

**178**

MITTEILUNGEN der GEOTECHNIK SCHWEIZ  
PUBLICATION de la GÉOTECHNIQUE SUISSE  
AVVISO di GEOTECNICA SVIZZERA

Frühjahrstagung vom 16. Mai 2019, Journée d'étude du 16 mai 2019, Bern

## **Neubau der U5 in Berlin – Errichtung der Bahnsteighalle im Schutz einer Baugrundvereisung**

**Torsten Brenner**

**Jörg Seegers**

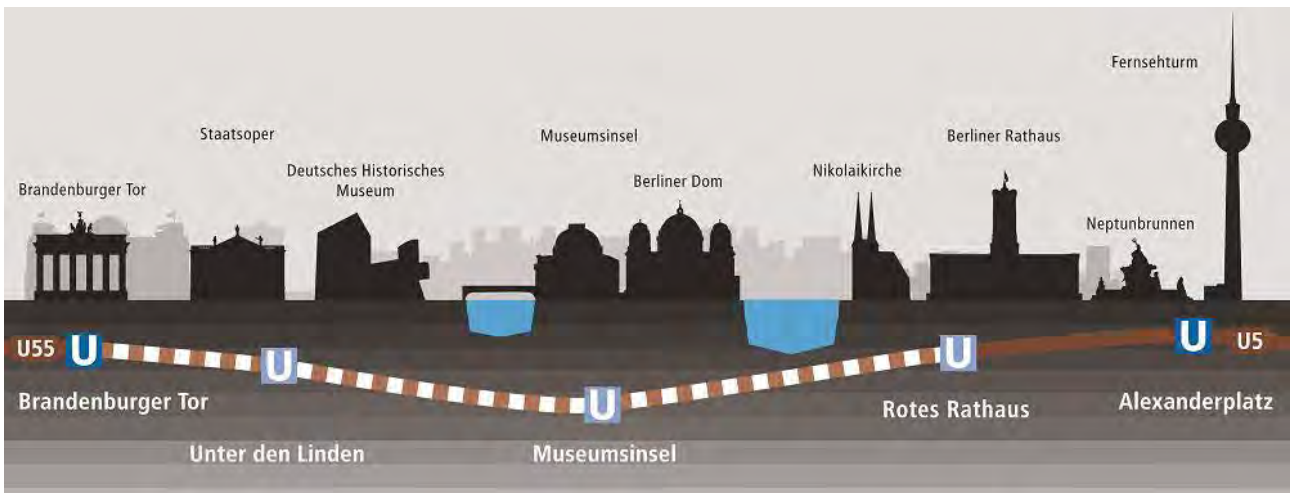
**Ralf Hebecker**

# Neubau der U5 in Berlin – Errichtung der Bahnsteighalle im Schutz einer Baugrundvereisung

## 1 Einführung

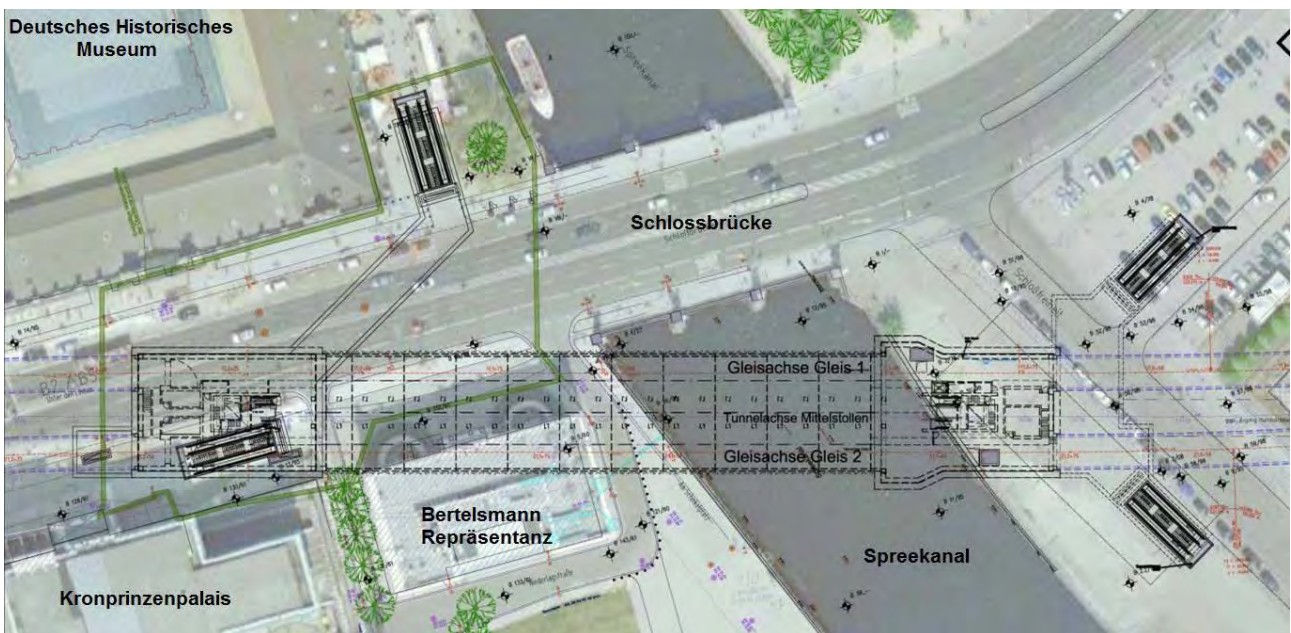
### 1.1 Der Bahnhof Museumsinsel

In der Mitte Berlins wird derzeit der Lückenschluss der U-Bahnlinie 5 realisiert um die Linie U55 an die U5 – und damit an das restliche U-Bahnnetz – anzuschließen. Auf der etwa 1,6 km langen Teilstrecke entstehen drei neue U-Bahnhöfe und eine Gleiswechselanlage. Die Bauarbeiten haben für den Lückenschluss der U5 Anfang 2012 begonnen.



**Bild 1: Streckenübersicht © PRG U5**

Der neue Bahnhof Museuminsel entsteht in direkter Nähe zu kulturellen Stätten wie der Staatsoper, dem Deutschen Historischen Museum, dem Berliner Dom und dem Humboldtforum im Neuen Schloss.

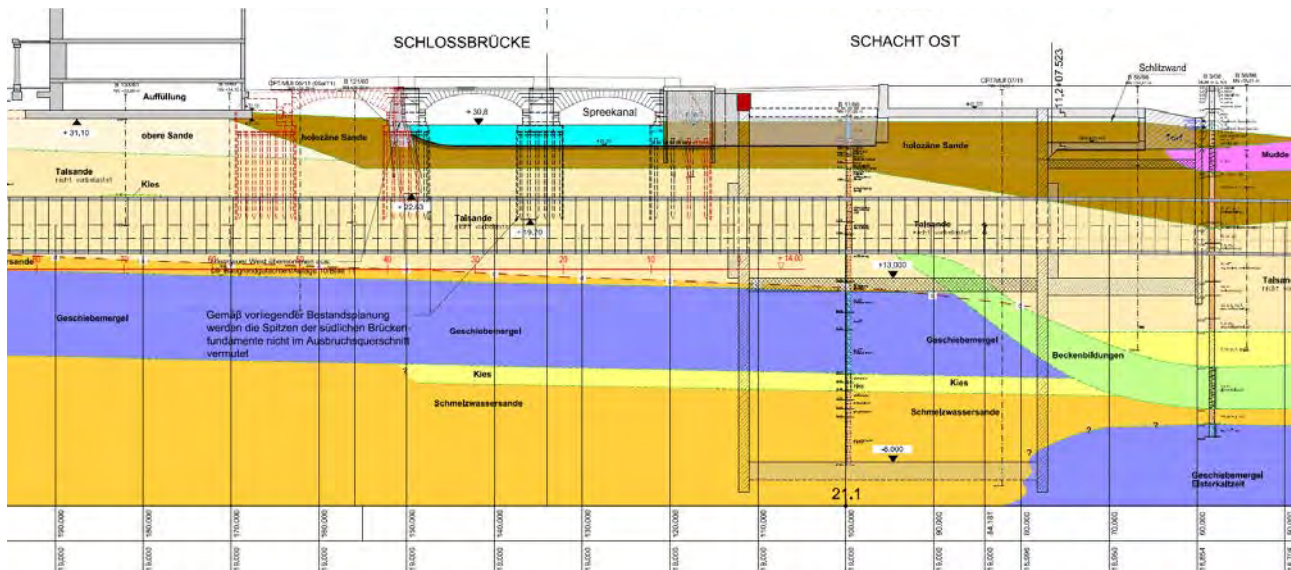


**Bild 2: Die Lage des Bahnhofes Museumsinsel © PRG U5**

Aufgrund seiner Lage unter dem Spreekanal und der Nähe zu den umliegenden Gebäuden ist der Bau des U-Bahnhofs Museumsinsel besonders anspruchsvoll.

## 2 Übersicht

### 2.1 Der Baugrund



**Bild 3: Baugrund am Bahnhof Museumsinsel © CDM**

Der Streckenabschnitt zwischen Pariser Platz und Alexanderplatz liegt im Berliner Urstromtal, einem der Hauptabflusswege der Schmelzwässer in der Weichselkaltzeit. Die Niederungen von Spree und Spreekanal queren das Untersuchungsgebiet. Der Ablagerung der weichselkaltzeitlichen Nachschütsande – im Gutachten als Talsande bezeichnet – ging eine starke Erosionsphase der Schmelzwässer voraus, der die weichselkaltzeitliche Grundmoräne sowie lokal sogar Massen noch älterer, tiefer liegender Sand- und/oder Geschiebemergelschichten zum Opfer fielen. Die in primärer Lagerung anstehenden Geschiebemergel der Saalekaltzeit und darunter anstehende Schichten wurden im Berliner Urstromtal mit Sicherheit durch mächtige Eisüberdeckung beansprucht. Gleiches gilt auch für Schichten, die unterhalb der als Auswaschungsreste dieses Geschiebemergels in den Schmelzwassersanden verbliebenen groben Geschiebe (Steine, Blöcke) folgen.

In mehreren Erkundungskampagnen konnte in der Mehrzahl der Bohrungen eine als Basis des Geschiebemergels der Saalekaltzeit deutbare Konzentration von in Sand und/oder Kies eingebetteten Grobgeschieben nachgewiesen werden. Von den elsterkaltzeitlichen Grundmoränen ist offenbar nur eine liegengeblieben. Sie ist streckenweise u. a. durch Schollenverschiebungen bzw. Aufnahme von tertiärem Material im Untersuchungsgebiet sehr kompliziert aufgebaut.

Das Mergelpaket unterhalb des Bahnhofes MUI wird als durchgehend, allerdings aufgrund von Erosionsprozessen in seiner Mächtigkeit stark schwankend beschrieben. Kiesaufschlüsse zwischen ca. 10 m und 12 m unter OK Terrain präzisieren zudem die Lage eines Kiesbandes oberhalb der Tunneltrasse im Bereich des Westschachtes des Bahnhofes. In Teufebereichen zwischen 22,70 m und 26,10 m unter OK Terrain wurden Beckensedimente in Form feinsandiger Schluffe angebohrt. Es wird davon ausgegangen, dass durch die abfließenden Schmelzwässer in den Geschiebemergelhorizont ein Tal erodiert wurde, in welchem sich in einer Stillwasserphase zunächst sehr feinkörnige Materialien (Beckenschluffe) ablagerten, die später bei einem erneuten Schmelzwasservorstoß wieder erodiert wurden und in der Basis des Tales zunächst durch aus der Geschiebemergelkruste gelöste grobe Bestandteile (Kiese) ersetzt wurden. Im weiteren Verlauf wurde das Tal mit Sanden aufgefüllt.

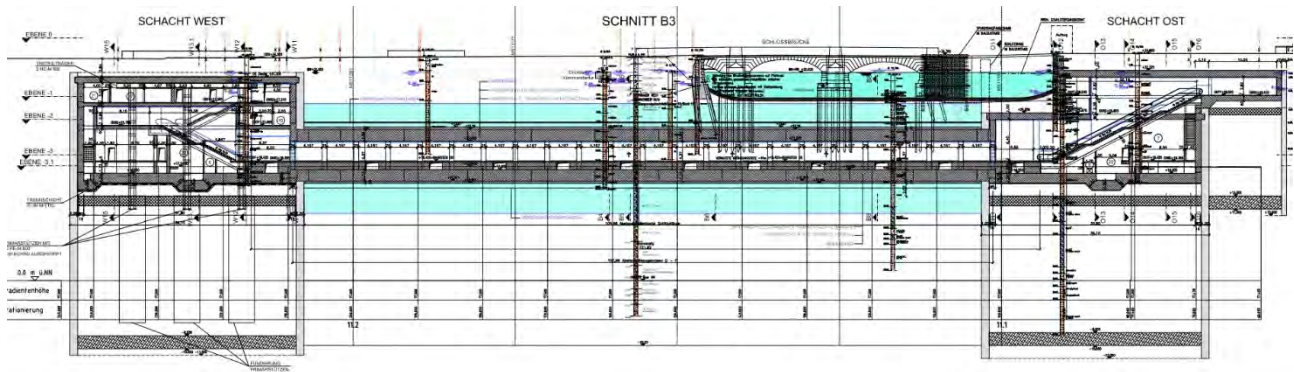
### 2.2 Das Bauwerk

Das Bahnhofsbauwerk ist ca. 215 m lang und 26 m breit. Die mittig zwischen den Gleisen befindliche Bahnsteigebeine liegt 16 m unter der Geländeoberfläche. Die örtlichen Randbedingungen und die geplante Lage des Bahnhofes lassen lediglich im Bereich der Zugangsbauwerke Ost und West eine Deckelbauweise zu.

Die Schächte sind bis zu 22 m tief. Die Schlitzwände sind bis ca. 44 m unter OK Terrain geführt, die Dichtsohle liegt ca. 42 m unter OK Terrain.

Zwischen den beiden Schächten muss die ca. 105 m lange Bahnsteighalle in einer geschlossenen Bauweise errichtet werden. Die Überdeckung im Bereich des Spreekanal beträgt etwa 5 m.





**Bild 4: Längsschnitt Bahnhof Museumsinsel © PGU5**

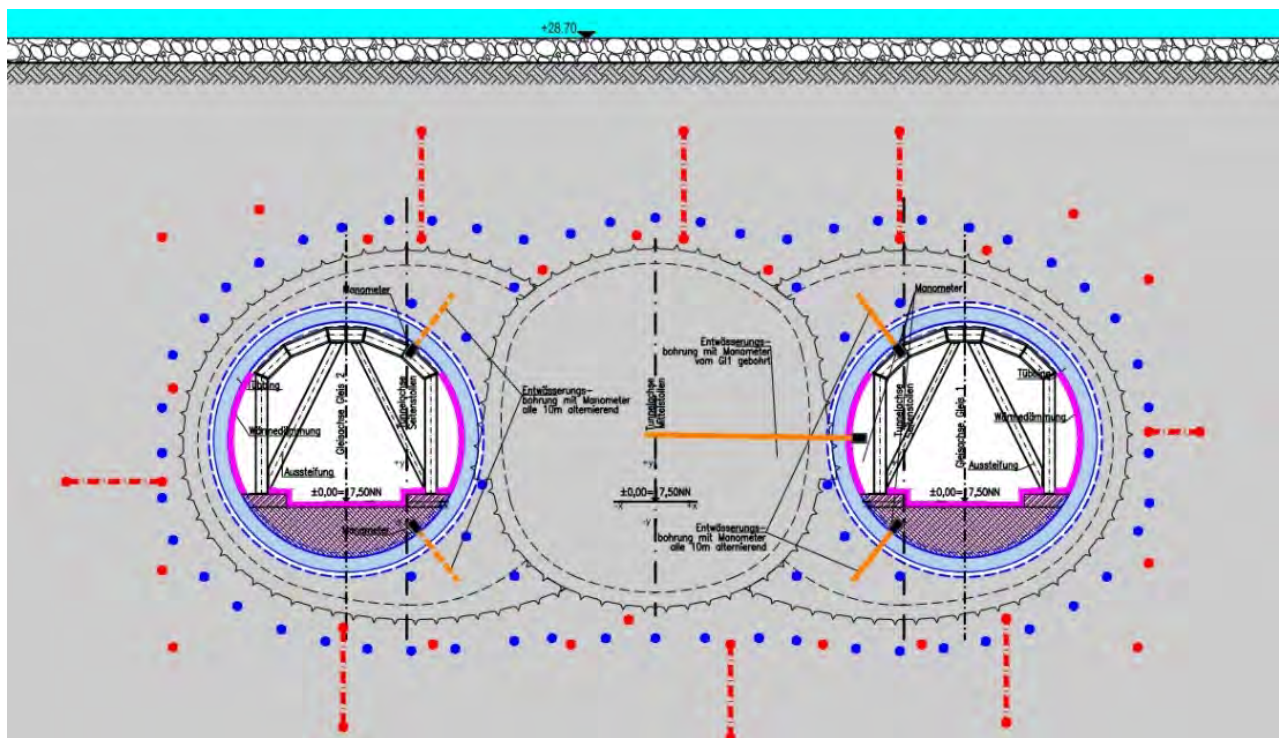
Zur Errichtung der Bahnsteighalle wird im Schutz einer großräumigen Sole-Baugrundvereisung ein bergmännischer Vortrieb durchgeführt. Nach Fertigstellung des Vortriebes wird die Stahlbetoninnenschale eingebaut und an die Rohbauwerke in den Schächten angeschlossen. Die Baugrundvereisung übernimmt die statische und die abdichtende Funktion. Nach dem Einbau der Stahlbetoninnenschale kann der Bahnhofsausbau beginnen.

### 3 Ausführung

#### 3.1 Vereisungsbohrungen

Nachdem die Schildmaschine den Bereich der Museumsinsel passiert hat, begann der Aushub der Schächte MUI-Ost und MUI-West. Parallel zum Aushub und Rohbau in den Schächten wurden ab Mitte 2016 in drei Bohrkampagnen die Kleinbohrungen zur Aufnahme der Vereisungs- und Temperaturmessrohre ausgeführt. Im November 2017 war die Herstellung der insgesamt 95 Bohrungen abgeschlossen.

Die gesteuerten Bohrungen erfolgten in einem modifizierten Pressbohrverfahren, wobei der Bohrdurchmesser 180 mm beträgt. Die zulässige Bohrabweichung war auf 0,5% der Bohrlänge begrenzt. Alle Bohrungen wurden mit einer Ziellänge von 105 m vom Schacht Ost aus Richtung Westen ausgeführt. Für die Steuerung der Bohrungen kamen optische und inertielle Messsysteme zum Einsatz.



**Bild 5: Bohrbild Vereisungsbohrungen (blau Vereisungsrohr, rot Temperaturmessrohr) © PGU5**



Kurze, ungesteuerte Bohrungen mit einer Regellänge von 10 m wurden vom Schacht West ausgeführt, um die spätere Aneisung am Schacht West sicherzustellen. Einzelne Gegenbohrungen mussten mit einer Länge von 25 m ausgeführt werden, da vereinzelt die langen, gesteuerten Bohrungen auf Grund von Hindernissen oder zu großen Bohrabweichungen die Ziellänge nicht erreichten.

### 3.2 Vereisung und Vortrieb

Der Aufbau der Vereisungsaggregate mit 1.100 KW Gesamtleistung und die Installation des Rohrleitungssystems waren im Februar 2018 abgeschlossen, so dass die Aufeisungsphase beginnen konnte. Nach 80 Tagen war der planmäßige Vereisungskörper mit einer Kubatur von ca. 28.000 m<sup>3</sup> hergestellt, so dass bereits im Mai 2018 der bergmännische Vortrieb des Mittelstollens starten konnte. Nach dem Einbau der Innenschale im Mittelstollen wurden ab Anfang Dezember 2018 die beiden Vortriebe der Seitenstollen parallel ausgeführt. Dabei wurden auch die noch aus der Schildfahrt vorhandenen Tübbingröhren abgebrochen und der Querschnitt aufgeweitet.

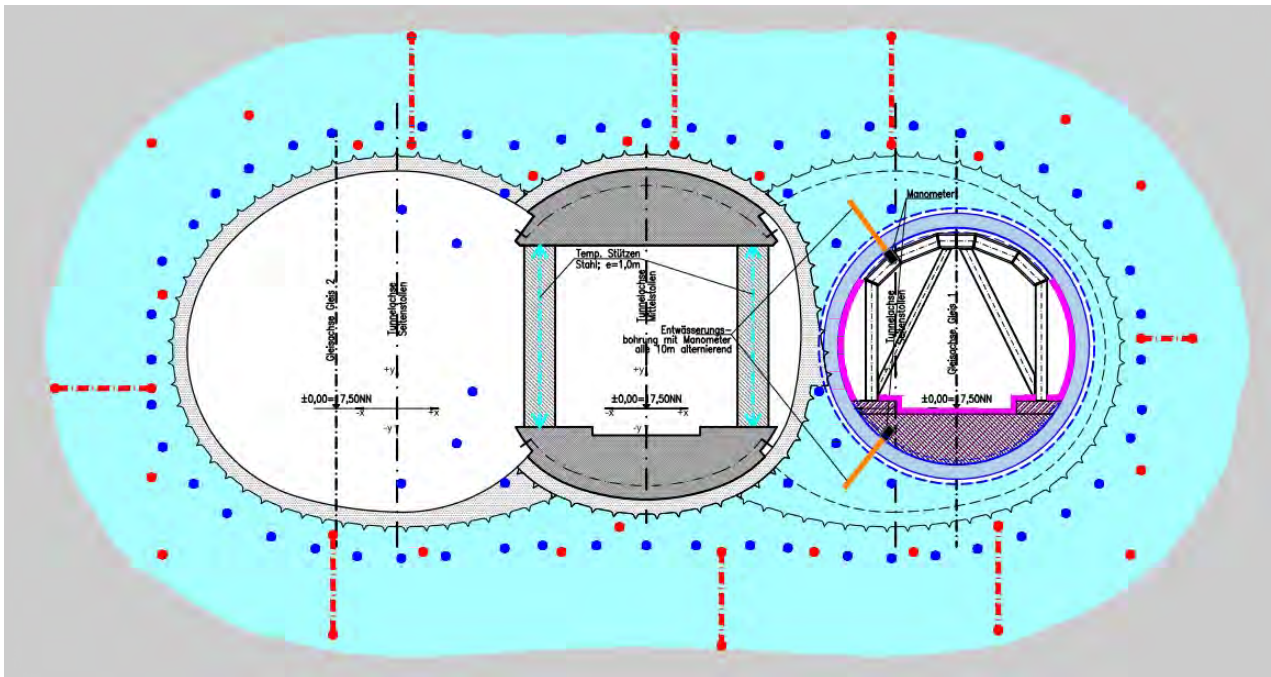


Bild 6: Vortriebsschema Seitenstollen © PGU5



Bild 7: Vortrieb Seitenstollen © Torsten Brenner

Die gesamten Vortriebsarbeiten an der Museumsinsel konnten am 06.03.2019 abgeschlossen werden. Der Innenschaleneinbau in den Seitenstollen hat sofort nachlaufend begonnen.



**Bild 8: Vortriebsarbeiten beendet und Tunnel beräumt © Torsten Brenner**

Der Planungsentwurf sah als Frostkörperkriterien eine maximale mittlere Temperatur von  $-10^{\circ}\text{C}$  und eine Mindeststärke des Frostkörpers von 2,5 m zwischen den  $-2^{\circ}\text{C}$ -Isothermen vor. Für die Frostkörperüberwachung wurden etwa 2.000 Temperaturmesssensoren installiert, die ihre Messwerte automatisiert in eine Online-Messwarte liefern. Das darauf aufbauende Temperaturmonitoring mit zugehörigen Auswertungen zur Größe und zum Zustand des Frostkörpers ermöglichte eine sehr gute Anpassung und sehr feine Steuerung des Vereisungsbetriebes. Während der Vortriebsarbeiten und auch während der Herstellung der Innenschale im Mittelstollen konnte damit ein wirtschaftlicher Betrieb der Vereisungsaggregate gefahren werden.

### 3.3 Vereisung und Rohbau

Während der Herstellung der Innenschale hat die Vereisung primär die abdichtende Funktion. Die Steuerung der Vereisung wird permanent an die Rohbauarbeiten angepasst. Der Einbau der Innenschale erfolgt klassisch in Blöcken unter Einsatz von Schalwagen. Es gibt zehn Regelblöcke mit einer Länge von ca. 9,80 m. Zwei Sonderblöcke am Anfang und Ende des Bahnsteigbereiches vervollständigen die Innenschale. Die Sonderblöcke bilden bauzeitlich den dichten Übergang zu den Schachtschlitzwänden, da vor dem Einbau der Brillenwand im jeweiligen Schacht die komplette Vereisungsinstallation zurückgebaut sein muss. Ausgenommen vom Rückbau sind die Temperaturmessenrichtungen. Auch nach dem Abschalten werden weiterhin die Messwerte erfasst, um den natürlichen Auftauvorgang zu dokumentieren und zu begleiten.

Die Abschaltung der Vereisungsanlage wird Ende Juni 2019 erfolgen. Unmittelbar nach dem Abschalten werden die Vereisungsrohre unterhalb des Tunnels für einen anschließenden Heizbetrieb umgerüstet, um den Frostkörper in diesem Bereich aktiv aufzutauen. Der rasche Rückgang des Frostkörpers sorgt einerseits dafür, dass das Grundwasser mit der anstehenden Drückhöhe frühzeitig auf die neue Innenschale einwirken kann, andererseits sorgt das aktive Auftauen auch für einen schnellen Rückzug des Frostkörpers aus den bindigen Bodenschichten unterhalb des Tunnels. Damit können Undichtigkeiten in Bereichen, die dauerhaft unzugänglich bleiben wie z.B. durch die Gleiströge, noch vor Beginn der Ausbauarbeiten abgedichtet werden. Hebungen, die sich vereisungsbedingt eingestellt haben, können sich rascher rückstellen, so dass etwaige nachlaufende Setzungen nach Abschluss der Ausbauarbeiten keine Auswirkungen mehr haben.



## 4 Ausblick zum Sternenhimmel

Nach Abschluss der Rohbauarbeiten beginnen Ende 2019 die Ausbauarbeiten im Bahnhofsgebäude. Der Entwurf des Architekten Max Dudler orientiert sich an einem Bühnenbild zur Uraufführung der Oper 'Die Zauberflöte' in Berlin. Über den Gleisen wird ein Sternenhimmel montiert.



**Bild 9: Sternenhimmel im Bahnhof MUI © Max Dudler**

Die Ausbauarbeiten am Bahnhof Museumsinsel sollen mit der Inbetriebnahme der Strecke im November 2020 abgeschlossen werden. Dann wird der Bahnhof Museumsinsel tatsächlich der Kulturbahnhof der neuen Linie U5 sein.

## 5 Literatur/Quellen

- [1] Webseite der Projektrealisierungs GmbH U5: [www.projekt-u5.de](http://www.projekt-u5.de)
- [2] Baugrundgutachten zum Projekt Neubau U5 – CDM Smith, 1996 bis 2011
- [3] Ausführungsplanung Los 1 Neubau U5 – Planungsgemeinschaft U5
- [4] Ausführungsplanung Ausbau Museumsinsel – Max Dudler
- [5] Visualisierung Bahnhof MUI – Max Dudler, Bünck+Fehse

Autor:

Torsten Brenner  
Diplom-Bauingenieur  
Ingenieurbüro Brenner  
14550 Jeserig

Koautoren:

Jörg Seegers  
Diplomgeologe  
Projektrealisierungs GmbH U5  
10117 Berlin

Ralf Hebecker  
Diplom-Bauingenieur FH  
Gruner AG  
4020 Basel