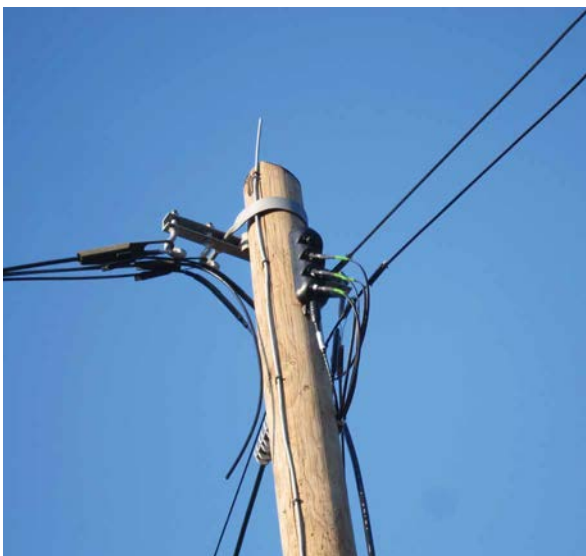


Abbildung 49: Glasfaser-MastBox für Hausanschlüsse
Quelle: Deutsche Telekom Technik GmbH

4.2. Neubau von oberirdischen Linien

Der Neubau einer oberirdischen Linie erfordert, im Gegensatz zur Erweiterung einer bestehenden Linie, immer eine Wegesicherung bzw. einen Zustimmungsantrag nach § 127 TKG.

Neue Maststandorte müssen dabei in Zusammenarbeit mit den Wegebausträgern/Wegeunterhaltungspflichtigen festgelegt werden. Die zu stellenden Masttypen und der Einsatz von Mastverstärkungsmittel werden anhand der örtlichen Gegebenheiten und der Belastung der Masten ausgewählt und vereinbart.

Bei der Auswahl der Maststandorte sind die Bodenbeschaffenheit sowie die Besonderheiten in Gebieten mit felsigem Untergrund, mit und ohne Wohnbebauung, in Mooren, in Dünen- und Flugsandregionen, in Naturschutz- und Landschaftsschutzgebieten, in der Nähe von Biotopen, Wäldern, und in Abschnitten mit hohem Grundwasserstand zu beachten.

Maststandorte mit erheblichem Störungspotential, wie z. B. auf Steilhängen oder in unmittelbarer Nähe zu umfangreichem und hohem Bewuchs, sollten im Sinne der Störungsprävention vermieden oder entsprechend aufbereitet (z. B. Rodung/Freischnitt in Waldgebieten) werden.

Darüber hinaus müssen bei oberirdischer Leitungsführungen entlang von Verkehrswegen, Bahntrassen sowie Wasser- und Schifffahrtstraßen die entsprechenden Bestimmungen und ggf. besondere Auflagen wie z. B. Abstandsregeln und besondere Sicherheitsleistung während der Bauausführung und bei zukünftigen Instandsetzungs-/Entstörungsarbeiten berücksichtigt werden.

Des Weiteren ist auf evtl. vorhandene Anlagen/Kabel/Leitungen und Versorgungsinfrastrukturen anderer Versorger zu achten.

5. Übersicht zu den Einsatzmöglichkeiten der betrachteten Verlegemethoden

offene Verlegemethoden

	Hausanschluss (urban)		gebundener Oberbau, Deckschichten mit Bindemittel		sonstige Flächen, Grünflächen				unbef. Flächen		Hausanschluss (ländlich)
	Geh- und Radweg	Abstellfläche	Fahrstreifen	Bankett	Mulde/ Entwässergraben	Böschung	Seitentrennstreifen	Wiese, Felder, Gelände	Wirtschaftsweg etc.		
offener Grabenbau mit Bagger/Handsichtung	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Kettenfräsverfahren	Red	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Green	Green
Fräsradwalzenverfahren	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green
Bankettfräsverfahren	Red	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Red	Red
Schleif- bzw. Sägeverfahren	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Stufenschleifverfahren	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Pflugverfahren	Red	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow

Legende

- Anwendung möglich
- Anwendung bedingt möglich, konkrete Prüfung im Einzelfall erforderlich
- Anwendung nicht möglich

grabenlose Verlegemethoden

	Baugrundbeschaffenheit			Verlegedistanzen					Art der Anwendung				
	Verdrängbarer Boden	Übergangsbereich Boden/Fels	Fels	bis 25 m	bis 50 m	bis 100 m	bis 500 m	1.000 m +	Hausanschlüsse	Straßenquerungen	Gewässerquerungen	Längsverlegung	Steuerungsmöglichkeit
Horizontal-Spülbohrverfahren	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green
Mini-Spülbohrsysteme	Green	Yellow	Red	Green	Green	Green	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green
Keyhole-Verfahren	Green	Yellow	Red	Green	Yellow	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green
Spüllanzverfahren	Green	Red	Red	Green	Yellow	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Yellow
Ungesteuertes Bodenverdrängungsverfahren (Erdrakete)	Green	Red	Red	Green	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Red
Richtpressverfahren	Green	Red	Red	Green	Yellow	Red	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Yellow

Verlegung im Abwasserkanal

Abhängig von Bestand und Genehmigungsanforderungen



oberirdische Verlegung

Abhängig von Örtlichkeit, Bestand und Genehmigungsanforderungen



Für die grabenlosen Verfahren erfolgt die Betrachtung unter der Oberfläche, Start- und Zielgrube sind außerdem zu berücksichtigen. Die Einteilung in dieser Handreichung soll einen indikativen Überblick über die Einsatzmöglichkeiten der jeweiligen Verlegemethoden geben und basiert teilweise auf Angaben der Marktteilnehmer. Sie ersetzt weder die konkrete Prüfung der Einsatzmöglichkeit der Verlegungsmethode vor Ort noch die Abstimmung mit dem jeweiligen Wegebausträger.
Quelle: Redaktionsteam der Verlegebroschüre

6. Redaktionsteam der Verlegebroschüre

Unternehmen/Verband

ANGA Der Breitbandverband e. V.
 Breitbandzentrum Niedersachsen-Bremen (BNBZ)
 Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV)
 Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV)
 Deutsche Glasfaser Wholesale GmbH
 Deutsche Glasfaser Wholesale GmbH
 Deutsche Telekom Technik GmbH
 Deutscher Landkreistag e. V.
 econtech GmbH
 EWE Netz GmbH
 FAST OPTICOM AG
 Gigabitbüro des Bundes
 Landeshauptstadt Dresden, Straßen- und Tiefbauamt
 LAYJET Micro – Rohr Verlegegesellschaft m.b.H.
 Netze BW GmbH
 Ohra Energie GmbH
 Österreichische Glasfaser Verlegungsges. m.b.H.
 TeleKomunikationsGesellschaft Südwestfalen mbH
 TRACTO-TECHNIK GmbH & Co. KG
 Verband kommunaler Unternehmen e. V.
 Verband Sichere Transport- und Verteilnetze/KRITIS e. V. (VST)
 Vodafone GmbH
 Vodafone GmbH
 wilhelm.tel GmbH

Name

Carsten Engelke
 Peer Beyersdorf
 Dr. Mirko Paschke
 Olaf Pauli
 Benjamin Graute
 Peter König
 Kevin Jochum
 Dr. Markus Brohm
 Florian Arens
 Michael Bijok
 Maria Platta
 Dominic Titze
 Frank Hering
 Rainer Dunst
 Ulrich Huber
 Mario Stötzer
 Alois Pichler
 Stefan Glusa
 Stefan Schmitz
 Dirk Seifert
 Jan Syré
 Jan Dombrowski
 Heiko Eichstädt
 Dr. Franziska Löhr

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Digitales und Verkehr,
Invalidenstraße 44, 10115 Berlin

Stand

Mai 2022

Gestaltung | Druck

Bundesministerium für Digitales und Verkehr
Druckvorstufe | Hausdruckerei

Bildnachweis

Titelseite:

TRACTO-TECHNIK GmbH & Co. KG

Deutsche Telekom Technik GmbH

Fast Opticom AG

Deutsche Telekom Technik GmbH






econtech GmbH

Verband Sichere Transport- und Verteilnetze/
KRITIS e.V. (VST)/Tom Wolf

Diese Publikation wird von der Bundesregierung im Rahmen ihrer Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Die Publikation wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbenden oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament.



www.bmdv.bund.de

-  facebook.com/Bundesverkehrsministerium
-  twitter.com/BMDV_bund
-  bmdv.bund.de/youtube
-  instagram.com/BMDV_bund
-  linkedin.com/company/BMDV-bund