

Im Eis unter dem Spreekanal

Bautechnisches zum U-Bahnhof «Museumsinsel» am Berliner Humboldt-Forum

Tunnelbauwerke sind dazu bestimmt, im Untergrund zu verschwinden. Die eigentliche Ingenieurskunst liegt sogar oft in den Bauhilfsmassnahmen, die rückgebaut werden oder sich gar von selbst auflösen, wenn es sich um das Gefrierverfahren handelt.

dd-mm-2001 Publikationsdatum	Dr. Jörg-Martin Hohberg Bauingenieur SIA, Fachgruppe Untertagebau (FGU)
------------------------------	--

Die beiden Stadthälften Alt-Berlin und Cölln, getrennt durch die Spree, schlossen sich 1432 zusammen; 1632 wurde westlich des «Cöllnischen Grabens» (heute: Spreekanal) Friedrichswerder besiedelt und 1710 mit der Doppelstadt Berlin-Cölln zur preussische Residenzstadt vereint. Die beidseits umflossene Spreeinsel avancierte dadurch zum Stadtzentrum, auf dem Kurfürst Friedrich II. ab 1443 das erste burgartige Stadtschloss mit Küchengarten (dem späteren Lustgarten) erbauen liess. Das Baumaterial dafür wurde über eine siebenjochigen Holzbrücke herbeigeschafft, der «Hundebrücke» – vom Volksmund so genannt wegen der Hundemeuten der Jagdgesellschaften auf dem Weg in den Grossen Tiergarten. 1738 wurde die Holzbrücke modernisiert, 1806 zog über sie Napoleon in die Stadt ein.

Als Teil der repräsentativen Allee Unter den Linden wurde die Hundebrücke 1821 abgerissen und bis 1824 nach den Plänen Friedrich Karl Schinkels durch eine dreibogige klassizistische Sandsteinbrücke ersetzt, die auf 12 m langen Holzpfehlen gegründet wurde. Die DDR sprengte zwar 1950 die Bombenruine des barocken Stadtschlusses und baute 1973-76 an diesem Ort ihren «Palast der Republik», restaurierte aber 1983-84 die damalige Marx-Engels-Brücke.

Tiefster Bahnhof im U-Bahnnetz

Die U-Bahnlinie 5 wurde in den 1920er Jahren vom Alexanderplatz nach Friedrichsfelde gebaut, doch in der Weltwirtschaftskrise war das Geld zur Weiterführung in Richtung Brandenburger Tor ausgegangen. Unter dieser historischen

Stadtachse grub nun 2012-2016 die Mixschild-Bohrmaschinen «Bärlinde» in der Moräne des Warschau-Berliner Urstromtals (Grundwasserspiegel 3 m unter Gelände) zwei 1.6 km lange U-Bahnrohren, die im Schutz des Ringschilds sofort mit Tübbingem ausgesteift und wasserdicht gemacht wurden. Beim Durchschlag zum seit 2009 in Betrieb stehenden Bahnhof *Brandenburger Tor* der «Kanzlerlinie» U55 Richtung Hauptbahnhof war ein Vereisen der Anschlussfuge vorgesehen.

Von den drei Bahnhöfen wurde der neue Kreuzungsbahnhof mit der U6 *Unter den Linden* und der Bahnhof Rotes Rathaus – wie bei der Berliner «Unterpfasterbahn» üblich – in offener Baugrube erstellt. Beim mittleren Bahnhof *Museumsinsel*, war dies nicht möglich, weil seine beiden Eingänge auf unterschiedlichen Seiten des Spreekanals liegen sollten, der östliche auf der Museumsinsel vor dem rekonstruierten Stadtschloss (Humboldt-Forum), der westliche zwischen dem 1967 wiederaufgebauten Zeughaus und der 2003 von Bertelsmann nachgebauten Alten Kommandantur. Somit musste unter dem Spreekanal direkt neben der denkmalgeschützten Schlossbrücke bergmännisch eine Bahnhofskaverne aufgeföhren werden. Beim Nachbau der Alten Kommandantur in Stahlbeton war zwar eine Unterfahrungszone freigehalten worden, aber es mussten noch Injektionsrohre für die Kompensation von Setzungen installiert werden, wie sie trotz setzungsarmer Bauweise mit Schlitzwand und Schildvortrieb durch Volumenverluste entstehen können.

Die Zeit des Spezialtiefbaus

Da es nicht möglich ist, von der Geländeoberfläche aus unter Tunnelrohren herum Schachtwände zu betonieren, musste bei den beiden Bahnhofszugängen umgekehrt vorgegangen werden: erst Abteufen von Schlitzwänden, um dann mit der Tunnelbohrmaschine durch das noch nicht ausgehobene Erdreich hindurchzuföhren. Beim nachträglichen Aushub sollten dann Wassereintrittsstellen zwischen Schlitzwandlamellen und in der Umfangsfuge der Tübbinge nachgedichtet werden. Zur Reduktion des Grundwassergradienten im Schach wurden die Schlitzwände doppelt so tief ausgeföhrt wie für die Zugangsbauwerke eigentlich nötig, so dass sie als Zuganker gegen Auftrieb fungieren.

In 43 m Tiefe wurde eine injizierfähige Mergelschicht mit dem Düsenstrahlverfahren zu einer Dichtsohle verkittet und in 22 m Tiefe, unterhalb der späteren Gründungssohle der Bahnhofszugänge, im Schlitzwandkasten eine Aussteifungssohle für die Durchföhrt der Tunnelbohrmaschine «gedüst». Der anschliessende Pumpversuch zeigte jedoch Nachinjektionsbedarf der Dichtsohle und an Bohrkernen der Aussteifungssohle eine örtlich unzureichende Festigkeit infolge von Spritzschatten durch Findlinge.

Sie wurden durch ein Bohrfahlgerät mittel 2 m hohen Betonplomben saniert.

So lange stand «Bärllinde» nach nur 427 m Vortrieb zwangsgestoppt vor dem Ostschacht und durfte erst am 24. März 2014 weiterfahren. Zuvor wurde noch die Sohle des Spreekanals mit sandgefüllten Big-Bags ballastiert, um bei lediglich 6.30 m Überdeckung Ausblaser der Ortsbruststützflüssigkeit gegen das Grundwasser auszuschliessen. Diese mehrmonatige Verzögerung des Vortriebs sowie ein Wassereintritt beim Anschluss an den Bahnhof *Brandenburger Tor* waren im Laufe des Projekts nicht mehr aufzuholen und ursächlich für die um sieben Monate verspätete Eröffnung des Bahnhofs *Museumsinsel* am 9. Juli 2021.

Die Eiszeit

«Bärllinde» wurde nach der ersten Röhre («Charlotte I») am Brandenburger Tor zerlegt und zur Startbaugrube am Marx-Engels-Forum zurückgebracht. Wegen der hohen Abrasivität der Berliner Sande mit hohem Quarzgehalt erhielt sie ein neues Schneidrad, bevor sie am 26. März 2015 die zweite Röhre («Charlotte II») in Angriff nahm und den Spreekanal im Juni zum zweiten Mal unterquerte. Erst danach konnten der Ostschacht ausgehoben werden, mit Ausgraben und Rückbau der Tübbinge. Anschliessend wurden die Druckwände zum Vorpressen der Gefrierrohre betoniert und im Bereich der Bahnhofskaverne die Tübbingröhren mit einem A-förmigen Stahlfachwerk ausgesteift. Dies nicht wegen des Eisdrucks (die Tübbings sind auf 30 m WS bemessen), sondern zur Stabilisierung gegen Ovalisierung (mit Einsinken des Firstes), wenn den beiden Röhren beim Vortrieb des Mittelstollens die seitliche Bettung entzogen wird.

Obwohl das projektierende Wiener Ingenieurbüro von der Unterquerung des Donaukanals 2004-2005 Erfahrung mitbrachte, wo für den Bahnhof Schottenring der U2 ein Gefrierkörper von 15'000 m³ realisiert wurde, benötigte die fast gänzlich unter dem Spreekanal liegende Bahnhofskaverne einen fast doppelt so grossen Gefrierkörper. Wegen der geringeren Grundwasserströmung reichte allerdings ein langsames Aneisen mit Salzsohle statt Flüssigstickstoff aus. Die grösste Herausforderung bestand im Vorpressen der Rohre über 105 m mit einer Genauigkeit von maximal 1% Richtungsabweichung. Dies wurde dadurch erreicht, dass die Rohrspitze angeschrägt war und so durch Drehen des Rohrs eine seitliche Korrektur eingepreßt werden konnte. Aus dem kleineren Westschacht wurden kurze ungesteuerte Gegenlanzen vorgepresst, die sich mit den Hauptrohren überlappten und so eine allmähliche Aufweitung des Rohrfächers ausgleichen konnten.

Der Gefrierkörper baute sich in weniger als den simulierten 88 Tagen auf, ständig überwacht durch Messlanzen in Längsrichtung und mehreren radialen Messketten, die aus den Tübbingröhren

heraus installiert worden waren. Neben der Stärke des Eisringes wurde auch der eingeschlossene Porenwasserdruck überwacht. Nach Erreichen der statisch erforderlichen Sollabmessungen wurden diese durch periodisches Ab- und Umschalten zwischen den Gefrierlanzen konstant gehalten. Zur Beschleunigung des Auftauens nach Fertigstellung des Kavernenrohbaus wurde die Fernwärmeheizung zu Hilfe genommen.

Die bergmännische Zeit

Gegenüber dem ersten Entwurf wurde die Auslegung der Tunnelbohrmaschine auf die 5.70 m Innendurchmesser für das meterspurige U-Bahn-Schmalprofil plus 35 cm Tübbingstärke reduziert, was sich bezüglich Tiefenlage, Abraum usw. bewährte. Als Folge davon war für den Mittelbahnsteig eine dritte Röhre zwischen den beiden Gleisstollen nötig, der Mittelstollen «Lavinia». Unter erdseitigen Schutzvorkehrungen (DSV-Säulen, Temperaturmessung in der Kontaktfläche zum Gefrierkörper) wurde am 9. Mai 2018 vom Ostschacht aus mit einer Fräse die Schlitzwand durchbrochen und im gefrorenen Sand bis August der Mittelstollen vorgetrieben und mit Spritzbeton gesichert.

Anschliessend begann der Ausbruch der Gleisstollen in den Ulmen in Längsrichtung mit Abbruch der Tübbingröhren. Weil die dünne Spritzbetonschale des Mittelstollens ohne seitlichen Widerstand die Kavernendecke nicht zu stützen vermochte, waren vorgängig die Sohle und das Firstgewölbe des Mittelbahnsteigs in konventioneller Schalung mit vorgefertigter Bewehrungskörben betoniert worden, gespriesst durch Stahlstützen, zwischen denen später die definitiven Bahnsteigpfeiler hergestellt werden konnten. Im Frühjahr 2019 konnten durch das Loch im Deckel des Ostschachts die Schalwagen für die Gleisstollen eingebracht werden. Im Januar 2020 wurde geschottert und das Gleis verlegt. Als Besonderheit ist der Tunnelabschnitt unter Spree und Spreekanal für den Fall eines Wassereintritts beidseits mit je einem 50 cm starken Wehrtor abgeschottet, das innerhalb von 3 Minuten heruntergelassen werden kann.

Finish

Ab März 2020 wurden die schweren Bögen für den «Sternenhimmel» montiert, gefolgt von der Unterkonstruktion für die Granitverkleidung, bis schliesslich im September der «Sternenhimmel» im charakteristisches Schinkel-Blau gespritzt wurde. Nach Aufnahme der Ausbildungsfahrten und Betriebsübergabe am 4. Dezember 2020 fanden noch weitere sieben Monate lang Fertigstellungsarbeiten am Mittelbahnsteig und in den Bahnhofszugängen statt, die Rolltreppen und Lifte wurden installiert und die Umgebung des Humboldt-Forums fertiggestellt.

Neben dem Online-Bautagebuch ist insbesondere die RBB-Fernsehdocumentation sehenswert, in dem auch der Werdegang des «Sternenhimmels» mit Besuch von Max Dudler in der Schinkelkirche in Neuhardenberg gezeigt wird. Der Bauleiter des Tunnels scheidet am Schluss mit den Worten: «Wenn man den Bau von Anfang an miterlebt hat, dann weiss man, was hinter den Verblindungen alles geleistet wurde.»

Beteiligte

Bauherr	BVG Projekt GmbH, ab 2014 Projektrealisierungs GmbH U5
Projektsteuerer/OBL	IG N U5 unter Federführung Schüssler-Plan Ing.-Ges. mbH
Planer	Planungsgemeinschaft U5 aus ISP ZT GmbH, SSF Ingenieure AG, Amberg Engineering AG
Bauunternehmer	Bilfinger Construction GmbH (ab 2015 Implenia Construction GmbH)
Ausführungsberatung	CDM Smith Consult GmbH, Dr.-Ing. Orth GmbH

Quellen:

Jörg Seegers, Paul Erdmann und Josef Schmeiser: U-Bahnlinie U5 in Berlin – besondere Herausforderungen für die Planung aufgrund der komplexen geotechnischen Gegebenheiten. *Geomechanics and Tunneling*, Jg. 6 (2013), H. 5, S. 487-493.

Josef Schmeiser, Peter Hoppe und Reinhold Theiß: Technische und logistische Herausforderungen beim Bau des Bahnhofs Museumsinsel in Berlin. *Geomechanics and Tunneling*, Jg. 12 (2019), H. 5, S. 426-433.

Josef Schmeiser: Vereisungsmaßnahmen im innerstädtischen Tiefbau – Spreekanalunterquerung im Zuge der Linie U5 in Berlin. 2. *Wiener U-Bahntagung*, 4.-5. Juni 2014. [Folie 1 \(tuwien.ac.at\)](#)

Joachim Meier, Regine Jagow-Klaff, Ralf-Torsten Katzung, Jakob Vogelsang: Gefriervortrieb im Berliner Fließsand – Praktischer Erfahrung bei der Ausführung und Steuerung einer komplexen Baugrundvereisung. 24. *DGGT-Symposium Felsmechanik und Tunnelbau*, 07.07.2001 (online). [PowerPoint-Präsentation \(dgg.de\)](#)

Bautagebuch der BVG Projekt GmbH: [Startseite | Projekt U5 \(projekt-u5.de\)](#)

Video mit Animation zum Bauvorgang: [Die neue U5: Der spektakuläre Bau des U-Bahnhofes Museumsinsel - YouTube](#)

Fernsehsendung des RBB vom 09.07.2021: [Dokumentation und Reportage: U-Bahn unterm Sternenhimmel | ARD Mediathek](#)