Mit 780 KNm durch Simmering – eines der größten Kanalprojekte Europas

Vortragender | Autor: Dipl.-Ing. Thomas Milkovics | Wien Kanal

Als Reaktion auf die Folgen des längst auch bei uns spürbaren Klimawandels, der extreme Wetterkapriolen und Starkregenereignisse mit sich bringt, errichtete die Stadt Wien unter einem Sportplatz in Simmering (11. Wiener Gemeindebezirk) das größte unterirdische Regenwasser-speicherbecken Österreichs. Das Speicherbecken wird von zwei Transportkanälen gespeist und dient der Zwischenspeicherung von Regenwasser aus dem Kanalnetz von Simmering. Das gegenständliche Bauvorhaben hat im Herbst 2013 begonnen und wird im Frühjahr 2016 abgeschlossen sein. Es ist der letzte Baustein einer in der Folge insgesamt 86 Millionen Liter Regenwasser fassenden Speicherkette in und um den 11. Bezirk und stellt mit einem Investitionsvolumen von 36 Millionen Euro eines der größten Kanalprojekte Europas dar. Die Transportkanäle wurden zur Gänze in unterirdischer Bauweise aufgefahren.

1. Die Planung des Gesamtbauvorhabens

Vor allem große Teile des 11. Bezirks erlebten diese Starkregenereignisse in den letzten Jahren verstärkt, wie etwa am 13. August 2010. An diesem Tag fielen mit 40 Liter Regen pro Quadratmeter in zehn Minuten mehr als sieben Prozent der Jahresniederschlagsmenge. Derartige Niederschläge kommen sonst eher nur in tropischen Regenwäldern vor. Kein Kanalnetz der Welt kann derartige Regenereignisse erfassen, müssen doch Abwasserkanäle so dimensioniert sein, dass sie bei "normaler" Wetterlage das Abwasser transportieren können. Der Kanal ist also keine Hochwasserschutzanlage, dennoch reagiert Wien Kanal auf diese Entwicklungen.

Insgesamt 20 Quadratkilometer und drei Bezirke umfasst das Betrachtungsgebiet zum Überflutungsschutz für den 11. Bezirk. Das Liesingtal spielt dabei eine bedeutende Rolle, fließen doch von dort bei Niederschlägen große Mengen an Mischwasser zur Wiener Hauptkläranlage. Deshalb war es wichtig, auch an der "Quelle" Maßnahmen zur Retention zu treffen. Als erste Baumaßnahme des Schutzkonzepts von Wien Kanal wurde im Zeitraum 2002 bis 2006 der „Liesingtal-Sammelkanal-Entlastungskanal“ errichtet.

Er schließt im Bereich der Klederinger Brücke an den bestehenden Liesingtal-Sammelkanal an und führt stromaufwärts bis zur ehemaligen Kläranlage Blumental. Der Stauraumkanal ist 5,3 Kilometer lang und weist auf die gesamte Länge einen Durchmesser von 2,4 Meter auf. Über Trennbauwerke sind die im Einzugsgebiet liegenden Regenwasserkanäle des 10. und 11. Bezirks an den neuen Entlastungskanal angeschlossen. Bei einem starken Regenereignis kann der Entlastungskanal mit Hilfe von zehn Regulierbauwerken in eine kaskadenförmige Stauraumkette unterteilt werden und damit eine Stauraumkapazität von ca. 17 Millionen Liter aktiviert werden. Bei einem herkömmlichen kleinen Regenereignis wird die Stauraumkette in erster Linie genutzt, um den aus den Regenwasserkanälen kommenden verschmutzten Spülstoß aufzufangen. Als zweite wichtige Baumaßnahme wurde die ehemalige Kläranlage Blumental im 23. Bezirk als Speicherbecken im Jahr 2012 umgebaut. Es konnten hier insgesamt zusätzliche 20 Millionen Liter Speichervolumen zur Retention zur Verfügung gestellt werden.

Durch diese beiden Großinvestitionen und durch eine Vielzahl von kleineren Maßnahmen im Kanalnetz wird der Zufluss zum Kanalnetz nach Simmering im Fall von Starkregenereignissen für zirka zwei Stunden zurückgehalten.

Die Analyse des Extremregenereignisses vom 13.8.2010 zeigte, dass trotz der oben genannten Rückhaltemaßnahmen in einem topographisch ungünstig gelegenen Teilgebiet des 11. Bezirks lokale Überflutungen aus dem Kanalnetz auftreten können. Als Lösung für dieses Problem wurde das größte unterirdische Regenwasserspeicherbecken Österreichs unter einem nahe gelegenen Sportplatz gebaut. Das Speicherbecken wird von zwei tief liegenden Transportkanälen gespeist, welche im Rohrvortriebsverfahren unter den bestehenden Mischwasserkanälen errichtet wurden. Im Starkregenfall wird an 4 Punkten das überschüssige Regenwasser aus dem bestehenden Kanalnetz in die Transportkanäle abgeleitet und damit in das Speicherbecken eingeleitet. An zwei Anknüpfungspunkten der Transportkanäle zum bestehenden Mischwasserkanalnetz leiten zwei Trennbauwerke mittels gesteuerter Schieber das Regenwasser in die Transportkanäle ab und an zwei Anknüpfungspunkten erfolgt die Einleitung jeweils über eine Wehrschwelle und eine Drosselöffnung.

Das Speicherbecken kann bis zu 28,5 Millionen Liter Wasser zwischenspeichern. Die beiden neuen Transportkanäle verfügen mit einem Durchmesser von zwei Meter und einer Länge von 1,97 Kilometer über ein zusätzliches Fassungsvermögen von sechs Millionen Liter. Um das Becken nach einem Regenereignis wieder vorzuhalten, sorgen leistungsstarke Pumpen für eine rasche Entleerung über das Kanalsystem in Richtung Wiener Hauptkläranlage.

Mit diesem Maßnahmenpaket, das in den Jahren 2002 bis 2016 umgesetzt wurde und ungefähr 100 Millionen Euro gekostet hat, erreicht Wien Kanal im Liesingtal und im 11. Bezirk einen verbesserten Überflutungsschutz aus dem Kanalnetz.

1.1. Das Speicherbecken

Für den unterirdischen Speicher haben die Kanalplaner mit dem Sportplatz in der "Haidestraße 10" den idealen Standort gefunden. Gilt es doch, an einem topografischen Tiefpunkt des Bezirkes das 90 Meter lange, 45 Meter breite und 7 Meter tiefe Becken unterzubringen.

Eine geotechnische Besonderheit des Baugrundes war die Einwirkung von 2 Grundwasserhorizonten auf das Bauwerk. Die Abbildung 1 und 2 zeigen die statisch und betrieblich günstige Beckenform.

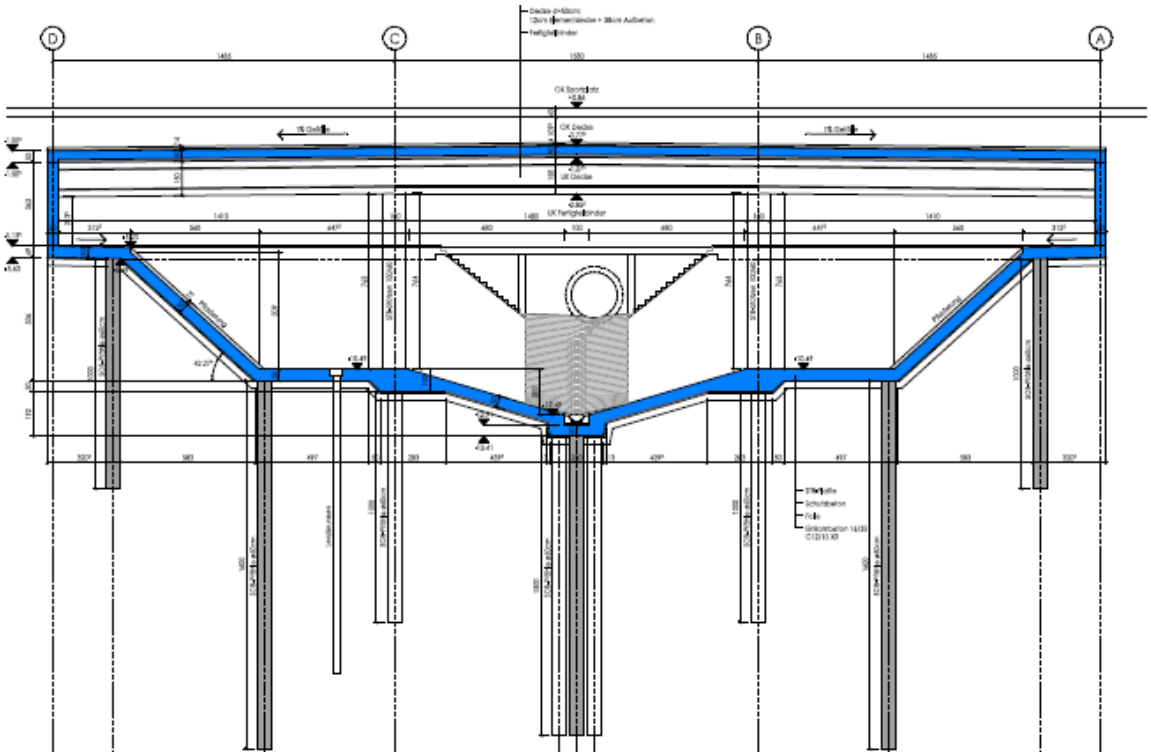

Abbildung 1: Querschnitt Speicherbecken

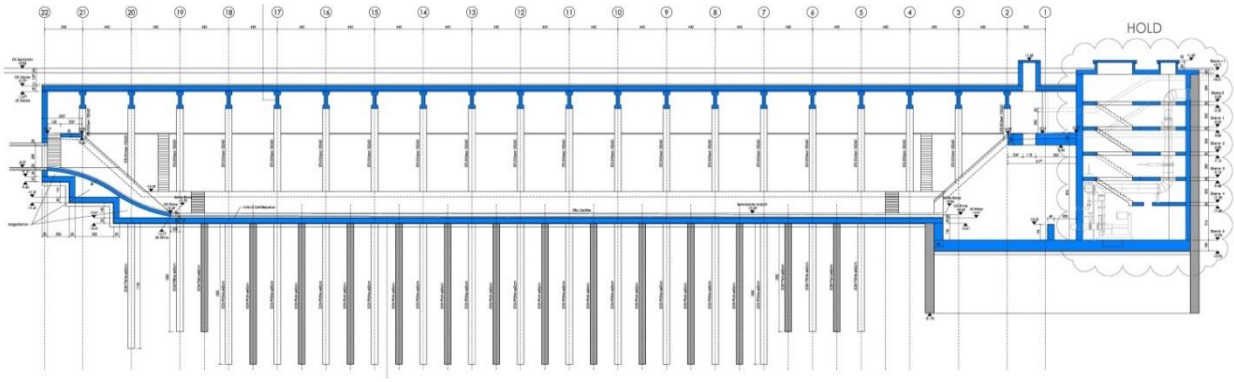

Abbildung 2: Längenschnitt durch das Speicherbecken und das Pumpwerk

Besonders erfreulich sind natürlich auch die Synergien, die sich mit der Standortwahl am Sportplatz ergeben. Der in die Jahre gekommene Sportplatz wird nach dem Beckenbau erneuert und damit eine Verbesserung des Sportangebots erreicht.

1.2. Der Rohrvortrieb

Die Abbildung 3 zeigt eine Übersicht über das Projektgebiet mit den beiden Transportkanälen und dem Speicherbecken.

Abbildung 3: Übersichtslageplan zum Projekt mit Darstellung der Transportkanäle und des Speicherbeckens

Abbildung 4 zeigt einen charakteristischen Straßenquerschnitt des Projektsgebiets. Der neue Transportkanal wurde unter dem bestehenden Mischwasserkanalnetz und den bestehenden Einbauten und Baumalleen in geschlossener Bauweise errichtet.

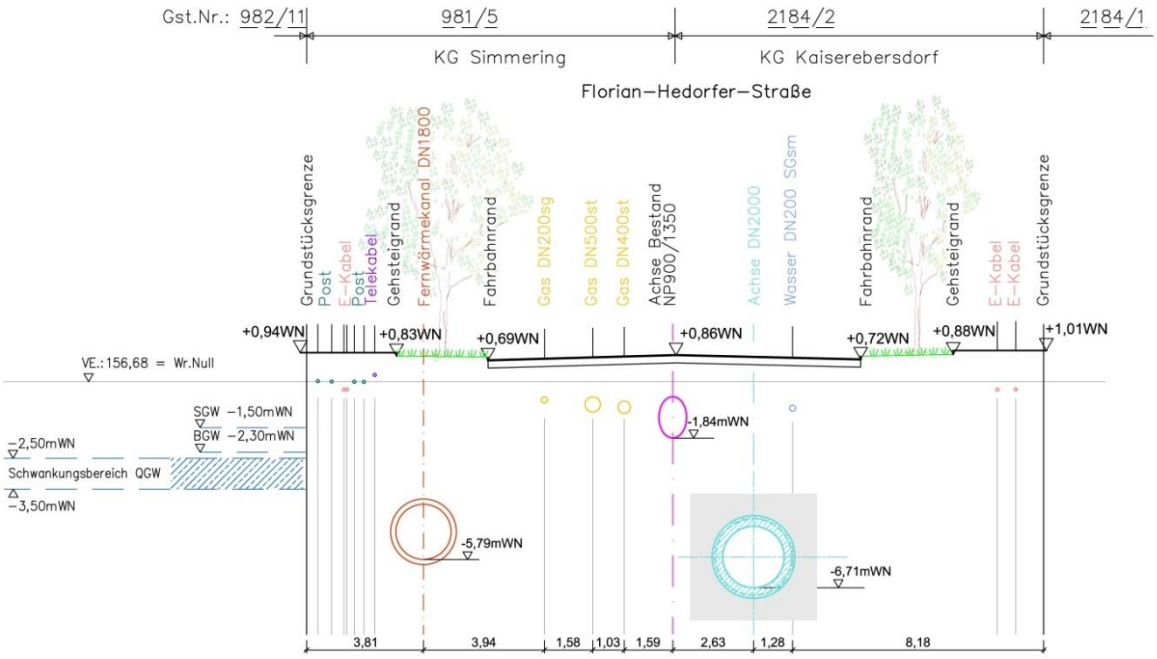

Abbildung 4: Charakteristischer Straßenquerschnitt

2. Grundprinzipien der Ausschreibung und der Errichtung

2.1. Das Speicherbecken

Die Bauausschreibung wurde als Generalunternehmerauftrag konzipiert und umfasst die Bauleistungen, die maschinelle Ausrüstung für das Pumpwerk und die Trennbauwerke und die elektrotechnische Ausrüstung inkl. Mess- und steuertechnische Ausrüstung. Da das Speicherbecken und das angeschlossene Pumpwerk von zwei Grundwasserhorizonten betroffen ist, wurde im Bereich des Beckens eine 60 cm dicke Einphasendichtwand und im Bereich des Pumpwerkes eine 80 cm dicke Stahlbetonschlitzwand als Abdichtungsmaßnahme im obersten Grundwasserhorizont ausgeführt. Für die Sicherheit gegen Grundbruch aus dem zweiten Grundwasserhorizont musste für den Beckenaushub und den Betonbau eine provisorische Wasserhaltung mit 25 Brunnen DN 150 betrieben werden. Die Auftriebssicherheit des leeren Speicherbeckens im Ausbauzustand wurde durch Einbindung von 148 Stück bewehrten Zugpfählen (Schneckenortbetonpfähle mit D=60cm) in die Bodenplatte des Speicherbeckens erreicht.

2.2. Der Rohrvortrieb

Für die Vortriebsrohre wurden die nachstehend angeführten wichtigen Details in der Ausschreibung festgelegt:

- Stahlbeton - Vorpressrohre nach Ö-Norm EN 1916 und DIN V1201 / Typ2 -VM--VT
- Mindestbetongüte: C40/50/B6/C3A frei
- Herstellung der Rohre in einem nach Ö-Norm B 5074 (letztgültige Ausgabe) geprüften Werk
- Lieferung von schalungsgehärteten Rohren (Mindesterhärtungsdauer 4-6 Std.)
- Planmaß der inneren und äußeren Betonüberdeckung: 40 mm
- Toleranz der Betonüberdeckung +/- 10 mm
- maximaler Abstand der Ringbewehrung = 50 mm
- maximaler Abstand der Längsstäbe der Bewehrung = 200 mm
- Äußere Bewehrung mind. 75 % der inneren Bewehrung
- Fugendichtung = Gleitkeildichtung aus Elastomere mit dichter Struktur
- Mind. 2 Transportanker pro Rohr
- min. 3 Stk. Bentonitstutzen 1" je 2 Rohre
- Mindestwandstärke 25 cm
- Mindestinnendurchmesser 200 cm
- Druckübertragungsringe aus Hartholz (Sandwichbauw.) und als System "Hydraulische Fuge"
- Stahlführungsring aus Resista Stahl mit den Mindestabmessungen 220x8 mm
- Einbau und Betrieb eines Fugenerfassungssystems zur digitalen Erfassung der Fugenspalten und -breiten nach Wahl (Mindestanzahl = 2 Stk. je Vortriebsstrecke)
- Max Baulängentoleranzen = +/- 8 mm
- Maximale Rechtwinkeligkeit = +/- 8 mm
- Bestätigung der Betondeckung und Bewehrungsabnahme durch einen Ziviltechnikern/eine Ziviltechnikerin für mind. 30% der gelieferten Rohre
- Struktur der Betonoberfläche = Klasse S1 gemäß Ö-Norm B 2211 (Ausgabe 2009) aus Tab. 2
- Porigkeit = Klasse P gemäß Ö-Norm B 2211 (Ausgabe 2009) aus der Tabelle 1
- Größter Porendurchmesser = 5 mm
- Hochdruckspülfestigkeit: lt. DIN 19517

Als zulässige Maximalabweichungen von der projektierten Gefällelinie der Sohle (Solllage) werden bei den Vortriebsstrecken nachstehende Werte festgelegt:

- +/- 50 mm in vertikaler Richtung
- +/- 100 mm bzw. +/- 200 mm in horizontaler Richtung

2.3. Die Einsteigschächte

Für den gesamten Rohrstrang wurden 18 Einsteigschächte hergestellt. Davon werden während des Vortriebs drei Stück als Zielschächte, drei Stück als Revisionsschächte und zwei Stück als Startschächte verwendet.

Die Zielschächte wurden als DSV Schacht während der vorgegebenen Verkehrsphasen hergestellt. Nachdem der jeweilige Vortrieb in die Baugrube eingefahren war, wurde die Maschine ausgehoben und der Endausbau der Schachtkonstruktion ausgeführt.

Bei den Revisionsschächten wurden wie bei den Zielschächten DSV Schachtkörper hergestellt. Diese dienen während der Vortriebsphase als Revisionsschächte für das Schneidrad. Nach Einfahrt in den jeweiligen Revisionsschacht wurde das Schneidrad getauscht und der Vortrieb des Stranges fortgesetzt. Nach Abschluss der Vortriebsarbeiten wurden die Einsteigschächte laut Plan ausgebaut.

Die Herstellung der übrigen zentrisch über dem Vortriebsrohr platzierten Einsteigschächte ist im Punkt 7 detailliert beschrieben.

3. Daten der Baustelle

Im Herbst 2013 erhielt die PORR GmbH in Bietergemeinschaft mit ZÜBLIN GmbH von Wien Kanal den Auftrag für das Speicherbecken Simmering.

<u>Die wesentlichen Eckdaten der Baustelle sind nachstehend zusammengefasst:</u>

- Speicherbecken mit 28 500 m^3 Speichervolumen und 40 000 m^3 umbautem Raum
- Verbaute Betonkubatur ca. 6 800 m^3 (vorwiegend C25/30/B6/C3 A-frei)
- Verbrauchter Bewehrungsstahl = 1075 Tonnen
- 148 bewerte Betonzugpfähle (D=60 cm) mit einer Gesamtlänge von 1731 lfm
- 25 Brunnen DN 150 und 2 Pegel DN 50 als provisorische Wasserhaltung für den Beckenbau
- an das Speicherbecken angebaute Pumpenhaus mit 3 trocken aufgestellten Pumpen
- Gesamtleistung aller Pumpen = 1,8 m3/sec.
- Stahlbetonpressrohre DN 2000 (C40/50 B6/C3A frei FaB FS BZ4,5) mit der Wandstärke von 25cm und einer Länge von 4 m
- 4 Pressungen DN 2000 mit einer Gesamtlänge von 1.974 lfm
- Anzahl der Vortriebsrohre = 491 Stk.
- Anzahl der eingebauten Zwischenpressstationen = 10 Stk.
- Anzahl der Druckübertragungsringe System „Hydraulische Fuge“ = 330 Stk.
- Abgebauter Boden/Aushubmenge = ca. 9 650m^3 fest = ca. 1000 LKW-Fuhren
- Mittlere Bodenüberdeckung über dem Rohrscheitel = 5,8m

- Mittlerer Grundwasserstand über der Rohrsohle = 4,5m
- Engster gefahrener Bogenradius: 300 m
- Geringstes Sohlgefälle: 1 ‰
- 2 Startschächte (Sportplatz und Lindenbauergasse) in Schlitzwandbauweise
- Grundwasserentspannende Entlastungsbrunnen in den Startschächten
- 3 Zielschächte in DSV Bauweise
- 3 Revisionsschächte in DSV Bauweise zum Tausch des Schneidrads
- 2 Querungen einer Fernwärmehauptleitung
- 1551 Bohrungen zur vorbereitenden Bodenstabilisierung vor Beginn der Vortriebsarbeiten
- Errichtung der Einstiegschächte über dem Rohrstrang mittels Großbohrungen + DSV Säulen
- Messung und Steuerung der Abwasserströme
- Einbindung aller Pumpen und Schieber in die Kanalnetzsteuerung der Stadt Wien
- Umfangreiche Verkehrslenkungsmaßnahmen in mehreren Verkehrsphasen
- Kosten der Baumeisterarbeiten = 28,5 Mio. Euro brutto (23,8 Mio. Euro netto)
- Gesamtkosten = 36 Mio. Euro brutto (30 Mio. Euro netto)
- Abwicklung als Generalunternehmerauftrag (Baumeister/Elektro und Stahlwasserbau)
- Bauzeit von Oktober 2013 bis April 2016

4. Geologie - Hydrogeologie

4.1. Allgemeines

Der Rohrvortrieb wurde im Grenzbereich zwischen den jungen (holozänen) Donau-Alluvionen (Kiese und Sande) und den jungmiozänen Sedimenten des Oberpannon (Schluffe und Sande) aufgefahren, wobei stellenweise auch Deckschichtsedimente (Ausande und Aulehme) berührt wurden.

Von wesentlicher Bedeutung für die, als Zone der rezenten Mäander bezeichnete, geologische Formation waren die früher ständig wechselnden Flussverläufe und Fließgeschwindigkeiten der zahlreichen Haupt- und Nebenarme der Donau. Neben einer Ab- und Umlagerung von Schottermassen aus den Alpen und der Böhmischen Masse bildeten sich laufend Sand- und Schotterbänke, Inseln („Haufen“) und Kolke, so dass Schichtstärke und Zusammensetzung der Sedimente einer ständigen Veränderung unterworfen waren. Deutlich erkennbar sind diese wechselhaften Sedimente aus einer Rammkernbohrung mit Liner-Kerngewinn in der Abbildung 5.

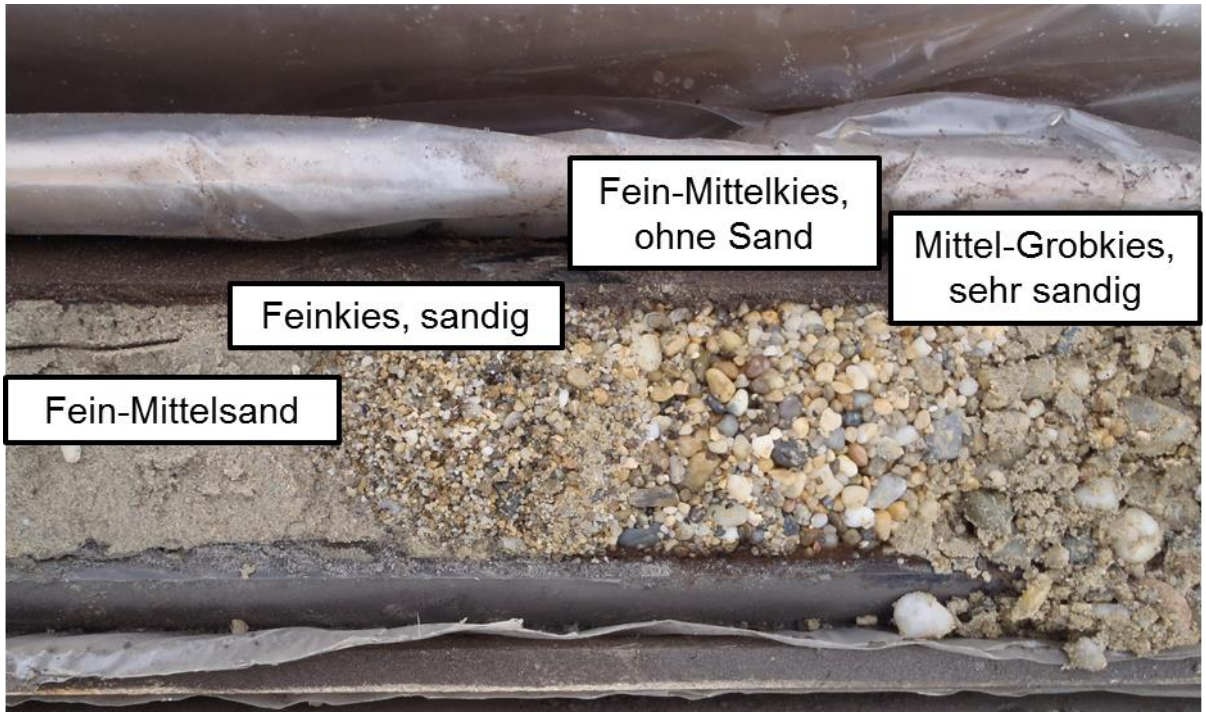

Abbildung 5: Unterschiedliche Sanddominanz im holozänen Donau-Alluvium

Die aufzufahrenden, quartären Sedimente wurden demnach im geologisch-geotechnischen Gutachten der Stadt Wien - MA 29 wie folgt beschrieben: *„Es handelt sich dabei um mitteldicht bis dicht gelagerte, vorwiegend runde Kies/Sande, die in Oberflächennähe eher locker bis mitteldicht gelagert sind. Deutliche Sedimentstrukturen, Schrägschichtung und offene Strukturen (Ausfallskörnung) sind zu erwarten. Die unterschiedlichen Lagerungsdichten und Porenanteile der Quartärschotter erklären sich teilweise auch durch unterschiedlichen Sandgehalt (z.B. durch Suffosion im Grundwasserschwankungsbereich). Ihre Grundwasserdurchlässigkeit ist bedeutend und schwankt im Allgemeinen zwischen* $5*10^{-3}$ *-* $1*10^{-4}$ *m/s, kann aber bei Fehlkornkiesen auch stellenweise um eine Zehnerpotenz höher liegen (bis zu* $5*10^{-2}$ *m/s).*

Ebenfalls vortriebsrelevant waren die überlagernden Deckschichtsedimente (Aulehme und Ausande) sowie die unterlagernden Feinkornsedimente des Miozäns, die in der Formation des Oberpannon sowohl sand- als auch schluffdominiert ausgeprägt waren und damit in unterschiedlicher Art und Weise auf die wesentlichen Prozesse des Rohrvortriebes, nämlich Abbau, Ortsbruststützung, Förderung, Separierung und Entsorgung Einfluss nahmen.

Mit Ausnahme des etwas höher trassierten Schlussabschnittes des längsten Vortriebes befand sich der Vortriebsquerschnitt durchgehend im ersten Grundwasserstockwerk der Donau-Alluvionen. Der Grundwasserspiegel lag im Allgemeinen zwischen 3 und 7 m unter der Geländeoberkante. Abbildung 6 zeigt einen Auszug aus dem geotechnischen Längenschnitt der längsten Vortriebsstrecke mit den eingetragenen Bodenaufschlüssen.

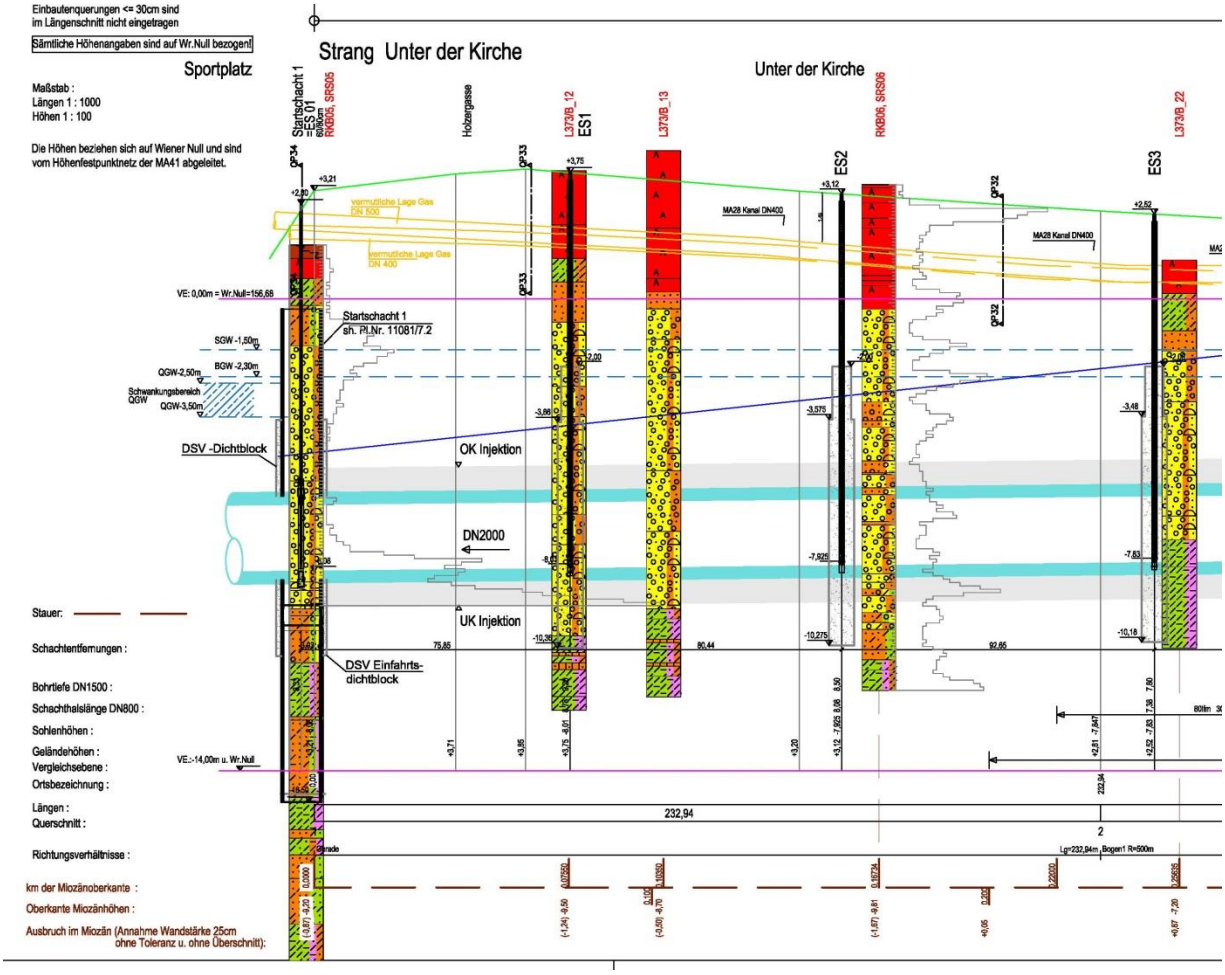

Abbildung 6: Auszug aus dem Längenschnitt der Vortriebsstrecke 1.1

4.2. Geotechnische Konzeption des Vortriebs

Im Zuge der Baugrunderkundung für den Rohrvortrieb, dessen Umfang in etwa dem Aufwand beim vorangegangenen großen Rohrvortrieb „Asperner Sammelkanal-Entlastungskanal“ entsprach (Rammkernbohrungen, Grundwassermessstellen, Bohrlochgeophysik, Bodenchemie, Bodenphysik), wurden besondere Schwerpunkte gesetzt:

Nachdem es auf Grund der nur geringen und schwankenden Mächtigkeit der quartären (holozänen) Sedimente sowie querenden Einbauten (Fernwärme-Kollektor) nicht möglich war, den Vortrieb zur Gänze in den quartären Sedimenten zu planen, wurden neben einer intensiven bodenphysikalischen Untersuchung des kiesdominierten Donauschotters (v.a. der Kornverteilung, Kornform, Lagerungsdichte, Abrasivität, Scherfestigkeit, etc.) verstärkt auch ungestörte Bodenproben aus den miozänen Sedimenten entnommen, um insbesondere das Verklebungspotential der anstehenden tonigen Schluffe (durch Angabe von Konsistenz, Plastizität, natürlichem Wassergehalt und vor allem Quantifizierung von quellfähigen Tonmineralien) zu ermitteln.

Mit den Ergebnissen der Erkundung wurde an Hand der vorliegenden Bohrprofile eine gedachte „Grenzlinie“ (= Oberkante) und Ausprägung (schluffdominiert oder sanddominiert) der miozänen Sedimente im geotechnischen Längenschnitt definiert, die für die Kalkulation des Vortriebsaufwandes (insbesondere der Stützung, Lösung, Förderung, Separierung und Entsorgung) herangezogen werden sollten. Zusammen mit der Vorgabe des Vortriebsverfahrens (geschlossene Schildmaschine mit suspensionsgestützter Ortsbrust und Druckluftpolster zur Stützdruckregulierung in einem vorab verbesserten Untergrund) und den entsprechenden Aufpreispositionen im Leistungsverzeichnis war es dem Unternehmer (Bieter) damit möglich, seinen geräte- und arbeitstechnischen Aufwand entsprechend zu kalkulieren.

Funktional ausgeschrieben wurde hingegen die Bodenverbesserung (Stabilisierung) des Untergrundes. Die Details sind im Punkt 5.3 beschrieben.

Im Bewusstsein, dass die angegebene Grenzlinie auf stichprobenartigen Aufschlussergebnissen basiert und dazwischen geologisch bedingt jederzeit Abweichungen möglich sind (z.B. durch höhere Miozänlagen), wurde dem Auftragnehmer vertraglich vorgeschrieben, seine elektronisch erfassten Vermessungs-, Vortriebs-, Verfahrens- und Maschinendaten (z.B. Luft- und Stützdruck, Durchflüsse der Speise und Förderleitungen, Drehzahl des Schneidrades, Lage der Vortriebsmaschine, Schieber- und Steuerzylinderstellungen, Hauptpressenkräfte und Dehnerkräfte etc.) lückenlos zeitgesteuert (Messwerte mindestens alle 10 Sekunden) bzw. pro Rohrschuss (rheologische Parameter) elektronisch aufzuzeichnen und online über eine Visualisierungs- und Auswertesoftware allen Beteiligten (also auch dem Auftraggeber!) zur Verfügung zu stellen.

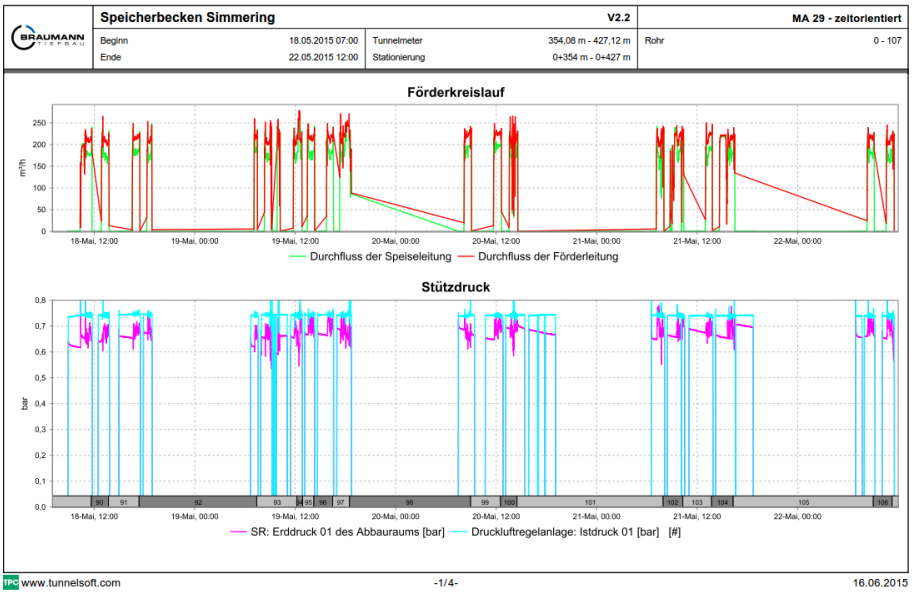

Abbildung 7: zeitabhängige Überwachung der Förderströme und des Stützdruckes

Sollten sich im Zuge der Dokumentation des Vortriebes (siehe Beispiele in den Abbildungen 7 und 8) wesentliche Abweichungen vom Regelvortrieb oder den prognostizierten (= kalkulierten) Verhältnissen ergeben, so war in der Ausschreibung die Möglichkeit vorgesehen, ergänzende Rammkernbohrungen unmittelbar neben der Trasse im Anschluss an den Vortrieb auszuführen, um beispielsweise die Tiefenlage oder auch die Ausprägung der miozänen Sedimente (sandig oder schluffig?) lokal näher zu erkunden. Die sich daraus ergebende, tatsächliche Grenzlinie bildet dann die Basis für das abschließende Baugrundmodell.

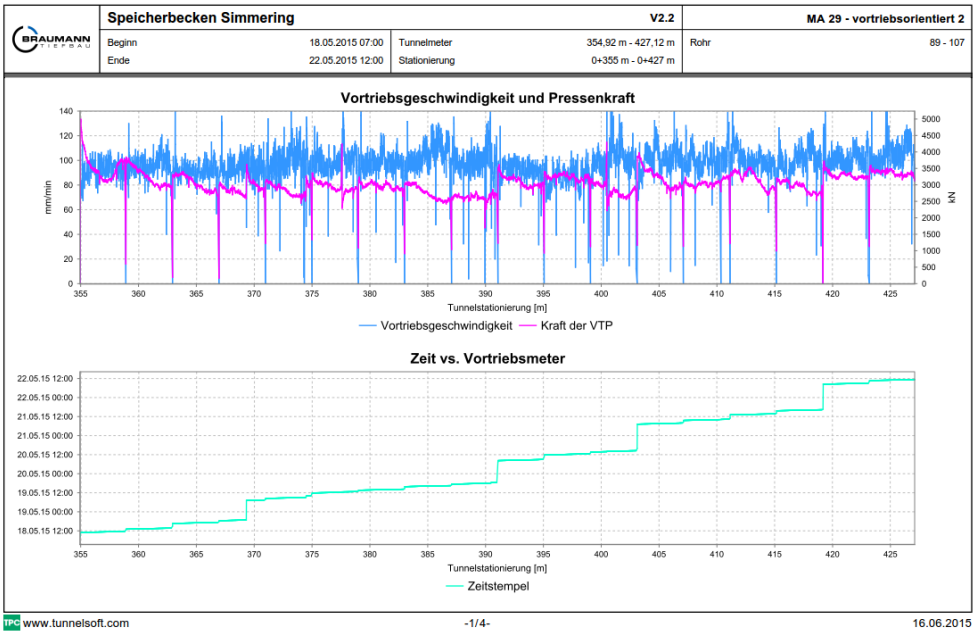

Abbildung 8: Überwachung der Vortriebskräfte in Abhängigkeit der Stationierung

Als maßgebende Parameter für das zusammenwirkende System der vorauseilenden Stabilisierungsmaßnahmen und der Vortriebsarbeiten wurden in der Ausschreibung die nachstehenden Festlegungen getroffen:

- Maximale Setzung bzw. Hebung an Grundstücksgrenzen des öffentlichen Gutes längs des Vortriebes: +/- 1 cm während der Bodenstabilisierungsinjektionen
- Maximale Setzung bzw. Hebung beim nachfolgenden Vortrieb max. +/- 2 cm in der Vortriebsachse
- Maximale Neigung der Setzungsmulde 1:300

5. Bauhilfsmaßnahmen für die Vortriebsmaßnahmen

Vor dem Beginn der Durchführung der Vortriebsarbeiten war die Ausführung einer Reihe von Baumaßnahmen in Abstimmung mit dem Verkehrskonzept und den von der Behörde vorgeschriebenen Verkehrsphasen erforderlich.

5.1. Startschächte

Die 4 Vortriebsabschnitte wurden von zwei Startschächten aus aufgefahren. Die Startschächte wurden als Doppelstartgrube in jeweils zwei Vortriebsrichtungen benutzt. Als Baugrubensicherung kamen ausgesteifte 60 cm dicke Stahlbetonschlitzwände und Grundwasser entspannende Bohrbrunnen zum Einsatz. Abbildung 9 zeigt den Startschacht 2 am Plateau Lindenbauergasse # Florian Hedorfer Straße. Die über die Baugrube verlaufenden zahlreichen Einbauten (Straßenentwässerung, Telecom Leitung, Gasrohr, Wasserrohr und Stromleitung) mussten vor der Errichtung der Schlitzwand verlegt werden. Nach dem Abschluss der Vortriebsarbeiten wurde im Innern der Startschächte jeweils ein Einsteigschacht errichtet.

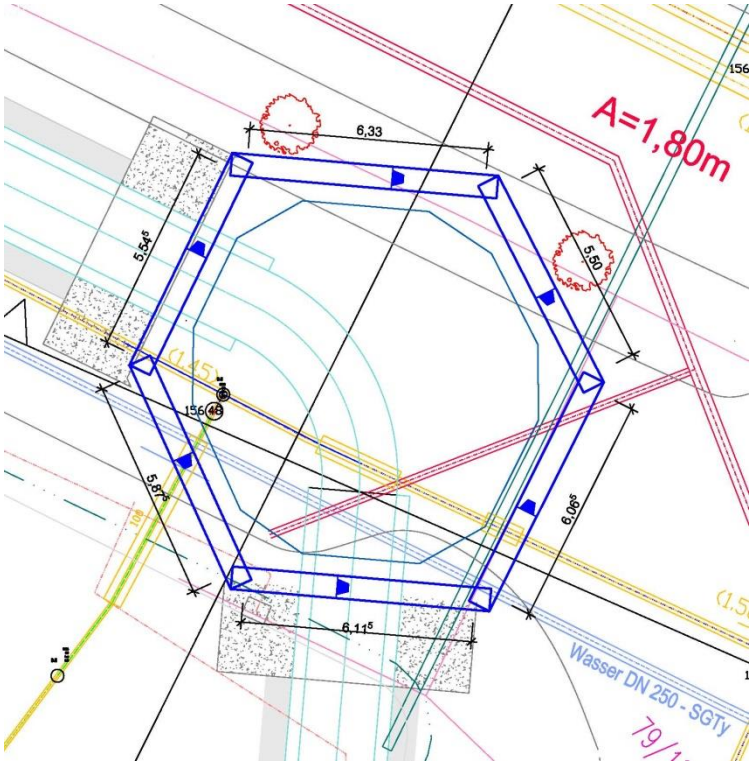

Abbildung 9: Lageplan des Startschachts 2 mit Schlitzwandausteilung und Einbauten

5.2. Zielschächte

Für die Ausführung der Vortriebsarbeiten wurden drei Zielschächte (Zielschacht 1+2 und Zielschacht 2.1) errichtet. Die Baugrubensicherungen der Zielschächte wurden mittels 120 cm dicken DSV Säulen hergestellt. Abbildung 10 zeigt die Austeilung der DSV Säulen für den Zielschacht 1. Nach dem Abschluss der Vortriebsarbeiten wurden im Innern der Zielschächte 1 und 2 die Trennbauwerke zur Ableitung der Regenwässer in die Transportkanäle eingebaut. In den Zielschacht 2.1 wurde ein Knotenbauwerk mit Einsteigmöglichkeit eingebaut.

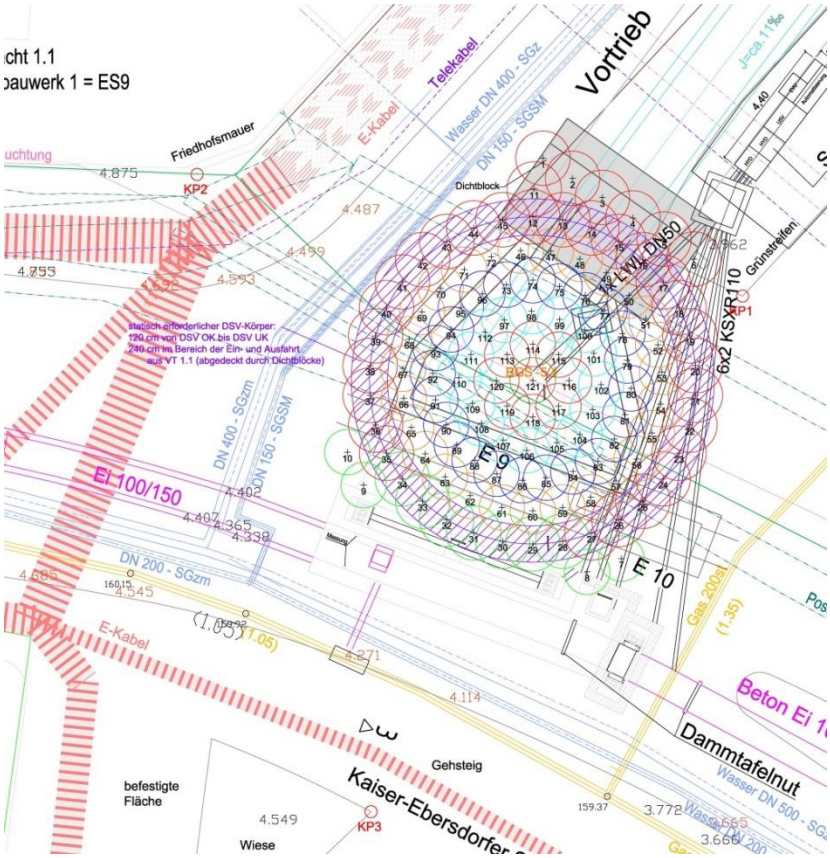

Abbildung 10: Austeilung der DSV Säulen für die Baugrube des Zielschachts 1 in der Kaiserebersdorfer Straße

5.3. Niederdruckinjektionen zur Bodenvermörtelung

Um einerseits einen ungleichmäßigen Bodenabbau und unkontrollierten Bodenaustrag an der Ortsbrust zu verhindern bzw. weitgehend zu minimieren und andererseits auch die zu erwartende Setzungsmulde auf max. 2 cm bzw. höchstens 1:300 abzuflachen bzw. Setzungsdifferenzen auszugleichen, wurden vorauseilende Stabilisierungsinjektionen (= Niederdruckinjektionen) als weitere Anforderung an den Rohrvortrieb in der Ausschreibung definiert. Diese mussten mindestens in einem rechteckigen Querschnitt von 4,10 x 4,10 m (siehe Abbildung 11) ausgeführt werden und sollten allfällige natürlich vorkommende, offene Bodenstrukturen in der unmittelbaren Umgebung des Vortriebsquerschnittes stabilisieren. Auf der längsten Vortriebstrecke (Straßenzug „Unter der Kirche“) sollen die Stabilisierungsinjektionen zusätzlich auch dazu dienen, einheitliche Bedingungen im Hinblick auf die Abbaubarkeit des Bodens durch die Vortriebsmaschine herzustellen, sodass es zu keinen Mehrentnahmen auf Grund dieses Umstandes kommt.

Aus Erfahrung ist nämlich bekannt, dass es ohne Bodenverbesserung in den sandigen Kiesen in solchen Fällen zu unterschiedlichen Abbaugeschwindigkeiten und damit unterschiedlichen Bodenentnahmemengen kommen kann, die in der Folge zu einem Verbruch führen könnten. Die Bodenverbesserungsmaßnahmen wurden funktionell ausgeschrieben. Auf Grund der gegenseitigen (chemischer und physikalischer) Beeinflussung von Stützsuspension und Injektionsgut konnte der Auftragnehmer den Bohrraster, die Injektionsmethode und die Injektionsmischung der Niederdruckinjektionen frei wählen. Es musste lediglich der im Verbesserungsquerschnitt zu erzielende Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f < 5 \times 10^{-4}$ m/s im Rahmen von Eignungsversuchen in einem Versuchsfeld und lokal entlang der Vortriebsstecke vorab nachgewiesen werden (Open End Test). Abbildung 10 zeigt den Regelquerschnitt des Transportkanals mit dem eingetragenen Verbesserungsquerschnitt.

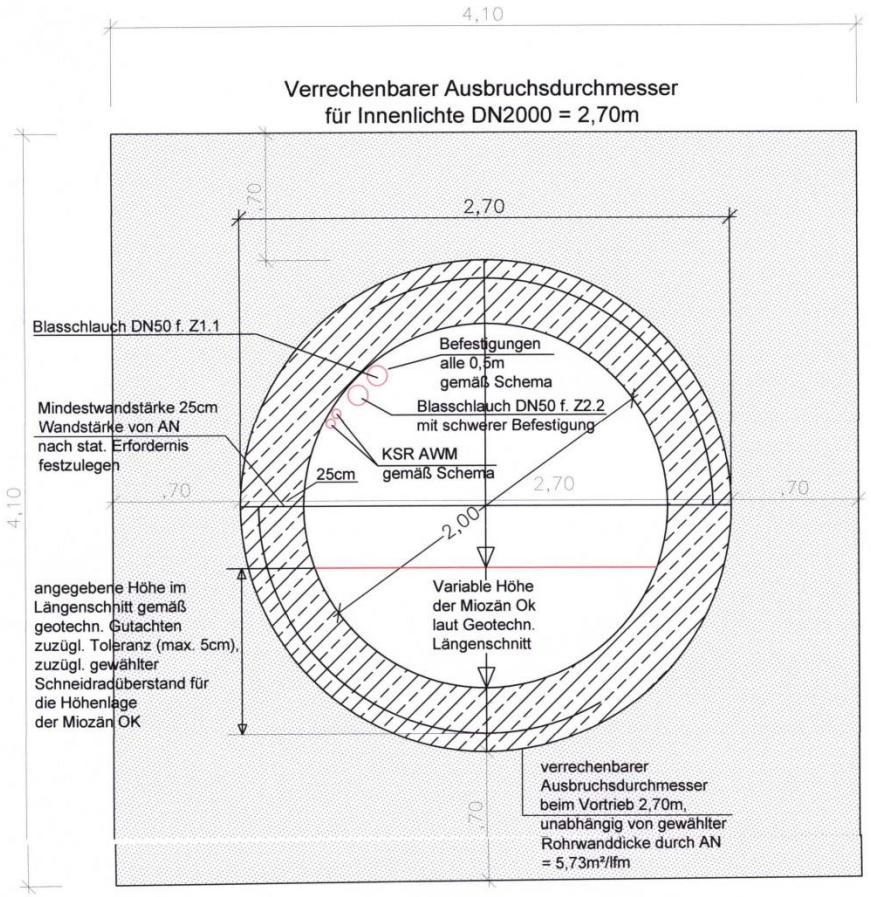

Abbildung 11: Regelquerschnitt mit eingetragenem Stabilisierungsquerschnitt

5.4. Revision des Schneidrads/Tausch des Schneidrads in vorgeschriebenen Revisionsschächten

Der Donauschotter weist einen hohen Quarzgehalt und somit hohe Abrasivitätswerte auf. Dieser Abrasivität wurde mit geplanten Werkzeugkontrollen in Revisionsschächten Rechnung getragen. Es wurden die Baugrubensicherungen von 3 Revisionsschächten mittels DSV Säulen errichtet und in den ca. 3 x 3m großen Revisionsöffnungen konnten die Werkzeuge des Schneidrades einer Revision unterzogen werden bzw. das Schneidrad getauscht werden.

Nach dem Abschluss der Vortriebsarbeiten wurde im Revisionsschacht 3 ein Einsteigschacht und in den Revisionsschächten 2 und 4 ein Absturzbauwerk eingebaut. Abbildung 12 zeigt den Querschnitt des Absturzbauwerks mit der Wehrschwelle und der Drosselöffnung DN 800 zum Transportkanal.

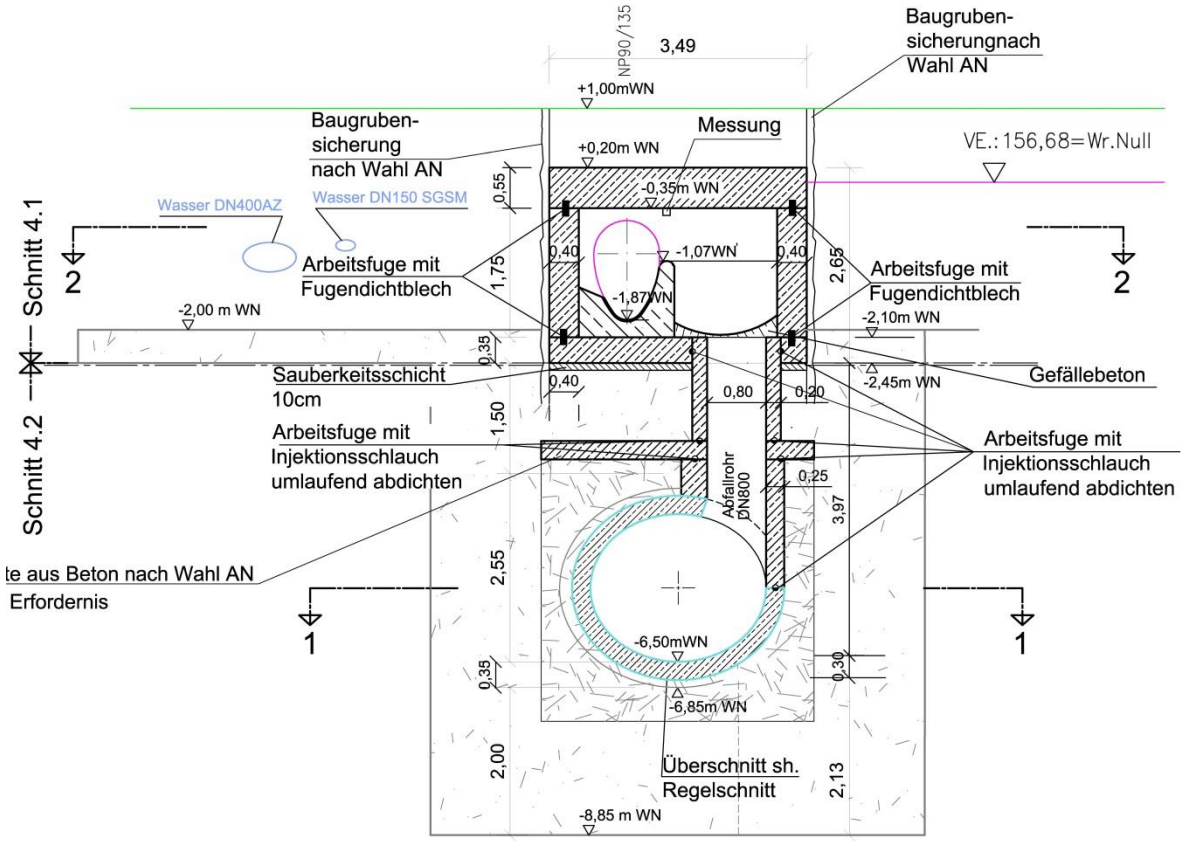

Abbildung 12: Querschnitt durch den Revisionsschacht mit eingebautem Absturzbauwerk zum Transportkanal

5.5. Ermittlung der Kampfmittelbelastung vor Baubeginn

Für das Projektsgebiet wurde eine vertiefte Vorstudie zur Ermittlung der Kampfmittelbelastung durchgeführt. Sie lieferte Erkenntnisse über eine mögliche Belastung des Untergrundes mit Kampfmitteln. Die Auswertung stützte sich auf verfügbare Luftaufnahmen vom 02.11.1943 bis 30.03.1945 und auf historische Dokumente und führte zu folgenden Ergebnissen:

- im Auswertungsgebiet konnten Bombenabwürfe recherchiert werden
- in den Vortriebsabschnitten sind unterschiedliche Grade der Gefährdung (siehe Lageplan gemäß Abbildung 13) zu erwarten
- mit dem Auffinden von Bombenblindgängern muss gerechnet werden

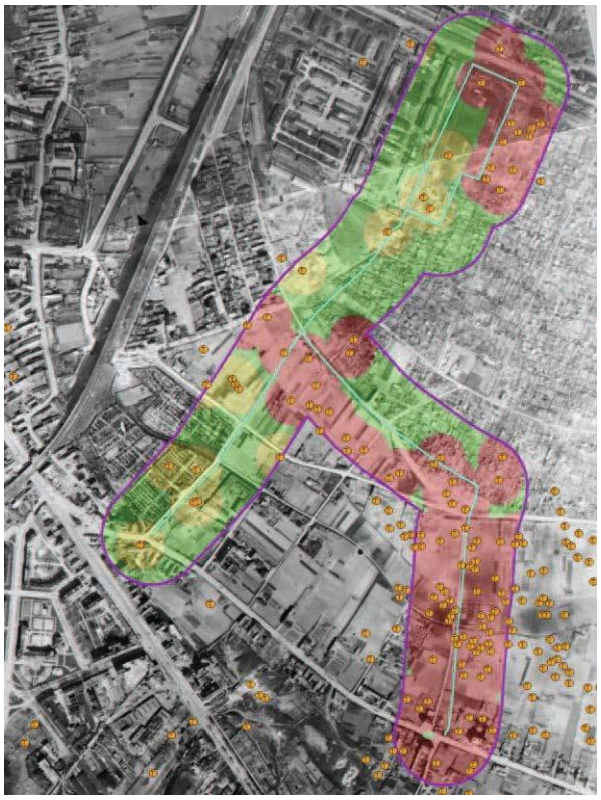

Abbildung 13: Lageplan aus dem Gutachten der Kampfmittelfernerkundung

6. Die Vortriebsarbeiten

6.1. Maschinelle Ausrüstung

Die Vortriebsarbeiten wurden mit einer AVND Maschine (AVND 2 000) der Firma Herrenknecht durch die Firma Braumann Tiefbau GmbH aus Oberösterreich als Subunternehmer der „ARGE Speicherbecken Simmering“ realisiert. Das am Schneidrad anliegende Drehmoment betrug dabei 780 KNm.

Die Auswahl der Abbauwerkzeuge war grundsätzlich auf Lockergestein und die Stabilisierungseigenschaften abzustimmen. Zusätzlich mussten die Werkzeuge die Einfahrten in die Baugruben aus Schlitzwandbeton bzw. DSV-Säulenbeton beherrschen. Dementsprechend kam ein Mischbodenbohrkopf mit einem Außendurchmesser ca. 2 555 mm zum Einsatz. Die nachfolgende Abbildung 14 zeigt das verwendete Schneidrad.

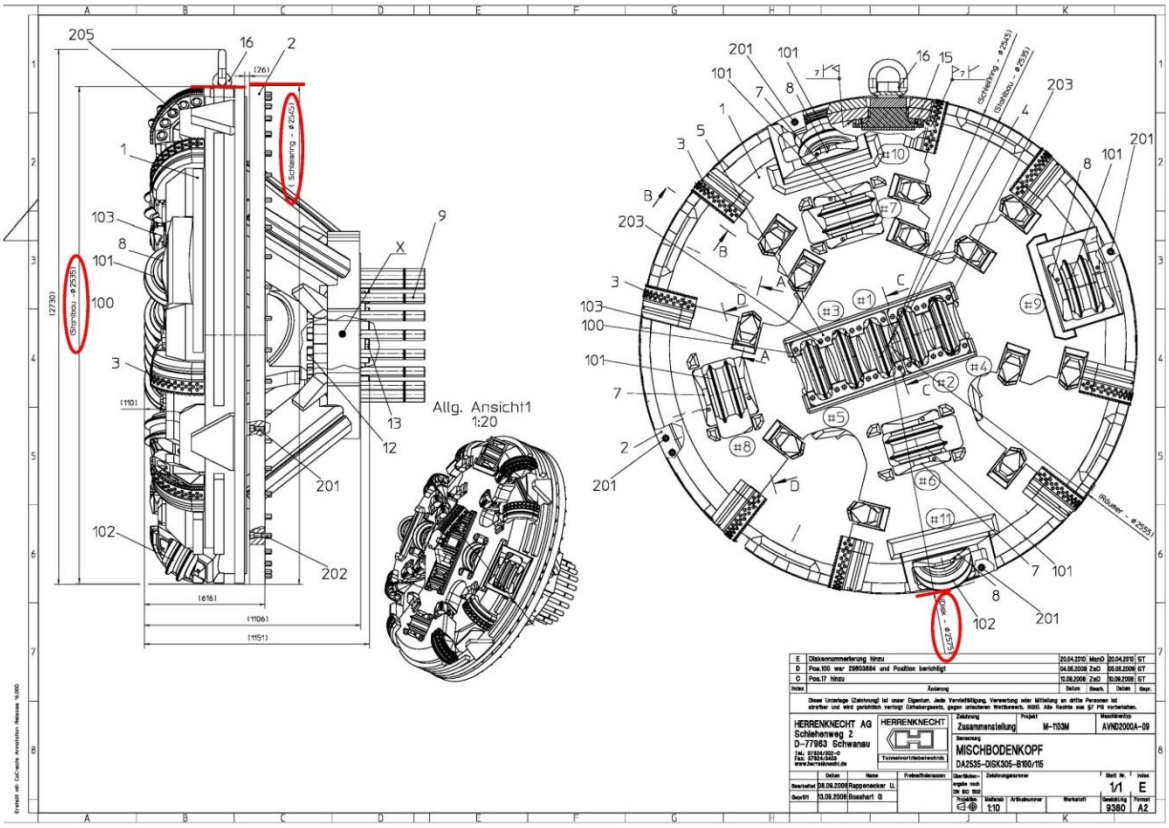

Abbildung 14: Werkzeichnung des verwendeten Scheidrads

6.2. Die Ausführung der Vortriebsarbeiten

Die 4 Einzelhaltungen wurden in folgender Reihenfolge in ca. 14 Monaten realisiert:

Haltung 1.2	166 m	Sportplatz (Gerade)
Haltung 1.1	843 m	Unter der Kirche (Raumkurven)
Haltung 2.2	503 m	Florian-Hedorfer-Straße (Gerade)
Haltung 2.1	462 m	Lindenbauergasse (Kurve)
gesamt:		1 974 m

Die Haltungen 1.2 und 2.2 wurden als Gerade mit konstanter Steigung/ Gefälle von 1‰ ausgeführt. In der Haltung 2.1 musste bei einem konstanten Gefälle von 1‰ eine Rechtskurve mit R=ca. 670m aufgefahren werden. Die längste Vortriebsstrecke – Haltung 1.1 wies in der Lage mehrere Links- bzw. Rechtskurven und in der Höhe neben Teilen mit konstanter Steigung von 1‰, auch Bereiche mit vertikalen Kurven auf. Dies ergab mehrere komplexe Raumkurven die aufzufahren waren. Dabei lag der engste Kurvenradius bei ca. 300m.

Zur umfangreichen Dokumentation der Vortriebsparameter war das System TPC (Tunnel Process Control) des deutschen Büros Babendererde Ingenieure im Einsatz. Dies ermöglichte die permanente Online-Begleitung der Baumaßnahme durch die Verantwortlichen bei Baufirma, Geologen und Bauherrn.

Als Druckübertragungselemente kamen bei den geraden Vortriebsstrecken Hartholzringe und bei den Kurvenhaltungen das System der „Hydraulischen Fuge“ zum Einsatz.

Abbildung 15 zeigt schematisch den Einbau der Fugenschläuche am Rohrende.

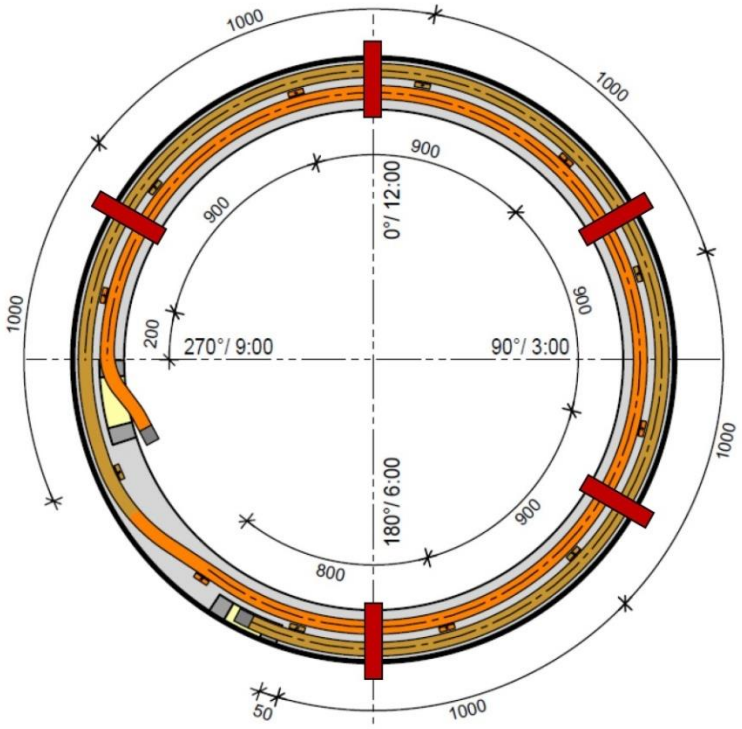

Abbildung 15: Schematische Darstellung des Systems „Hydraulische Fuge“ zur Druckübertragung (Fa. Jack Control)

Wie im Punkt 5.4 beschrieben, wurden gemäß dem Ausschreibungskonzept von Wien Kanal 3 Stk. Revisionsschächte errichtet. Die Trassenführung der Transportkanäle bedingte die Errichtung eines Zielschachts am Knotenpunkt der beiden Sammelkanäle (Abbildung 3). Dieser Schacht wurde gleichfalls als Revisionsschacht genützt. Insgesamt wurden bei allen 4 Vortriebsstrecken 7 planmäßige Werkzeugkontrollen in Revisions- und Zielschächten durchgeführt. Bei 6 Zwischenstopps wurde das Schneidrad getauscht und der Vortrieb konnte nach 2 bis 3 Arbeitstagen fortgesetzt werden. Werkzeugwechsel unter Tage waren nicht erforderlich.

Die Erfahrungen von Wien Kanal aus ähnlichen Rohrvortriebsstrecken im Donauschotter decken sich mit den bei diesem Bauvorhaben gemachten Beobachtungen der Abnützung der Abbauwerkzeuge. Die Abbildungen 16 und 17 zeigen eine gleichmäßige, aber nicht außergewöhnliche Abnutzung des Schneidrads. Der Werkzeugverschleiß hielt sich – besonders was die Abbauwerkzeuge des Schneidrades (Disken, Schälmesser u.dgl.) betrifft – in überschaubaren Grenzen. Mehr in Mitleidenschaft gezogen wurden naturgemäß die Brecherleisten auf dem Innenkonus.

Abbildung 16: Schneidradabnützung im Revisionsschacht

Nach den Erfahrungen und Beobachtungen der Projektleitung von Wien Kanal aus dem gegenständlichen Bauvorhaben und aus vorangegangenen Rohrvortriebsbaustellen kann für die Abnutzung der Abbauwerkzeuge im Donauschotter ein Abnutzungsgrad von 10 bis 15 % je 100 m Abbaustrecke abgeschätzt werden.

Abbildung 17: Schneidradabnützung nach Einfahrt in den Zielschacht 2.1

6.3. Die komplexen Rahmenbedingungen der Vortriebsarbeiten

Die Abwicklung der Vortriebsarbeiten im innerstädtischen Gebiet stellte für alle Projektbeteiligten eine große Herausforderung dar. Vor Baubeginn wurde von Wien Kanal mit der Verkehrsbehörde ein Verkehrskonzept erarbeitet, in dem die zur Verfügung stehenden Bauflächen und die Verkehrslenkung geplant wurden. Besondere Beachtung musste dabei der Aufrechterhaltung des Verkehrs von 4 Autobuslinien im Projektsgebiet geschenkt werden.

Auch die Anrainersituation hatte Einfluss auf die Durchführung der Vortriebsarbeiten.

Während beim Startschacht 1 (am Sportplatz) Nachtarbeiten mit baulichen Lärmschutzmaßnahmen von der Behörde erlaubt wurden, war die Durchführung der Vortriebsarbeiten am Startschacht 2 im Tag- und Nachtbetrieb wegen der Lärmbelästigung der Anrainer nicht gestattet. Die Abbildungen 18 und 19 zeigen die Baustelleneinrichtung für die Vortriebsarbeiten am Startschacht 2. Der öffentliche Verkehr und der Individualverkehr musste beim Startschacht 2 aufrecht erhalten werden und die Länge der ersten Teilfläche der Baustelleneinrichtung durch eine einmündende Seitenstraße beschränkt werden.

Abbildung 18: Baustelleneinrichtung – Fläche 1 neben dem Startschacht 2

Die Siebanlage und die Schutterbox musste bedingt durch die Verkehrssituation beim Startschacht 2, auf der gegenüberliegenden Seite des Startschachts aufgestellt werden. Abbildung 19 zeigt sehr deutlich, dass trotz des Einsatzes von schallgedämpften Aggregaten beim Startschacht, an dieser Örtlichkeit auch eine 6 m hohe Lärmschutzwand die Anrainer nicht vor dem Baustellenlärm schützen würde. Arbeiten in der Nacht konnten daher beim Startschacht 2 nicht durchgeführt werden.

Abbildung 19: Baustelleneinrichtung – Fläche 2 gegenüber dem Startschacht 2

7. Die Herstellung der zentrischen Einsteigschächte nach den Vortriebsarbeiten

Für den gesamten Rohrstrang wurden 12 zentrisch platzierte Einsteigschächte hergestellt.

Bei der Herstellung der zentrischen Einsteigschächte wurde nachstehender Ablauf (gemäß Abb. 20) ausgeführt:

- Durchführung der Kampfmittelsondierung
- Herstellung der Bodenstabilisierungsinjektionen in Teilabschnitten zur Verringerung der Verkehrsbehinderungen und Freigabe für den Fahrzeugverkehr
- Ausführung der Vortriebsarbeiten inkl. Ringspaltverpressung

- Bohrung des Schachthalses mittels einer Drehbohranlage unter Verwendung von Stahlrohren DN 1500
- Vertikaler Einbau des Schachthalses DN 800 (innen) bis 20 cm über dem Scheitel des Vortriebsrohrs
- Verfüllen des Ringraumes zwischen Schachthals und Stahlrohr mit Beton
- Ziehen der Stahlrohre
- Herstellung der DSV Säulen gemäß systematischen Querschnitt in Abbildung 20
- Nach einer Mindestaushärtezeit der DSV von 5 Tagen wurde der Durchbruch des Vorpressrohres ausgeführt und die Verbindung zwischen dem VT Rohr mit dem Schachthals fertig gestellt

Es werden pro Schacht 6 DSV Säulen hergestellt. Damit ist auch der mögliche Bohrschatten abgedeckt. Zur Verwendung kommt ein speziell angefertigter Bohrkopf, welcher ein Andüsen an den Rohrstrang ermöglicht. (Düs Strahl seitlich und ca. 45° nach unten)

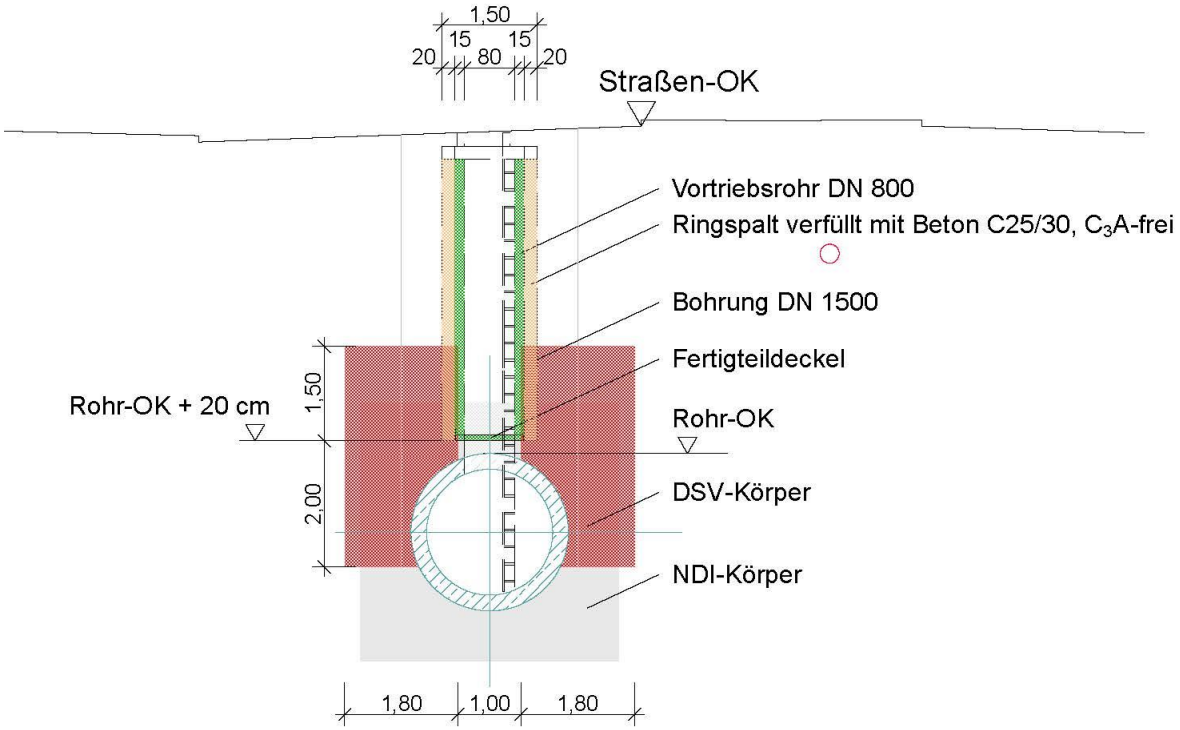

Abbildung 20: schematische Darstellung der Baumaßnahmen bei einem zentrischen Einsteigschacht (Querschnitt)

8. Zusammenfassung

Zusammenfassend kann ausgesagt werden, dass das endgültige Baugrundmodell eine gute Übereinstimmung mit dem prognostizierten Baugrundmodell aufwies.

Mit Hilfe einer laufenden Ausbruchmassenkontrolle, einer computergestützen Überwachung der Maschinenparameter und einer ständigen Erfassung der rheologischen Eigenschaften der Stütz- und Gleitmittel-Suspensionen konnte die erfahrene Mannschaft unter Zuhilfenahme verschiedenster Bodenkonditionierungsstoffe den Rohrvortrieb bis ohne nennenswerte Auffälligkeiten (Verbrüche, Setzungen, etc.) auffahren.

Das Konzept der vom Auftraggeber angeordneten Werkzeugkontrolle und Revision nach Durchfahrt von vorgegebenen Teilstrecken hat sich auch bei diesem Rohrvortrieben bewährt.

Von den jahrelangen Bemühungen vieler Arbeiter, Poliere und Ingenieure ist aber wenig Sichtbares für die Öffentlichkeit übrig geblieben (Abbildung 21).

Abbildung 21 : Dies bleibt nach den jahrelangen Arbeiten sichtbar

Autor und Vortragender:
Dipl.- Ing. Thomas Milkovics
Magistrat der Stadt Wien - Wien Kanal,
1030 Wien, Modecenterstraße 14-Block C