



Microtunneling Bohrmaschine für einen Kanaldurchmesser von 1.40m, Bild Guido Meier Braumann Tiefbau AG

Marktumfeld

Das Marktumfeld in der Schweiz ist geprägt von Volatilität. Grabenlose Projekte erfordern bereits in der Planungsphase Spezialwissen und vor allem Erfahrung, welche nicht in jedem Planungsbüro vorhanden sind. Dies ist sicher auch ein Grund dafür, dass immer noch viele Projekte als konventionelle Grabenbauten geplant und realisiert werden. Man kennt die Systeme nicht oder hat keine Erfahrung damit. Diese Umstände führen dazu, dass punktuell, das heisst immer, wenn es gar nicht anders geht, die grabenlosen Alternativen geprüft und auch geplant werden.

Es gibt aber auch die klaren Fälle wie Unterquerungen von Gewässern, Bahnlinien, Strassen oder Gebäuden sowie Leitungen und Werkleitungstunnels in grossen Tiefen. Bei diesen Projekten geht es in der Machbarkeitsstudie nicht um grabenlos «ja oder nein» sondern um die bestgeeignete grabenlose Methode.

Verfahren:

Je nach gewünschtem Leitungsquerschnitt, gewünschter Länge, Trassengeometrie und vor allem der geologischen

und hydrologischen Verhältnisse bieten sich verschiedene grabenlose Verfahren an. Die Norm SIA 195 gibt einen Überblick über die Methoden.

In der Praxis: Entlastungskanal Niederglatt Bahnhofstrasse

Die Gemeinde Niederglatt plante und realisierte einen Entlastungskanal im Durchmesser von 1.40 m über eine Gesamtlänge von 350 m im Microtunnelingverfahren. Neben dem, der Bahnhofstrasse folgenden Strassenverlauf mit Kurven in Radien von nur 125m, bot das Projekt weitere Spezialitäten. So wurde als Vorausmassnahme ein bestehendes Ankerfeld, welches aus einer ehemaligen Baugrube in die zukünftige Vortriebstrasse ragte, mittels grossdurchmessrigen Doppelkopfbohrungen von oben abgebohrt. Die Bohrungen wurden mit Dämmern verfüllt und der Vortrieb konnte anschliessend hindernisfrei ausgeführt werden.

Beide Vortriebsstrecken verliefen unter dem Grundwasserspiegel, weshalb das Microtunnelingverfahren mit einer Vollschnittmaschine und Flüssigförderung gewählt wurde. Die erste



Verfüllte Bohrung zur Beseitigung des Ankerfeldes, Bild Guido Meier, Braumann Tiefbau AG

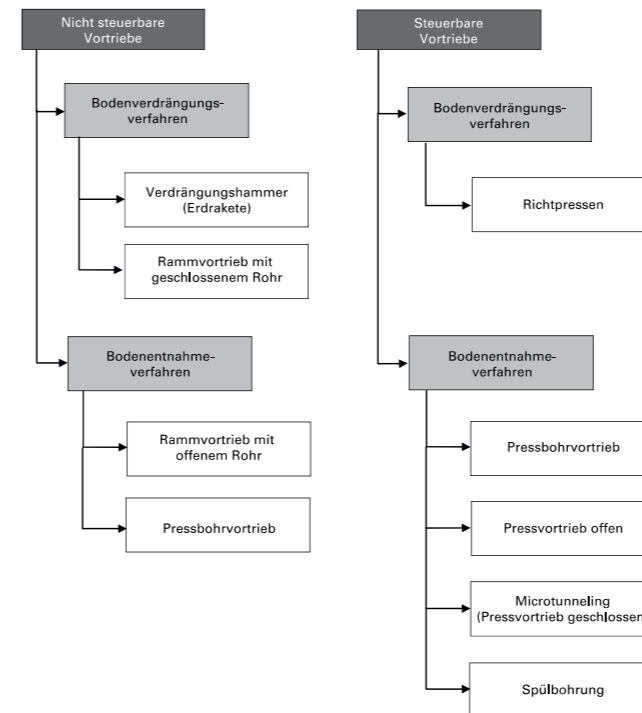
Vortriebsstrecke über 310 m verlief komplett unter der Bahnhofstrasse. Auf der gesamten Strecke kam es während der Vortriebsarbeiten zu keinerlei Verkehrseinschränkungen. Erst der später aufgesetzte Zwischenschacht mit Anschluss an das bestehende Kanalisationsnetz erforderte eine Baugrube auf diesem Streckenabschnitt.

Warum grabenloses Bauen

Es gibt viele gute Gründe unsere Infrastrukturen im Untergrund zu verlegen. Betriebliche, wie zum Beispiel die Verlegung von Wasserleitungen in frostsichere Tiefen, sicherheitstechnische und Platzgründe. Doch im Untergrund wird es je länger, je enger. Meist heisst es dann, eine Etage tiefer zu gehen. Die Leitungen oben mit einem klassischen Graben in die gewünschte Tiefe zu bringen, wird aufgrund des oberflächennahen Leitungsgewirrs und der aufwendigen Baugrubensicherung immer teurer. Gräben behindern immer den Verkehr an der Oberfläche und führen zu Staus, welche einen erheblichen volkswirtschaftlichen Schaden anrichten. Für die grabenlosen Baumethoden sprechen auch ökologische Aspekte. So fällt bei grabenlosen Verfahren ein grosser Teil an Aushubabtransporten weg und es muss nur das verdrängte Bodenmaterial deponiert werden. Dieser Umstand führt zusammen mit den, für Spriessungen und Grabenverbauten wegfallenden Transporten zu einem klaren ökologischen Vorteil von grabenlosen Baumethoden.

Vortriebsarten

Figur 1 Vortriebsarten



Norm SIA 195:2019



Abbohren des Ankerfeldes mit Doppelkopfbohrungen, Bild Guido Meier, Braumann Tiefbau AG

Vom kombinierten Start- / Zielschacht an der Kreuzung Bahnhofstrasse / Zürcherstrasse wurde Entlastungskanal über die letzten 40m mit einem zweiten, rechtwinklig zum ersten verlaufenden Vortrieb bis zum Einlaufbauwerk an der Glatt aufgeföhren. Die Ver- und Entsorgung des zweiten Tunnels erfolgte über den ersten, bereits aufgeföhrenen. Die Vortriebsarbeiten wurden im Sommer 2021 abgeschlossen und der Entlastungskanal konnte im darauffolgenden Winter in Betrieb gehen.

Innovation im grabenlosen Bauen

Die Digitalisierung ist in aller Munde. Bei der Digitalisierung im grabenlosen Bauen drehen sich die Innovationen vor allem um die Automatisierung der Steuerung und die Überwachung der Vortriebsanlagen und deren Betriebspameter.

Im Bereich der Materialaufbereitung, der Trennung des Bohrgutes vom Stütz- und Fördermedium, meist einem Bento-

nit-Wasser-Gemisch, fand in den letzten Jahren eine kontinuierliche Entwicklung bei den Separationsanlagen und den Dekantern in Kombination mit Flockstationen statt. Immer mit dem Ziel, das Ausbruchsmaterial nach der Flüssigförderung möglichst gut entwässert abzugeben, um Transport- und Deponiekosten zu reduzieren.

Die Entwicklungen im Rohrvortrieb gehen hin zu immer längeren Vortriebsstrecken, engeren Kurvenradien und Vortrieben in komplexen geologischen Formationen.

«Vor der Hacke ist es duster»

Eine wichtige Innovation sollte aber nicht auf der Strecke bleiben: Die dreidimensionale Kartierung des Untergrunds. Neben geologischen Unwägbarkeiten bilden künstliche Hindernisse wie bestehende Bauten und vor allem Bauhilfsmassnahmen wie alte Baugrubenabschlüsse, Erd- und Felsanker, oder eben bestehende Infrastrukturen

verschiedenster Betreiber die grössten Schadenspotenziale in grabenlosen Projekten. «Vor der Hacke ist es duster» sagt ein Bergbauer Sprichwort. Die grabenlosen Baumethoden sind ebenso wie der Tunnelbau auf möglichst genaue und umfangreiche Vorauserkundungen angewiesen, damit Trassen an Hindernissen vorbei geplant oder die Hindernisse, wie im Projekt in Niederglatt vorgängig beseitigt werden können. Hier gibt es aus Sicht der Fachleute einen grossen Nachholbedarf. Die Kartierung des Untergrunds ist eine der grossen Herausforderungen, nicht nur für innerstädtische Grabenlosprojekte, sondern auch für Tunnels oder das unterirdische Transportsystem «Cargo Sous Terrain».

Swissloop Tunneling: Mit Hyperloop in die Zukunft?

Hyperloop ist ein ultraschnelles, bodengebundenes Transportsystem, welches 2013 initiiert wurde. Das Ziel ist die umweltfreundliche, emissionsfreie Mobilität von Personen und Gütern im



Start-/ Zielbaugrube Bahnhofstrasse / Zürcherstrasse, Bild Guido Meier, Braumann Tiefbau AG



Startschacht und Installationsplatz mit Vortriebsmaschine am Bahnhof Niederglatt, Bild Guido Meier, Braumann Tiefbau AG

Nah- und Fernverkehr. Da die Umsetzung dieser Vision technologisch, finanziell und logistisch sehr anspruchsvoll ist, hat der international berühmte Unternehmer und Investor Elon Musk die «Not-a-Boring Competition» in der Wüste von Las Vegas lanciert.

Das Team Swissloop Tunneling der ETH Zürich hat schon zweimal mit seiner innovativen Tunnelbohrmaschine an diesem internationalen Wettbewerb überzeugt. Swissloop Tunneling verfolgt das Ziel, innovative (Mikro-)Tunnellösungen zu entwickeln. Das Team aktualisiert und optimiert die technischen Systeme fortlaufend und lernt aus den Erfahrungen, die es während der internationalen Wettbewerbe und Events macht. Vorerst planen die Studierenden, den Durchmesser der Prototypen unter einem Meter zu halten. Parallel lernt das Team, wie es die Systeme in einer späteren Projektphase skalieren kann.

An der Not-A-Boring Competition 2023 konnte das von Infra Suisse unterstützte Team erneut triumphieren. Mit dem

zweiten Platz und dem renommierten Innovationspreis steht die Schweizer Spitzentechnologie im internationalen Schaufenster. Als Goldpartner von Swissloop Tunneling unterstützt der Branchenverband Infra Suisse die jungen Tüftlerinnen und Tüftler massgeblich.

Infra Suisse

Infra Suisse als Fachverband für den Infrastrukturbau in der Schweiz schafft mit Veranstaltungen und Publikationen das Verständnis für die verschiedenen grabenlosen Methoden. Als Verband vermittelt Infra Suisse Interessierten Kontakte zu Experten im grabenlosen Bauen. So können die verschiedenen Methoden bereits in einer frühen Planungsphase diskutiert und die geeignete Variante weiterverfolgt werden.

Normenwesen

Die Norm SIA 195 Rohrvortrieb wurde 2019 letztmals überarbeitet. Unter dem Präsidium des Infra Suisse Vorstandsmitglieds Guido Meier wurden neu Spül-

bohrungen in der Norm aufgenommen. Die SIA 195 versteht sich als Norm für das gesamte grabenlose Spektrum und ist bewusst so gestaltet, dass sie Innovationen und Entwicklungen nicht behindern, sondern fördern soll.

Arbeitssicherheit

Bis auf den Pressrohrvortrieb mit offenem Baggerschild (Teilschnitt) welcher bemannt ausgeführt wird sind die bekannten grabenlosen Methoden hochmechanisiert, die Bohrmaschinen sind ferngesteuert und unbemannt. Das Baustellenpersonal ist also nicht wie im klassischen Tunnelbau erhöhten Gefahren ausgesetzt sondern wird durch die hohe Mechanisierung und Automatisierung der Systeme von schwerer körperlicher Arbeit entlastet.

Submissionen

Ausschreibung von grabenlosen Baumethoden werden mit Vorteil auf Basis des Normpositionenkatalogs 152 des CRB erstellt. Der NPK 152 Rohrvortrieb deckt alle Verfahren und Methoden ab,



Bohrgutaufbereitung mittels Dekanter und Separationsanlage, Bild Guido Meier, Braumann Tiefbau AG

welche in der Norm SIA 195 beschrieben sind. Er trägt auch der Tatsache Rechnung, dass grabenlose Projekte eine sehr grosse Spannweite an Volumen haben können. Von der kurzen Strassenquerung mit einer Erdrakete über die Erschliessung einer Kiesgrube mit einem Förderbandtunnel im Teilschnittvortrieb bis hin zu komplexen Kanalisationsprojekte um mehrere hundert Meter Vortriebsstrecke, in Kurven und im Grundwasser.

Fachkräftesituation

Spezialtiefbau oder doch Tunnelbau? Die grabenlosen Baumethoden befin-

den sich je nach Methode näher bei der einen oder anderen Fachrichtung. Eine eigentliche Ausbildung in diesem Bereich gibt es in der Schweiz nicht. So sind es meist ausgebildete Grundbauer oder beispielsweise Bau- und Landmaschinenmechaniker, welche dank ihrer Affinität zu Maschinen im grabenlosen Bau landen. Die spezifische Ausbildung erfolgt im Normalfall «on the Job». Auch im grabenlosen Bau sind Talente rar und gesucht. Die überschaubare Grösse des Marktes führt jedoch dazu, dass die Situation nicht ganz so akzentuiert ist wie in anderen Bereichen der Baubranche. Wie im Spezialtiefbau oder

im Tunnelbau üblich, sind die Projekte über die ganze Schweiz verteilt. Viel unterwegs zu sein oder auch nur an den Wochenenden nach Hause zu kommen, ist sicher eines der Merkmale einer Tätigkeit im grabenlosen Bauen. Die grosse Abwechslung und die technischen Herausforderungen, welche durch das Zusammenspiel von Mensch, Maschine und Baugrund entstehen, machen den Alltag aber umso spannender. ▼