

Christof Haberland

**Baustellenbericht Baulos U2/1 „Schottenring“**

DI Christof Haberland,  
PORR Tunnelbau GmbH  
www.porr.at

**Projektdaten:**

Bauvorhaben: U2-Verlängerung Baulos U2/1 „Schottenring“  
 Bauherr: Wiener Linien GmbH & Co KG  
 Ausführendes Bauunternehmen: Arbeitsgemeinschaft PORR – Bilfinger Berger  
 Planer: ISP Ziviltechniker GmbH Monarth & Tatzber  
 Baudauer: 40 Monate  
 Baubeginn: Mai 2003  
 Bauabschnittslänge: 817 m  
 Aushubkubatur: 121.000 m<sup>3</sup>  
 Schlitzwand: 4.200 m<sup>2</sup>  
 Bohrpfähle: 11.500 m  
 Stahlverbrauch: 6.000 t  
 Stahlbeton: 55.000 m<sup>3</sup>  
 Tunnellänge gesamt: 952 m

**1 Allgemeines**

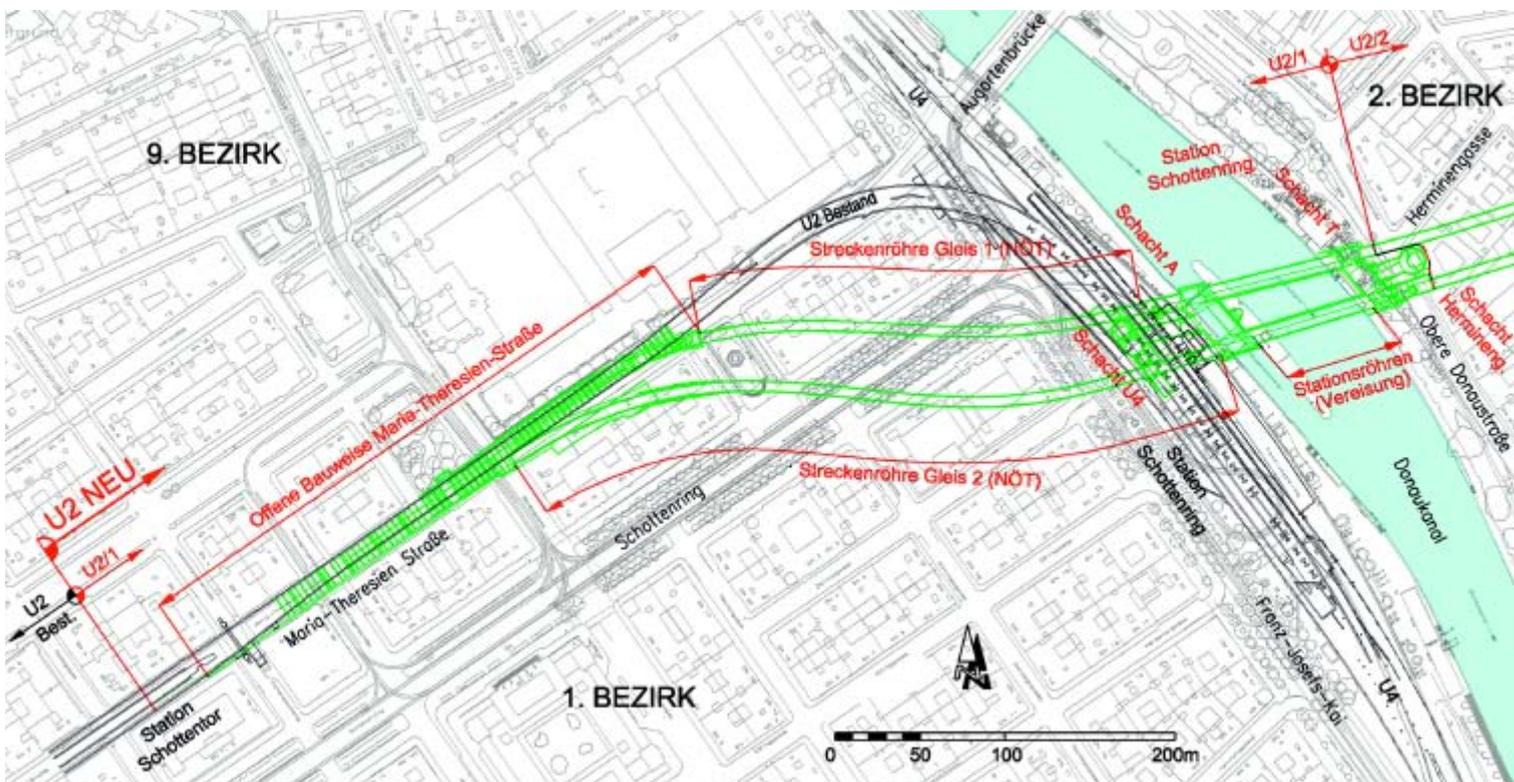
Das Baulos U2/1 „Schottenring“ ist das erste von fünf Baulosen der dritten Ausbauphase der Wiener U-Bahn. Diese Erweiterungsphase ist einerseits durch die Stadtentwicklung und andererseits durch die im Jahr 2006 stattfindende Fußball-Europameisterschaft notwendige Anbindung des Wiener Stadions erforderlich. Die Verlängerung umfasst die Weiterführung der Linie U2 vom Schottenring in Richtung Stadion und darüber hinaus über die Donaustadtbrücke Richtung Aspern. In der derzeitigen Ausbauphase wird die Strecke zwischen Schottenring und Stadion errichtet. Diese Strecke ist in fünf Baulose unterteilt. Das erste dieser Baulose ist das Baulos U2/1 „Schottenring“, mit dem die Arge Porr – Bilfinger Berger im Jahre 2003 beauftragt wurde.

Die Trasse verläuft im Grundriss gesehen von der bestehenden Station Schottentor in der vorhandenen Gleislage und fädelt als neue Trasse der U2 aus dem bestehenden U-Bahn-Tunnel aus. Hierfür sind eine Verbreiterung und eine Eintiefung des bestehenden Tunnels in offener Bauweise erforderlich. Daran anschließend unterfährt die Trasse in geschlossener Bauweise, nach den Prinzipien der Neuen Österreichischen Tunnelbauweise, einige mehrgeschossige gründerzeitliche Bauobjekte mit minimalen Abständen zu den Fundamentlasten. Unter der Ringstraße taucht die Trasse weiter ab, wobei die eingleisigen Tunnel beidseits des Ringturmes, einem Hochhaus aus den 50er-Jahren, situiert sind.

Eines der Schlüsselbauwerke des Bauloses U2/1 „Schottenring“ ist die Unterquerung des Donaukanals mit den beiden Stations-

Bild 1: Grundriss Baulos U2/1 Schottenring

Grafiken: © ISP Ziviltechniker GmbH



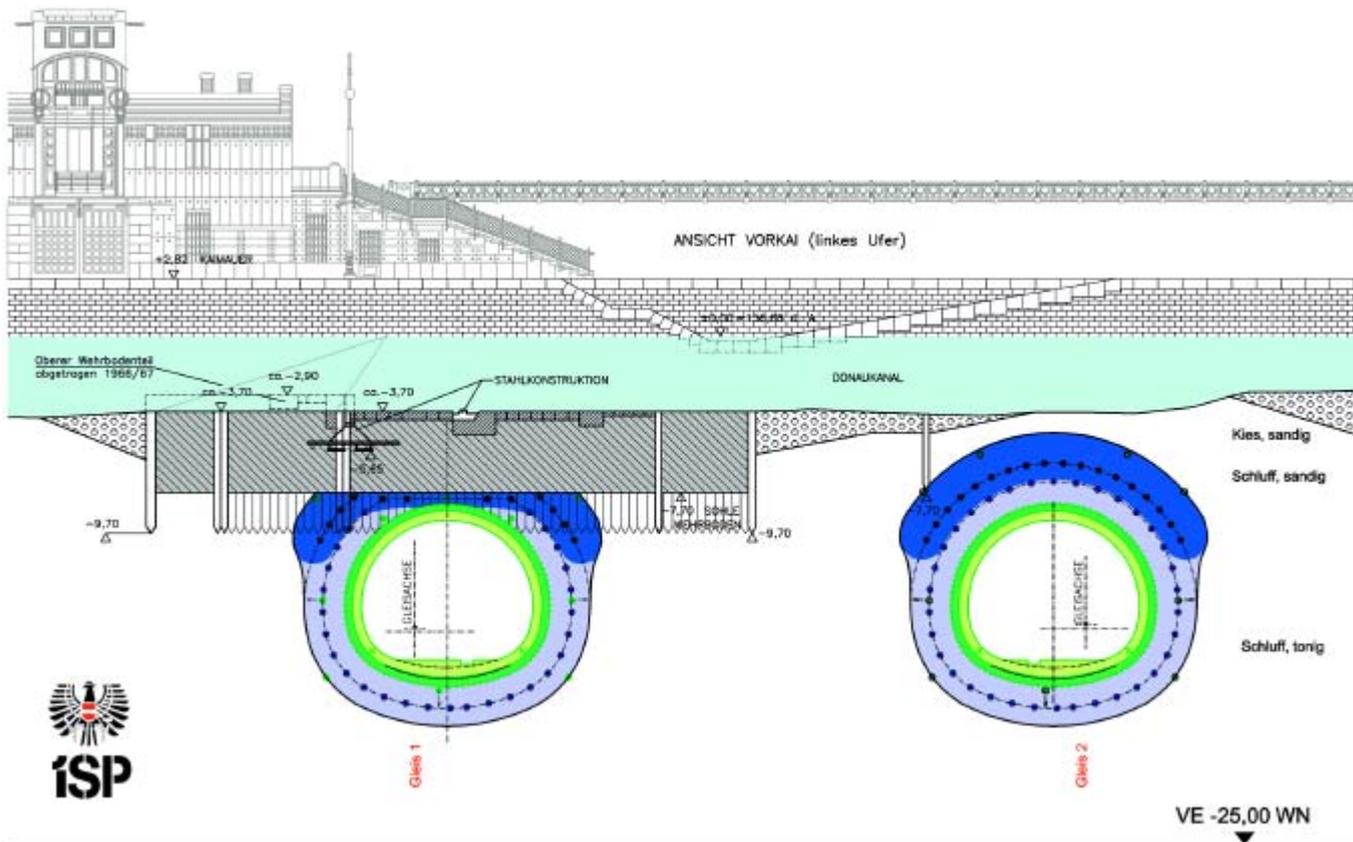


Bild 2: Querschnitt Stationsröhren mit Vereisung

röhren. Durch die Trassenführung ergibt sich, dass die beiden Tunnel genau im Bereich unter der ehemaligen Kaiserbadschleuse zu liegen kommen. Diese Schleuse ist ein Teil einer geplanten Schleusenkette, die in den Jahren 1901 bis 1906 in Trockenbauweise errichtet und faktisch nie in Betrieb genommen wurde. Dem ehrgeizigen Gesamtprojekt der Schiffbarmachung des Donaukanals setzte der beginnende Erste Weltkrieg ein Ende. Neben dem von Otto Wagner geplanten, sehr bekannten Schützenhaus ist der gesamte Bereich der Schleuse unter Denkmalschutz gestellt.

Für die gesamte Verlängerung der U2 wurde auf Basis des Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetzes von 2002 eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) eingereicht und durchgeführt. Für das Baulos U2/1 sind 241 Auflagen im Zuge dieser UVP-Verfahrens festgeschrieben worden, deren Einhaltung mit finanziell empfindlichen Pönalen „abgesichert“ ist. Im Zuge des generellen Projektes wurden mehrere Bauweisen für das Baulos, speziell für die Unterquerung des

Donaukanals, untersucht. Nach Abwägung der technischen Möglichkeiten und Gegebenheiten wurden aber bereits im Zuge des UVP-Verfahrens die Bauverfahren, insbesondere das Vereisungsverfahren, für diesen Bauabschnitt festgelegt.

Die geologischen Verhältnisse sind einerseits im Bereich des Donaukanals tertiäre Schluffe und Tone, die in Richtung Station Schottentor in sandige Kiese des Quartärs übergehen.

Bild 3: Errichtung Kaiserbadschleuse



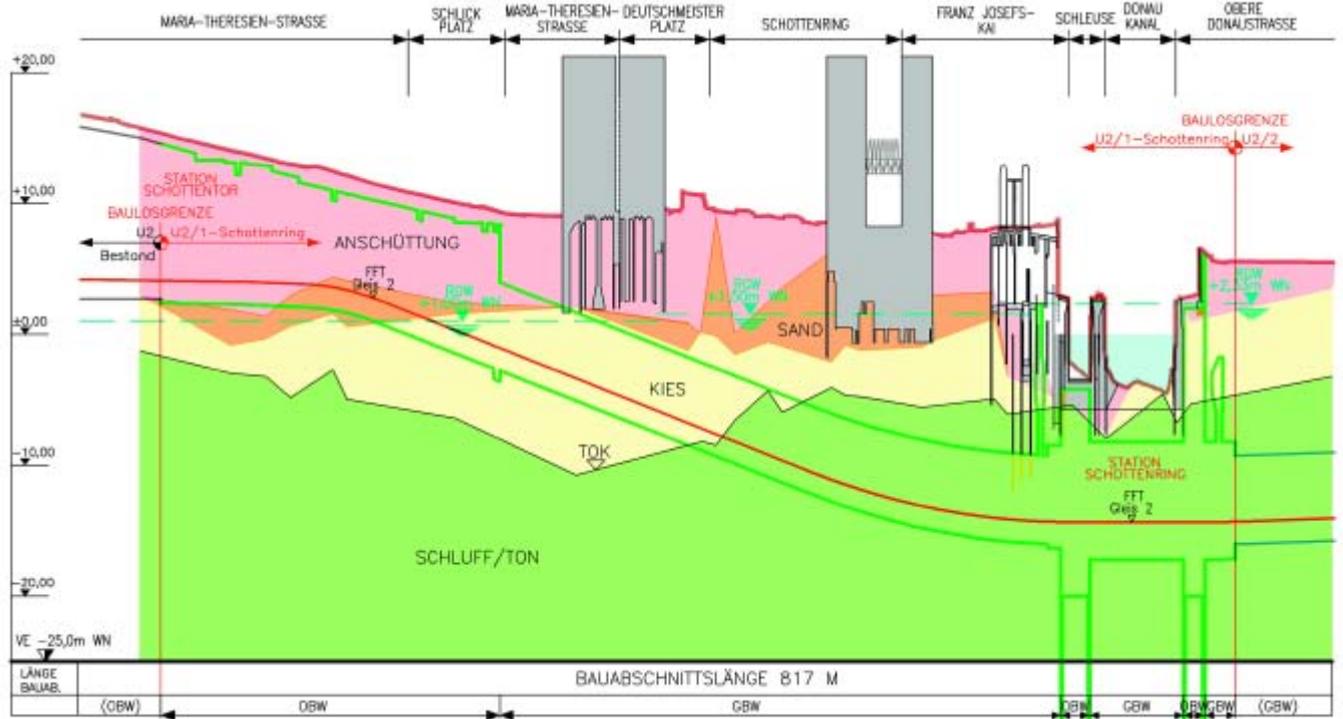


Bild 4: Längsschnitt Baulos U2/1 Schottenring

Grafiken: © ISP Ziviltechniker GmbH

## 2 Offene Bauweise

### 2.1 Bereich Maria-Theresien-Straße – Tunnelaufweitung

Für die Abzweigung der neuen Trasse ist eine Aufweitung des bestehenden U-Bahn-Tunnels der Stammstrecke, der vor ca. 25 Jahren in offener Bauweise errichtet wurde, erforderlich. Für diese Arbeiten wurde der Betrieb der Linie U2 im Bereich zwischen Station Schottentor und Schottenring auf einen eingleisigen Betrieb umgestellt. Die über dem Tunnel verlaufende Maria-Theresien-Straße wurde mit einer großräumigen Verkehrsumleitung für den Individualverkehr auf Baudauer abgesperrt. Allerdings bleibt in den Kreuzungsbereichen, in denen die Straßenbahn fährt, der Verkehr aufrecht. Die Bauarbeiten erfolgen halbseitig oder mit Sonderlösungen.

Zu Beginn der Phase 1 wurden Bohrpfähle mit einem Durchmesser von 0,90 m und einer Tiefe von bis zu 25 m außerhalb des Bestandstunnels hergestellt. Nach Herstellung von Stahlbetonverteilungsrosten auf den neuen Bohrpfählen wurden in der nächsten Phase Teile des bestehenden Plattenbalkendeckensystems abgetragen und die Bestandssträger mit Begleitträgern verlängert.

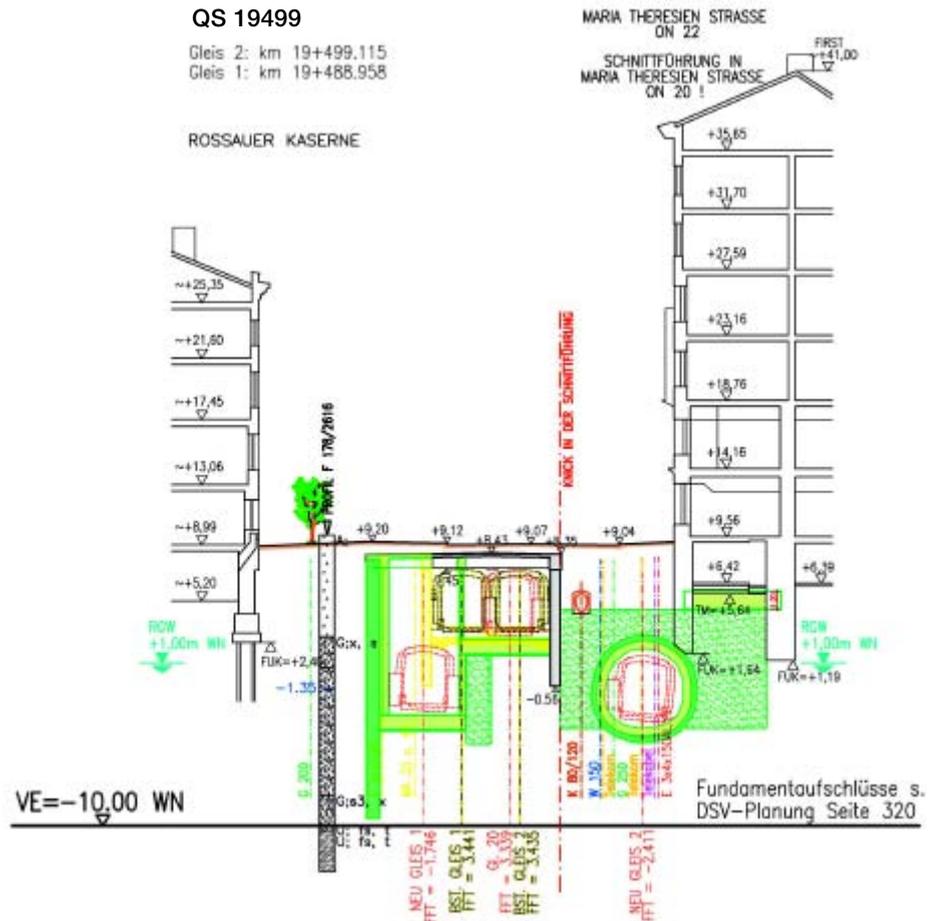


Bild 5: Schnitt Tunnelverbreiterung Maria-Theresien-Straße

Die Verbindung zwischen den alten und neuen Trägern erfolgte durch eine aufwändige Verdübelung aus Betonstahl mit einem Durchmesser bis zu 36 mm. Für die Bestandsträgerverlängerungen kam SCC-Beton zur Anwendung. Dies war erforderlich, um einerseits das Ausfüllen der im Dachprofil hergestellten Bestandsträger bzw. andererseits das Umschließen der bestehenden Konstruktion zu gewährleisten. Dadurch war eine durch die Anschlussbewehrung sehr aufwändige Konterschaltung, die die Dichtheit gegenüber dem SCC-Beton gewährleisten musste, erforderlich.

Die gesamten Arbeiten an der Verlängerung der bestehenden U-Bahn-Decke wurden während des Betriebes der U-Bahn-Linie U2 durchgeführt. Die Arbeiten erfolgten von Gerüsten aus, die einerseits auf dem stillgelegten Betriebsgleis, andererseits auf Hängerkonsolenkonstruktionen auf den Bestandselementen verfahren werden konnten. Dabei galt es speziell auf die Sicherheitsanforderungen des U-Bahn-Betriebes Rücksicht zu nehmen. Die Bewehrungsarbeiten erfolgten auf einem Vorbereitungswagen, anschließend wurden die Bewehrungskörbe an den Bestandsträgern aufgehängt und der Vorbereitungswagen konnte in der betriebslosen Zeit der U-Bahn (täglich zwischen 01.00 bis 03.00 Uhr) vorgefahren werden. Die Betonarbeiten erfolgten auf einem nachlaufenden Rüstwagen.

Bild 7: Arbeitsgerüste Begleitträgerverlängerung



Bild 8: Arbeiten an der Trägerverdübelung



Bild 6: Begleitträgerverlängerung Maria Theresien-Straße  
Fotos: © ARGE U2/1 Schottentorring

Der Rüstwagen musste nicht nur eine Trägerlänge zwischen 8,5 und 11,5 m gewährleisten, sondern musste auch für eine Unterstellungshöhe im Bereich der Station Schottentor von 6,5 m bis in den Bereich der Rossauerkaserne von nur 4,0 m konzipiert werden. Die Schalungen waren auf den Rüstwagen längsverschiebbar gelagert, um die unterschiedlichen Achsabstände der neu zu betonierenden Träger gewährleisten zu können. Die Arbeitshöhe für die Arbeiten an der Bestandsträgerverlängerung ergab sich durch die bestehende Trägerhöhe und das Lichtraumprofil der U-Bahn. Im Anfangsbereich betrug sie bis zu 1,40 m. Durch die im weiteren Verlauf geringere Tunnelgesamthöhe ergaben sich Arbeitshöhen von nur bis zu 60 cm.



Bild 9: Innenschalenherstellung im Bereich DSV-Körper

Die Schalungen mussten vollkommene Dichtheit gewährleisten, da die Betonierung mit SCC-Beton während der Betriebszeiten der U-Bahn erfolgte. In der Phase 3 erfolgte

nach einer Gleisumlegung die Eintiefung der neuen Gleise im Schutz von DSV-Körpern. Anschließend wurden die Betonarbeiten für die Bodenplatten bzw. wasserdichten Wannenwände durchgeführt.

Die Verbreiterung im Übergangsbereich zur Station Schottentor erfolgte in gleicher Weise wie im Bereich Maria-Theresien-Straße, allerdings konnten Rüstungen von der bestehenden Zwischendecke aus eingesetzt werden.

### 2.2 Schachtbauwerke

Eine weitere Schwierigkeit des Baues besteht darin, dass die zukünftige neue Station unter der bestehenden Station Schottenring errichtet wird. Zur Anbindung der neuen Station an die alte Station bzw. an die Oberfläche sind Schächte für Zugangsrelationen erforderlich.

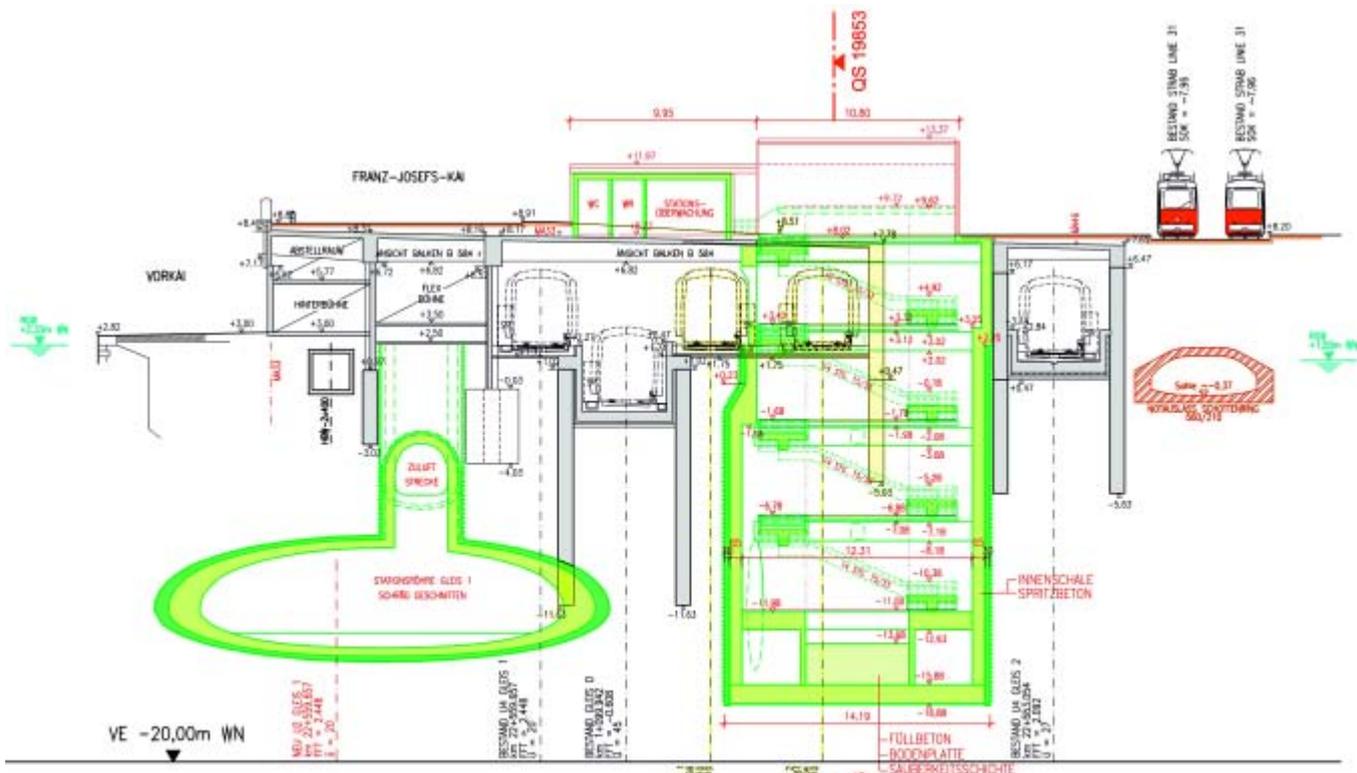
Der Spritzbetonschacht zwischen den in Betrieb befindlichen Gleisen der U4 und der

U2, der eine Dimension von 51 x 13 m und eine Tiefe von 20 m aufweist, stellt dabei eine besondere Herausforderung dar. Das bergmännische Abteufen erfolgte mit Ankern bzw. massiven Steifenhorizonten. Die beidseitig verlaufenden U-Bahnen blieben ständig in Betrieb. Nach einem Wassereintrich und einer Flutung des Schachtes im Oktober 2004, bedingt durch eine nicht bekannte geologische Störzone, konnte nach einer Erweiterung der Grundwasserhaltungsmaßnahme der Schacht im Ausbruch fertig gestellt werden. Anschließend daran erfolgte die Auskleidung des Schachtes mit einer wasserdichten Innenschale aus Sichtbeton. Die temporäre Schachtaussteifung mit Stahlträgern wird durch die endgültige Stahlbetonaussteifung, die so genannten „Knochen“, ersetzt.

Eine Besonderheit stellt der Anfahrtsschacht für die gesamte geschlossene Bauweise dar. Es ist dies ein Schacht mit 1 m starken Schlitzwänden in Deckelbauweise, genau

Bild 10: Schnitt Spritzbetonschacht im Stationsaufnahmegebäude

Grafiken: © ISP Ziviltechniker GmbH



in der Schleusenammer der ehemaligen Kaiserbadschleuse. Nach behutsamer Entfernung der beweisgesicherten denkmalgeschützten Teile der Schleuse sowie nach Entfernung der Granitpanzerung erfolgte das Aufschrämen des Schleusenbodens. Hier zeigte sich die solide Arbeit unserer Großväter. Der händisch gemischte Beton des Schleusenbodens hatte eine derart hohe Festigkeit, dass ein herkömmliches Aufschrämen wegen der Erschütterungen und den Anforderungen des Denkmalschutzes nicht möglich war. Die Entfernung des Schleusenbodens im Bereich der zukünftigen Schlitzwände erfolgte nach einem Mann-an-Mann-Aufbohren dieses Bereiches.

Anschließend wurde der gesamte Schleusenbereich für die Herstellung der Schlitzwand mit 10.000 m<sup>3</sup> Schüttmaterial aufgefüllt. Das Anheben des Niveaus war – bedingt durch den notwendigen Suspensionsüberdruck gegenüber dem Donaukanal – erforderlich.

Nach Herstellung der Schlitzwände wurde das Schüttmaterial wieder entfernt und es konnte mit der Herstellung der obersten Decke und dem Abteufen des Schachtes fortgesetzt werden.

Im Bereich der Donaukanalseite des 2. Bezirkes wurde ebenfalls ein Schacht hergestellt, der eine obere und untere Passage zu einem Schacht auf der anderen Seite der Oberen Donaustraße besitzt. Der Schacht mit einer Tiefe von über 20 m wurde in Deckelbauweise mit Bohrpfählen hergestellt. Die Aushübe unter Deckel wurden durch zwei temporäre Aussteifungshorizonte gesichert. In die Bohrpfähle bzw. Bodenplatten wurde ein Erdwärmesystem mitverlegt, welches das spätere Stationsgebäude beheizen soll.

Die Errichtung der oberen Passage erfolgt in offener Bauweise, die untere Passage in bergmännischer Bauweise. Der im Bereich eines Hauses geplante Aufgang musste aus rechtlichen Gründen in die Straße verlegt



Bild 11: Sichtbetoninnenschale  
Fotos: © ARGE U2/1 Schottenring

Bild 12a: Schnittbild Schacht Kaiserbadschleuse

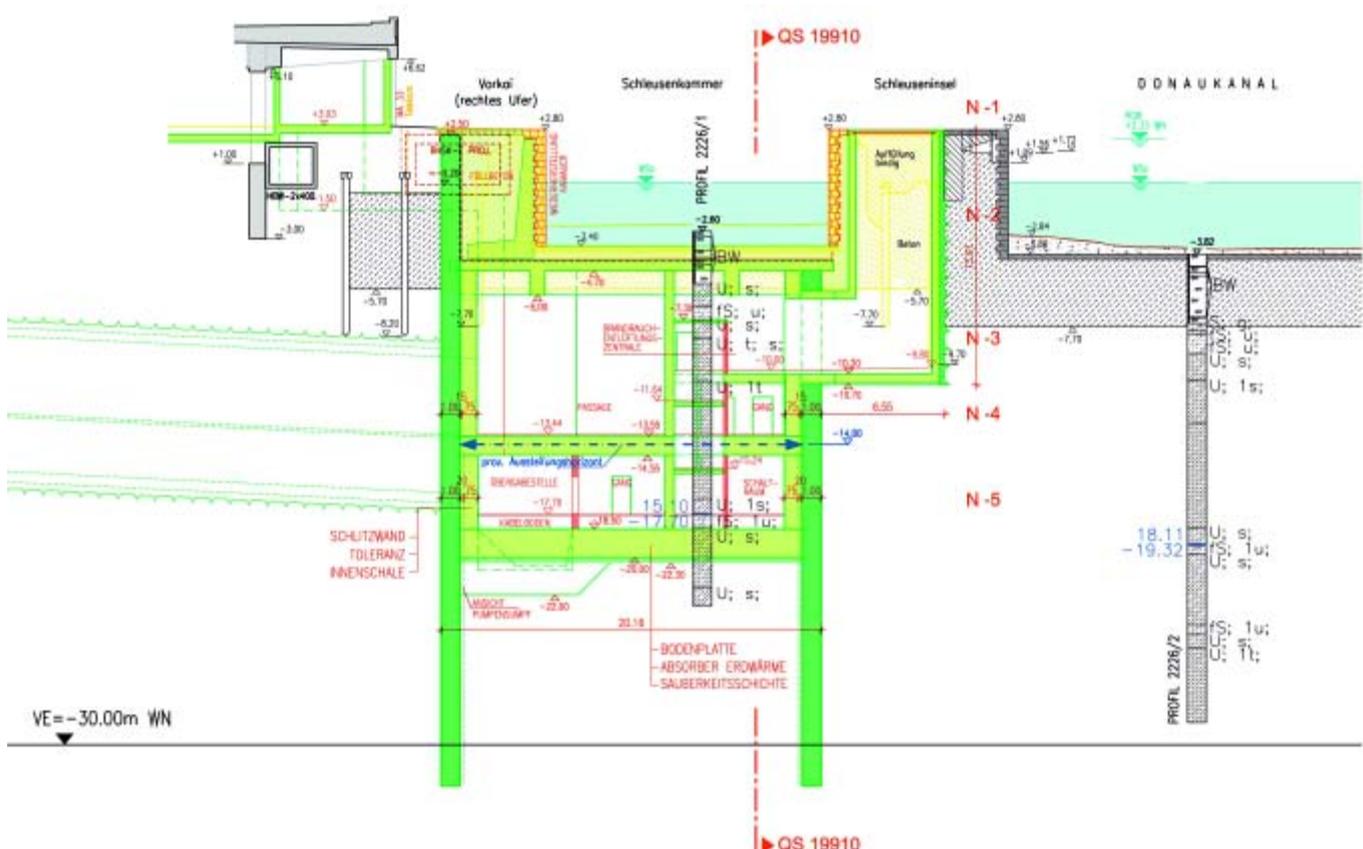




Bild 12b: Schlitzwandarbeiten

werden. Durch die erforderliche neuerliche Einreichung im Sinne des UVP-Verfahrens konnten die Arbeiten erst im Herbst 2005 begonnen werden. Der Schacht wird in Deckelbauweise mit 80 cm starken Schlitzwänden errichtet. Eine Besonderheit ist – neben den beengten örtlichen Verhältnissen – der durch den Schacht verlaufende Kanal der MA 30. Da dieser Kanal nicht überpumpt werden kann, muss er in Betrieb unterfangen und in die Konstruktion des Schachtes integriert werden.

### 3 Geschlossene Bauweise

#### 3.1. Streckenröhren

Die Trassierung der bergmännisch herzustellenden Streckenröhren verläuft mit einem schleifenden Schnitt und einer seichten Unterfahrung der mehrgeschossigen Bebauung im Bereich Maria-Theresien-Straße und der Ringstraße in Richtung Ringturm. Aufgrund des schleifenden Schnittes ist eine Bodenverbesserung in diesem Bereich mittels DSV-Säulen von der Oberfläche er-

forderlich. Im Schutze dieses Injektionskörpers wird die Streckenröhre vorgetrieben. Im Spezialfall der Häuser im Bereich Maria-Theresien-Straße gegenüber der Rossauerkaserne wird der DSV-Körper teilweise aus dem Keller hergestellt. Dazu muss der bestehende Kellerboden entfernt werden. Über Zugangsschächte aus Spritzbeton erfolgt die Herstellung des DSV-Körpers im Kellerbereich. Anschließend wird eine 1 m starke Schallschutzbodenplatte, die in die tragenden Mauerwerke eingeschmätzt ist, betoniert. (siehe Bild 5)

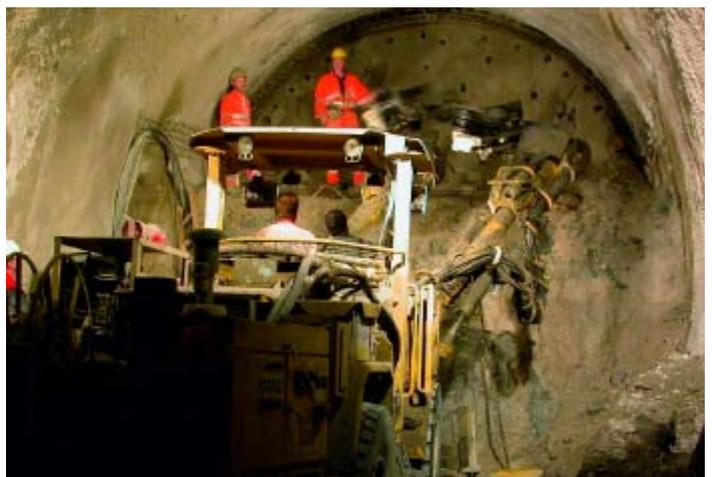
Der Baggervortrieb der eingleisigen Streckenröhren erfolgte unter dem Schutz einer Grundwasserabsenkung mit insgesamt über 40 Rohrbrunnen, die eine Tiefe von bis zu 20 m haben und von der Oberfläche aus hergestellt wurden. Die Grundwasserabsenkung senkte das obere Grundwasserstockwerk um bis zu 8 m ab. Nach Fertigstellung der Vortriebe wird eine bewehrte wasserdichte Ortbetoninnenschale mit einem Rundumschalwagen eingebaut und nachher die Wasserhaltung zurückgespiegelt.

Im Bereich Maria-Theresien-Straße wurden bis dato unbekannte rollige und offene Kiesstrukturen angetroffen. Da ein gesicherter Vortrieb unter diesen Voraussetzungen nicht gewährleistet war, wurde mithilfe einer aus dem Tunnel hergestellten Auffüllinjektion der Boden so weit verfestigt, dass ein gefahrloser Vortrieb hergestellt werden konnte.

Bild 13: Erdwärmesystem unter der Bodenplatte Schacht 2. Bezirk



Bild 14: Vortriebsarbeiten Streckenröhren



### 3.2. Unterquerung Donaukanal – Stationsröhren – Baugrundvereisung

Eines der Schlüsselbauwerke des Bauabschnittes U2/1 stellt die Unterquerung des Donaukanals in bergmännischer Bauweise unter dem Schutz einer künstlichen Bodenvereisung dar. Die Stationsröhren haben einen Ausbruchsquerschnitt von  $67 \text{ m}^3$  und eine minimale Überlagerung zur Donaukanalsole von  $4 \text{ m}$ . Das westlich liegende Gleis taucht knapp unter dem Wehriboden der Kaiserbadschleuse hindurch. Der Abstand zwischen den Schächten, somit die Länge der beiden Stationsröhren, beträgt jeweils ca.  $74 \text{ m}$ .

Die Anforderung an die Baugrundvereisung hatte folgende Zielsetzung:

- Dichtung des Ausbruchsquerschnittes gegenüber dem Grundwasser, dem Donaukanal und gegen unbekannte Wegigkeiten des Wassers, hervorgerufen durch Sandlinsen, schlecht verfüllte alte Aufschlüsse oder Wasserwege entlang der Holzpfähle der Schleuseninsel, der Sohlbefestigung, der Kaiserbadschleuse und des linken Vorkais.
- Aufbau eines temporären Hilfgewölbes in Längs- und Querrichtung, um einen Ausbruchsquerschnitt nach den Prinzipien der Neuen Österreichischen Tunnelbauweise sicher herstellen zu können.
- Auftriebssicherung des Tunnelhohlraumes und der Außenschale im Bauzustand vor Herstellung der Innenschale.

Aus Gründen des möglichen starken Wärmezustroms beim Fehlen der bindigen Deckschicht zum Donaukanal infolge von Bombentreffern war eine Kombination von Stickstoff- und Solevereisungsverfahren bereits in der Ausschreibung vorgesehen. Der Eisring direkt um den Ausbruchsquerschnitt wurde mit einer Solevereisung gewährleistet. Im Firstbereich wurde ein zusätzliches Gewölbe mit Stickstoffvereisung angeordnet (siehe Bild 2).

Der Sinn dieser Kombivereisung war einerseits die Minimierung von unvermeidlichen Hebungen im Bereich der Schleuseninsel der Kaiserbadschleuse, andererseits diente sie zur schnellen energiereichen Nachver-

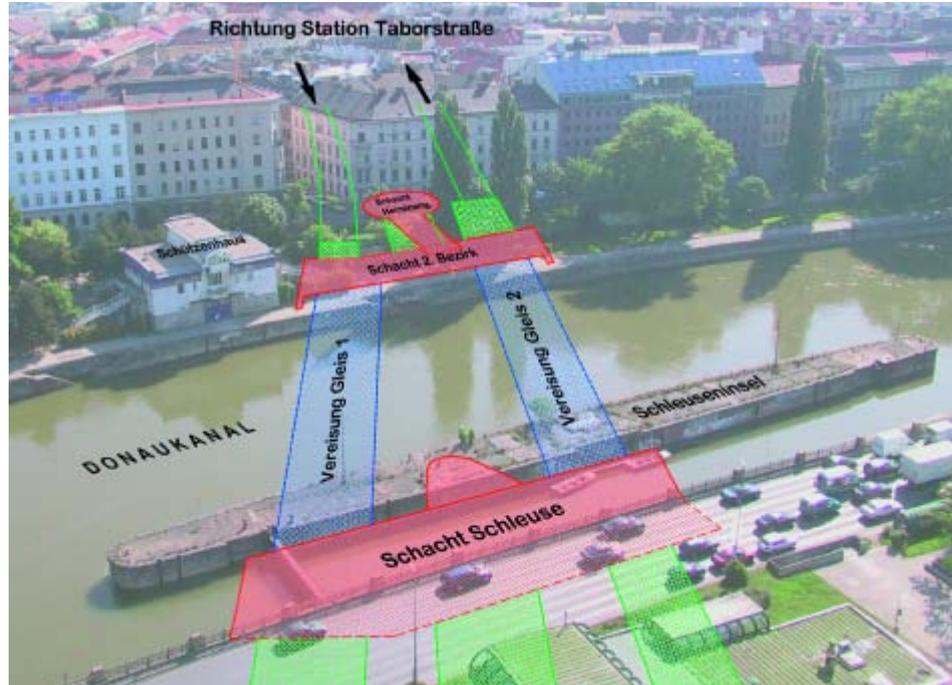


Bild 15: Schema der Stationsröhren mit Vereisungsmaßnahme



Bild 16: Bohrarbeiten Vereisungsbohrungen

Fotos: © ARGE U2/1 Schottenring



Bild 17: Anfahrtsituation vereiste Stationsröhre

Fotos + Grafik: PORR

In der Aufgefrierphase wurde mittels flüssigen Stickstoffes der Frostkörper aufgebaut. Beim Stickstoffverfahren wird der von Tankfahrzeugen angelieferte flüssige Stickstoff mit einer Temperatur von ca.  $-196\text{ °C}$  in die Rohrleitungen gepumpt, der flüssige Stickstoff verdampft und gibt seine Kälte an das umliegende anstehende Material ab. Die Solevereisung erfolgt nach dem Kühlschranksprinzip. In einem eigenen Rohrsystem wird Sole als Kälteträger in einem Kreisprozess mit einer Gefrierstation gekühlt. Die Temperatur des Kühlmittels beträgt ca.  $-35\text{ °C}$  und wird durch das 600 kW starke Kühlaggregat konstant gehalten. Aufgrund des hohen Energiebedarfs für diese Geräte mussten eigene Starkstromleitungsanschlüsse vorgesehen werden.

Der gesamte Vereisungskörper hat ein Volumen von ca.  $14.000\text{ m}^3$ . Die Dicke des Vereisungskörpers in Ulme und Sohle ist mit 2 m, in der Firste mit 3,5 m festgelegt worden. Es wurden ca. 8 Mio. Liter flüssiger Stickstoff eingebaut, der Strombedarf für die Kühlaggregate belief sich in der 10-monatigen Vereisungsphase auf ca. 3,2 Mio. kWh. Die Steuerung bzw. Kontrolle der Ver-

eisung bei Weichstellen im Solevereisungsring. Die Vereisungsmittel geben über Vereisungslanzen ihre Energie an das umgebende Bodenmaterial ab. Dafür sind aufwändige Bohrungen, die parallel zu den Tunnelachsen verlaufen und aus den beiden Schächten den Donaukanals hergestellt wurden, erforderlich.

Die Bohrlänge zur Herstellung dieser ringförmigen Vereisungskörper betrug bis zu 40 m. Die Gesamtlänge der Bohrungen betrug ca. 9.700 m. Spezielle Erfordernisse an die Bohrungen ergaben sich durch die geforderte Genauigkeit, eine maximale Abweichung von 60 cm zwischen den einzelnen Bohrungen ist für die Vereisung eines monolithischen Eiskörpers erforderlich. Eine weitere Schwierigkeit stellte die Durchörterung von Holzpfählen aus der ehemaligen Baugrundumschließung der Kaiserbadschleuse bzw. dem Einbohren der Bohrungen in den vorhandenen Wehrboden des Schützenwehres dar.

Bild 18: Vortrieb mit Anbaufräse



eisungswirkung erfolgte über eine große Anzahl von Temperaturgebern, in Summe wurden ca. 400 Geber eingebaut, der Datenaustausch unter den Projektbeteiligten erfolgte, bedingt durch die hohe Datenmenge der Vereisungssysteme, per Internet über eine Homepage.

Die Vortriebsarbeiten erfolgten nach den Prinzipien der Neuen Österreichischen Tunnelbauweise. Als Vortriebsgerät wurde ein Bagger mit einer Anbaufräse eingesetzt. Die Außenschale wurde durch eine Opferschicht um 5 cm verstärkt (nicht korrekt abbinder Spritzbeton). Im Zuge der Projektabwicklung zeigte sich allerdings, dass das unmittelbar anstehende Bodenmaterial durch die Abwärme der Geräte und des abbindernden Spritzbetons angewärmt wurde, sodass es zu keinem minderwertigen Spritzbeton gekommen ist.

Nach Abschluss des Vortriebes wurde mit der Betonierung der wasserdichten Innenschale begonnen. Es wurde ein brandbeständiger Innenschalenbeton mit Polypropylenfasern eingesetzt. Die Befürchtung, die aus Wärmeleitberechnungen abgeleitet wurde, dass eine Beeinflussung des Innenschalenbetons durch den Frostkörper dahingehend erfolgt, dass es zu einer Schädigung des jungen Betons kommt, zeigte sich anhand von In-situ-Versuchen nicht. Der Beton konnte herkömmlich an die Außenschale mit einer Trennlage „anbetoniert“ werden. Bedingt durch die Umgebungstemperatur hatte die Außenschale nie eine Temperatur unterhalb des Gefrierpunktes.



Bild 19: Betonarbeiten an der Innenschale

#### 4 Zusammenfassung

Das Baulos U2/1 „Schotterring“ ist derzeit das wahrscheinlich komplexeste und technisch anspruchvollste Projekt im Tiefbau. Trotz der laufenden Schwierigkeiten durch Arbeiten im Bestand bzw. Unvorhergesehenem konnten die Arbeiten in der geforderten Qualität durchgeführt werden. Tiefbauprojekte dieser Größenordnung erfordern von allen Projektbeteiligten nicht nur innovative Vorschläge, sondern auch kurze Entscheidungsketten mit einer raschen

Umsetzung. Bedingt durch die Servitutsituation kommt es zu erheblichen Bauzeitverzögerungen. Durch das Hineinschieben des Rohbaues in die Gewerke des Innenausbauens kann aber nach derzeitigem Stand der Eröffnungstermin der U-Bahnlinie U2 rechtzeitig zur EM 2008 mit Mai 2008 gehalten werden.

Bild 20: Schnittbild fertige Station

