



## Modernisierung U-Bahn Sendlinger Tor

Michael Weizenegger  
Andreas Schmid  
Ralph Bentrup  
Michael Schneider



# Modernisierung U-Bahnhof Sendlinger Tor

## Umbau und Erweiterung zum Zukunftsbahnhof

Rund 250.000 Fahrgäste/d und 13 kreuzende U-Bahn-, Tram- und Buslinien machen die Station Sendlinger Tor zu einem der wichtigsten Verkehrsknotenpunkte im Münchner Nahverkehrsnetz. Die 1971 eröffnete Station wird aktuell umfassend erneuert und zu einem modernen Zukunftsbahnhof umgestaltet. Ziel der Maßnahmen ist es, die Leistungsfähigkeit und Sicherheit für Fahrgäste zu erhöhen – denn das heutige Fahrgastaufkommen bringt den Bahnhof an seine Kapazitätsgrenze. Täglich bilden sich lange Staus der Fahrgäste an den zentralen Treppenanlagen. Insbesondere ist auch im Falle eines Brands zu befürchten, dass die knappen Treppenkapazitäten im Bestand zu langen Entfluchtungszeiten führen. Zentrale Maßnahmen sind daher die Erweiterung des Bauwerks, die Neugestaltung der Durchgänge sowie die Verbreiterung der bestehenden Ausgänge und die Verlängerung der Lifte an die Oberfläche. Gleichzeitig werden bei notwendigen Sanierungsarbeiten die Schäden an Betonsubstanz und Bauwerksfugen, die in den letzten 50 Jahren durch Feuchtigkeit und Streusalz entstanden sind, behoben. Das Konzept zur gestalterischen Erneuerung ging aus einem europaweiten Planungswettbewerb hervor. Im Ergebnis erhält der Bahnhof eine kräftige Farbgebung, die auf den beiden Bahnsteigebenen die ursprünglichen Farben aufgreift, der Verteilerebene eine moderne aufgeräumte Optik verleiht und die Ausgangsbereiche akzentuiert. Modernisiert wird auch die gesamte technische Ausrüstung des Bahnhofs. Dies geschieht wie der gesamte Umbau unter laufendem Betrieb. Entstehen wird ein moderner, barrierefreier U-Bahnhof mit attraktivem Erscheinungsbild und höchsten Sicherheitsstandards. Zentrale Herausforderung sind neben den technischen Aspekten die extrem beengten Platzverhältnisse sowie das Bauen im Bestand mit möglichst geringen Einschränkungen für sämtliche Verkehrsteilnehmer.

**Stichworte** Modernisierung; Sanierung; U-Bahn; Kreuzungsbahnhof; Bauen im Bestand; Bauen unter Betrieb; innerstädtisches Bauen; Baugrundvermessung; BIM

### 1 Vorstellung der gesamten Maßnahme

Der Sendlinger-Tor-Platz, unter dem sich der U-Bahnhof befindet, liegt direkt unter dem Altstadttring, einem der zentralen, innerstädtischen Verkehrsknotenpunkte mit ca. 100.000 Fahrzeugen/d, mehreren Straßenbahnlinien und zusätzlich stark frequentierten Fuß- und Radwegen. Bild 1 zeigt die Lage des Bahnhofs im urbanen Umfeld des Münchner Stadtzentrums.

Der U-Bahnhof ist einer der ersten, die in München gebaut wurden, und seit 50 Jahren in Betrieb. Die Fahrgast-

### Modernisation of the underground station Sendlinger Tor – conversion and expansion towards a station of the future

Approximately 250,000 passengers per day and 13 crossing underground train, tram and bus lines make the station of Sendlinger Tor one of the most important hubs within the Munich transport network. The station, opened in 1971, is currently being comprehensively renovated and redesigned into a modern station of the future. The project aims at increasing passenger capacity and safety as today's passenger volume pushes the station's capacity to its limits. Daily passenger congestions at the central staircases are long; especially in case of a fire, there is a concern that the stairs' limited capacities could prolong evacuation. Therefore, the key measures include the expansion of the structure, new design of passageways as well as the widening of existing exits and lengthening of elevators all the way up to the surface. At the same time, any damage in the concrete and in structural joints, a result of 50 years of exposure to humidity and road salt, is repaired during the necessary renovation works. The new design concept is the result of a Europe-wide design competition. The station will get colourful paintwork, incorporating the original colours on both platform levels and providing the distribution level with a modern, clear look, as well as accentuating the exit areas. Moreover, the entire technical equipment of the station is modernised. Just as the whole conversion, these works are carried out while operation is fully maintained. The result will be a modern, barrier-free underground station with an attractive appearance and the highest safety standards. In addition to technological aspects, the key challenges include the extremely confined space and the building within existing structures with the least possible interference for all passengers.

**Keywords** modernisation; renovation; underground train; junction station; building within existing structures; construction works during operation; inner-urban construction; ground freezing; BIM

zahlen sind seither stark angestiegen. Aktuell sind diese so hoch, dass weitere Taktverdichtungen bei der U-Bahn nötig sind, um den Verkehr reibungslos ohne Wartezeiten zu ermöglichen. Gleichzeitig sind die Anforderungen an die Sicherheit gestiegen. Der Brandschutz und die Entfluchtung im Brandfall spielen eine immer größere Rolle. Da hier das Verhältnis zwischen Verrauchungs- und Entfluchtungsdauer ungünstig ist, haben sich die Stadtwerke München (SWM) zur Umgestaltung des Bauwerks mit Anhebung der Sicherheitsniveaus entschieden. Die Machbarkeitsstudie startete im Jahr 2008, die Vorplanung begann nach der Maßnahmenentscheidung im Jahr 2012.



Quelle: Oliver Bez

**Bild 1** Blick auf die Umbauarbeiten  
View on renovation works

Erste Bauarbeiten starteten im Jahr 2015 mit vorlaufenden Spartenumverlegungen, Baumfällungen und Baufeldfreimachungen, ehe im Jahr 2017 die eigentlichen Bauarbeiten am Ingenieurbauwerk begannen. Die Gesamtfertigstellung ist für 2023 geplant.

Die zentralen Maßnahmen am Ingenieurbauwerk umfassen den Neubau zweier Querschläge mit bis zu 20 m tiefen Baugruben und Anschlüssen an die bestehenden Bahnsteigröhren sowie den Umbau der zentralen Treppenanlage. Hierbei werden die bisherigen Treppen derart angepasst und tw. gedreht, dass die Fahrgastströme entzerrt und die vormaligen Staubereiche aufgelöst werden. Darüber hinaus werden die am stärksten frequentierten Ausgänge verbreitert, zur Verbesserung der Barrierefreiheit Lift bis an die Oberfläche geführt, Betriebsräume umsituiert und an die neuen technischen Anforderungen angepasst. Um Zuwegungen zu den neuen Ausgängen in den Querschlägen zu schaffen, sind ebenso Abbruchmaßnahmen unmittelbar neben den in Betrieb befindlichen Gleisen auszuführen. Weiterhin erfordert das Alter des Bauwerks insbesondere in den Zugangsbereichen von der Oberfläche Sanierungsarbeiten. Undichte Fugen, chloridinduzierte Korrosion oder Dekarbonatisierung aufgrund der zu geringen Betondeckungen sind hier die Kernaufgaben. Unter dem Kreuzungsbereich des Altstadttrings bildet ein ca. 20 m überspannender Spannbetondeckel die Abschlussdecke des U-Bahnhofs. Die hier tw. nicht

verpressten Hüllrohre, die bereits Chloride nahe an die tragenden Spannstähle führten, mussten nachträglich verpresst werden. Zudem wurde die Deckenunterseite mit einer zusätzlichen Spritzbetonschicht verstärkt.

Neben den Umbauten und Sanierungen des Ingenieurbauwerks wird auch die technische Ausrüstung unter Betrieb und Aufrechterhaltung aller Funktionen der bisherigen Anlagen komplett erneuert. Hinzu kommt eine neue Gestaltung mit neuen Bodenbelägen, neuer Wand- und Deckenverkleidung sowie einem modernen LED-Beleuchtungskonzept.

Insgesamt eine große Herausforderung und v. a. hinsichtlich Koordination der einzelnen Gewerke eine Mammutaufgabe.

## 2 Bauen bei laufendem Verkehr im Herzen Münchens

Die zentrale, innerstädtische Lage der Baustelle an einem Hauptverkehrsknotenpunkt führt zu Randbedingungen, die das Bauen erschweren. Platz für Baustelleneinrichtungsflächen ist nur in sehr beschränktem Umfang vorhanden, somit besteht nur eine geringe Bewegungsfreiheit für die Bauunternehmer. Gleichzeitig ist der U-Bahnbetrieb zumindest werktags in nahezu vollem Umfang aufrechtzuerhalten. Neben regulären und verlängerten Nacht-

sperrpausen stehen über die gesamte Bauzeit nur in definiertem Umfang Teilsperren an Wochenenden zur Verfügung. Vollsperrungen sind aufgrund des großen Fahrgastaufkommens nicht möglich. Daneben ist im U-Bahnhof auch die Betriebssicherheit zu beachten. Baulärm vs. Sprachverständlichkeit, Lagerflächen, Baustoffe vs. Brandschutz, Sicherungspersonal für Bauarbeiten im Gleisbereich oder organisatorische Maßnahmen zur Personenstromführung sind hierbei Kernthemen, die auch die Wahl der Baustoffe und der Bauverfahren beeinflussen.

Es liegt also ein großes Augenmerk darauf, die Umbaumaßnahmen so zu planen, dass sämtliche Verkehrsteilnehmer möglichst wenig beeinträchtigt werden. Aus diesem Grund nimmt im Projekt auch die Bauablauf- und Baulogistikplanung einen hohen Stellenwert ein. Hierzu fanden bereits im Zuge der Entwurfsplanung Simulationen und Visualisierungen zur Überprüfung baulicher und zeitlicher Kollisionen statt.

Die Baumaßnahme selbst kann bez. des Ingenieurbaus in zwei Bereiche eingeteilt werden. Die Herstellung der Querschläge mit ihren tiefen Baugruben, den Anforderungen an den Spezialtiefbau und den Anschlüssen an die bestehenden Bahnsteigröhren. Diese Arbeiten sind beeinflusst von den geringen zur Verfügung stehenden Baustelleneinrichtungsflächen und dem Verkehr an der Oberfläche. Die Schnittstellen zum Betrieb sind hier weitestgehend gering, da die Baustellenbereiche baulich gut abgetrennt werden konnten. Die weiteren Maßnahmen wie der Treppendreh im zentralen Bereich des Bahnhofs, die Verbreiterung der Aufgänge und die sonstigen Umbauten und Abbruchmaßnahmen im Bahnhof sind maßgeblich durch die Aufrechterhaltung des U-Bahnbetriebs geprägt.

### 3 Querschläge und Anschluss an bestehende Bahnsteigröhren

Der Zugang zur U1/U2, also dem 3. Untergeschoss des U-Bahnhofs, der SU-Ebene, ist im Bestand nur über die zentralen Treppenanlagen möglich. Es besteht ein Treppenaufgang direkt von der SU-Ebene in die Verteilerebene im 1. Untergeschoss, das Sperrengeschoß (SP-Ebene). Weiterhin besteht die Möglichkeit, von der SU-Ebene über Fest- und Fahrtreppen die Ebene der U3/U6, die SE-Ebene, zu erreichen und von dort in die SP-Ebene zu gelangen. Von dort wiederum führen verschiedene Ausgänge an die Oberfläche. Der zentrale Bereich, über den Fahrgäste von beiden Bahnsteigenden strömen, bildet somit den Flaschenhals und im Gefahrenfall den Engpass für die Entfluchtung. Simulationen zum Personenfluss zeigen dies sehr eindrücklich. Aus diesem Grund wurde entschieden, am nördlichen und südlichen Bahnsteigende der SU-Ebene je eine Stichverbindung, die sog. Querschläge, zu bauen. Die baulich getrennten Tunnelbahnsteige der beiden Fahrtrichtungen der U1/U2 werden damit an zwei zusätzlichen Stellen verbunden und mit Ausgängen an die Oberfläche im Süden bzw. in die SP-Ebene im Norden ausgestattet.

Eine grafische Übersicht der jeweiligen Ebenen findet sich in den Bildern 2–4.

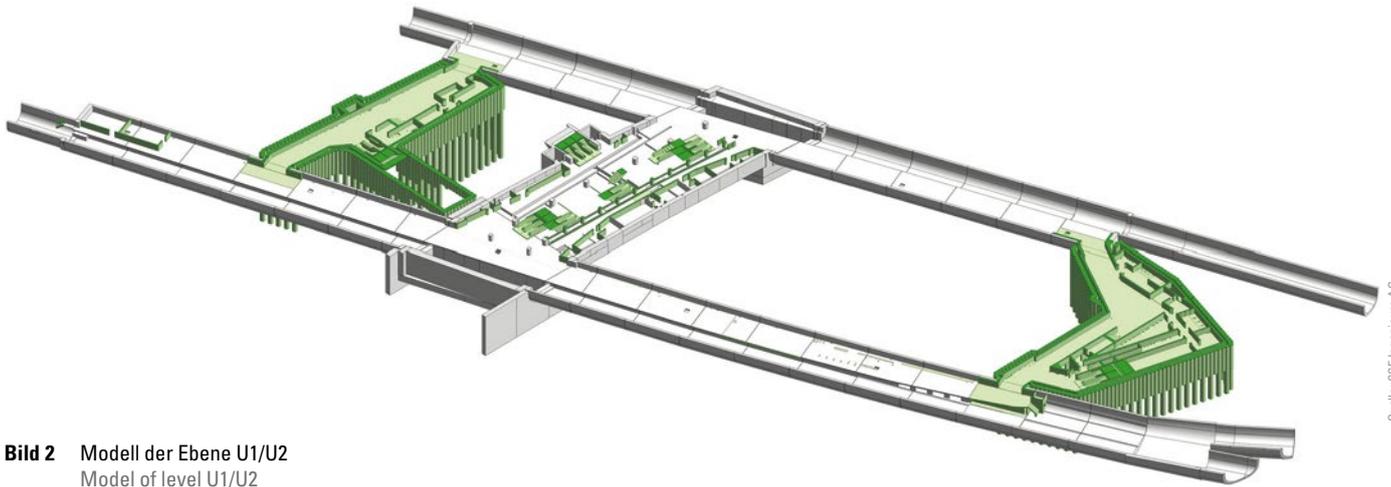
Für die Herstellung der Querschlagsbauwerke sind tiefe Baugruben mit überschnittenen Bohrpfahlwänden von der Oberfläche als wasserdichte Baugrubenumschließung geplant worden (Bild 5 zeigt die Baugrube des Querschlags Blumenstraße). Die Bohrpfähle binden in den Grundwasserstauer ein, der als Sohlabdichtung dient (Bilder 6, 7). Die Baugrubenwände sind mit mehreren Lagen Steifen ausgesteift bzw. bauzeitlichen Verpressankern einer Länge von bis zu 35 m rückverankert. Die etwa 20 m tiefen Baugruben liegen hierbei unmittelbar neben Straßenverkehrsflächen bzw. Gebäuden. Die Verformungen mussten zur Sicherung der bestehenden Gebäude klein gehalten werden, was erfolgreich gelang. Zur Beobachtung der umgebenden Gebäude, des bestehenden U-Bahnhofs mit seinen Tunnelröhren selbst und auch der Oberfläche mit den Tramgleisen ist ein umfangreiches Monitoringsystem, mit Online-Übertragung der Ergebnisse und der Festlegung von Melde- und Alarmwerten, installiert worden.

Zudem wurden Havariekonzepte für sämtliche kritische Baumaßnahmen erarbeitet. Beides notwendige Grundlagen für den Bau nach der Beobachtungsmethode, wie sie bei Bauwerken dieser Art Stand der Technik sind.

Die Anschlüsse zu den bestehenden Bahnsteigröhren wurden aus den Baugruben bergmännisch im Schutze einer Baugrundvereisung hergestellt (Bild 8). Hierfür sind aus der Baugrube um und an den Bestandstunnel heran horizontale Vereisungsbohrungen und Bohrungen für Temperaturmessungen hergestellt worden. Gleichzeitig wurden die Bohrpfähle im Anschlussbereich mit Vereisungsanzügen ausgestattet. Die Vereisungskörper, anschließend mit dem Kälteträger Sole aufgebaut, umschlossen somit die Anschlussbereiche zum Bestandstunnel dichtend und stützend in den tertiären Sanden. In den tertiären Tonen – der Schichtübergang lag etwas unterhalb der Ulme der Bestandsröhre – wurde auf die Baugrundvereisung zur Vermeidung von Frostkörperhebungen, die für die dünne Bestandstunnelschale schädlich gewesen wären, verzichtet. Dies führte beim ersten der vier Durchbrüche dazu, dass durch die unerwartet poröse Außenschale und die nicht verpresste Ulmen- und Sohl-drainageleitungen des Bestandstunnels Grundwasser entlang der Frostkörpergrenze in den Ausbruchsbereich gelangte. Mit Injektionen in die Außenschale konnten diese Wasserzutritte und die einhergehende Frostkörpererosion erfolgreich gestoppt werden.

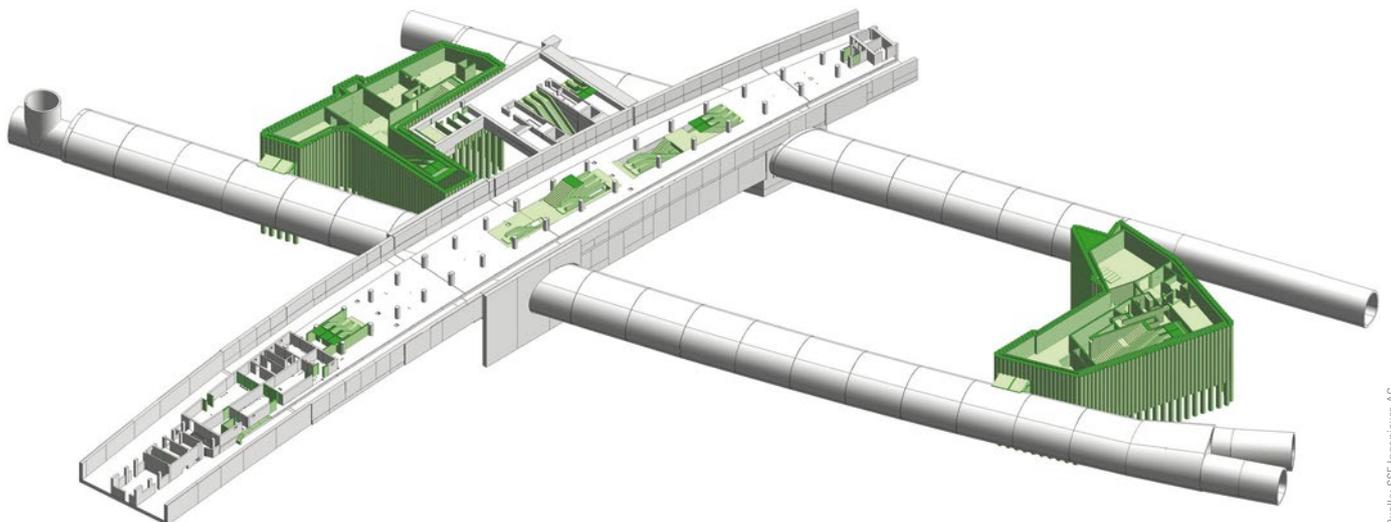
Die Durchbrüche sind jeweils in zwei Abschnitten hergestellt worden, wobei der Ablauf je Abschnitt wie folgt war:

- Aufgefrieren Frostkörper
- Ausbruch Bohrpfahlwand erster Abschnitt
- Ausfräsen gefrorener Boden
- Einbau Spritzbetonschale zur Stützung des Frostkörpers



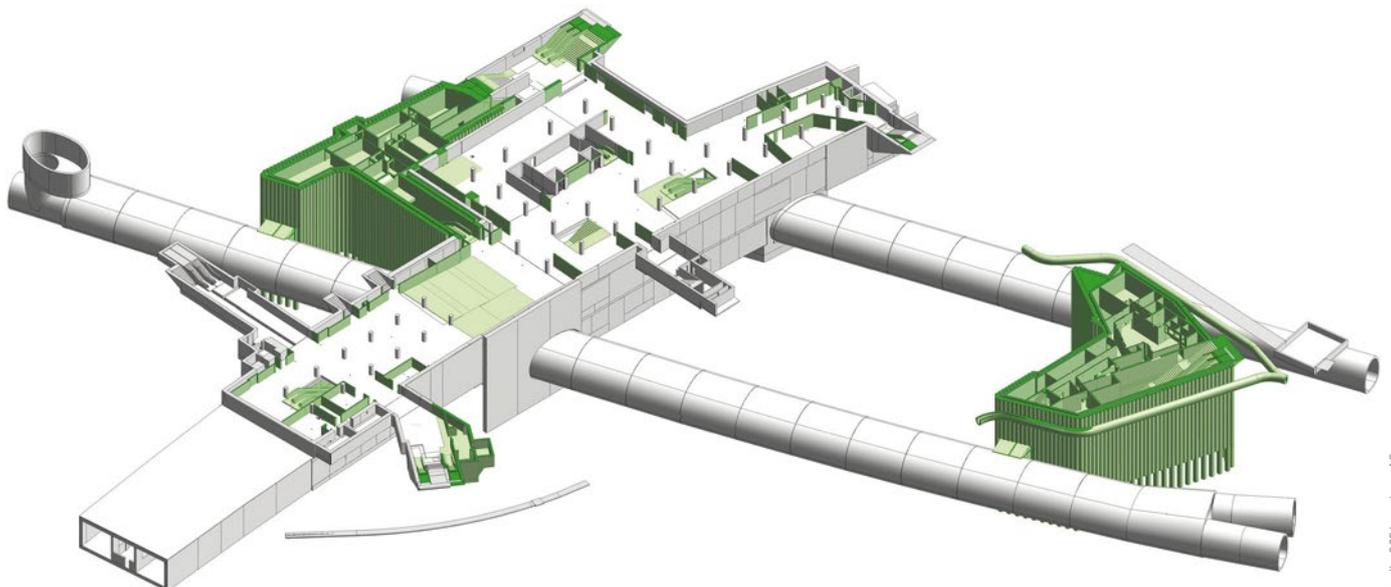
**Bild 2** Modell der Ebene U1/U2  
Model of level U1/U2

Quelle: SSF Ingenieure AG



**Bild 3** Modell der Ebene U3/U6  
Model of level U3/U6

Quelle: SSF Ingenieure AG



**Bild 4** Modell Sperrengeschoss  
Model mezzanine level

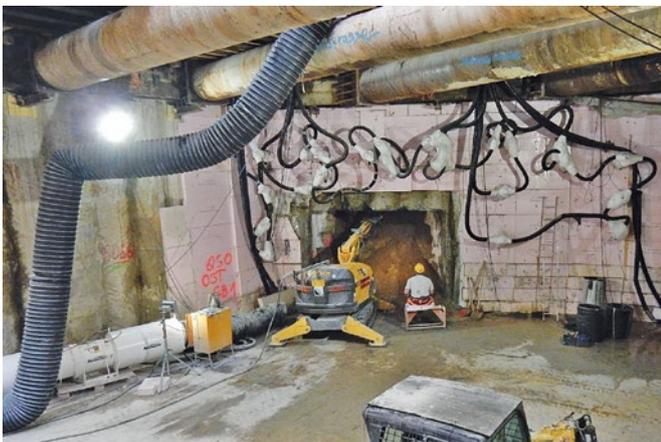
Quelle: SSF Ingenieure AG



**Bild 5** Baugrube Querschlag Blumenstraße  
Construction pit cross-cut Blumenstraße



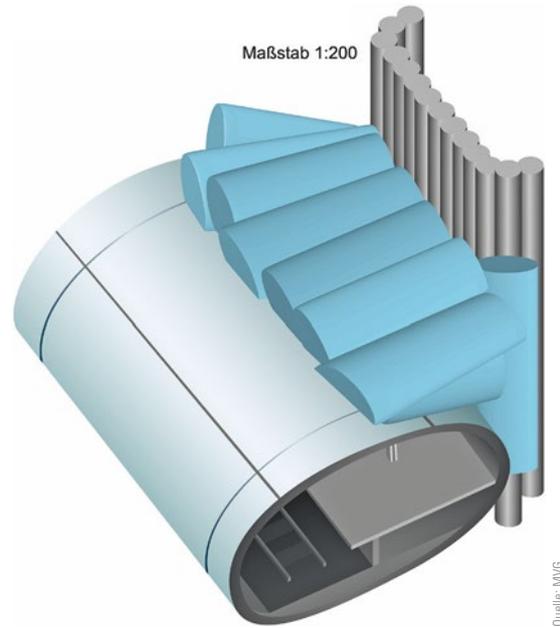
**Bild 6** Vereisung in der Baugrube Querschlag Blumenstraße  
Ground freezing of construction pit cross-cut Blumenstraße



**Bild 7** Ausbruch Querschlag im Schutz der Vereisung  
Excavation of cross-cut underneath ground freezing

- Durchbruch Bestandstunnel
- Einbau Innenschale erster Abschnitt
- Unterstützung Innenschale

Als Arbeitsebene für die Durchbrüche ist die unterste Steifenebene genutzt worden, die entsprechend beplankt, unterstützt und mit einer Zufahrtsrampe versehen wurde, sodass die Fräsgeräte und Lader zum Abtransport des Abbruchmaterials darauf fahren konnten.



**Bild 8** Visuelle Darstellung Vereisung  
Visual representation of ground freezing

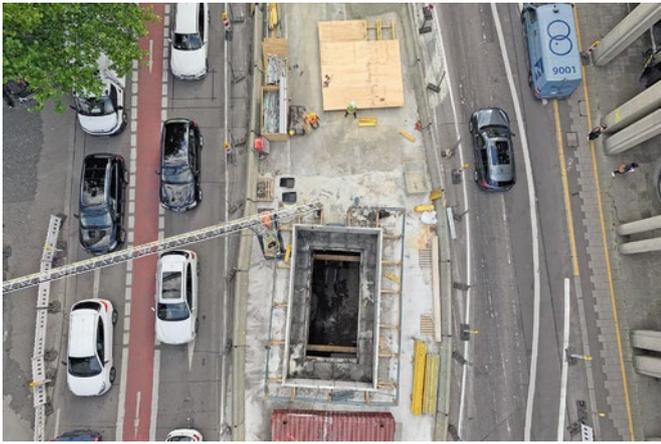
Die Abschnitte waren aus statischen Gründen, um die gering bewehrte Bestandstunnelschale nicht zu beschädigen, klein zu halten. Die Bestandstunnelröhren waren darüber hinaus im Vorfeld mit einer Innenschale (Brillenschale) im Durchbruchbereich zu verstärken und bauzeitlich pressengesteuert zu unterstützen. Die Durchbruchsarbeiten fanden zudem unter den bereits hergestellten Teildeckeln statt, weshalb sie sehr kleinteilig und entsprechend aufwendig waren. Auch die Abdichtungsarbeiten mit sowohl geklemmten als auch innen und außen liegenden Fugenbändern waren aufgrund der Kleinteiligkeit besonders herausfordernd. Insgesamt konnte ein sehr gutes Ergebnis bez. Dichtigkeit des Anschlusses erzielt werden.

Während der Durchbruchsarbeiten waren die Bahnsteige permanent in Betrieb. Zur Sicherung der Bahnsteigbereiche und zur Lärminderung sind die Baubereiche gegenüber dem öffentlichen Bereich auf den Bahnsteigen abgeschottet worden. Da die Durchbrüche im Wesentlichen an den Bahnsteigenden lagen, konnten erforderliche Mindestbreiten für die verbleibenden Bahnsteige eingehalten und die Bahnsteige während der gesamten Bauzeit auf ganzer Länge genutzt werden.

Nach Fertigstellung der Durchbrüche wurde der Rohbau in den Querschlägen von unten nach oben gebaut. Innenschalen, Innenwände, Zwischendecken und Treppen wurden in Rekordzeit errichtet. Auch hier wegen des geringen Platzangebots mit erheblichen Aufwendungen.

#### 4 Umbaumaßnahmen im Bahnhof

Neben den zusätzlichen Ausgängen an die Oberfläche, die für eine Entzerrung der Passagierströme sorgen, ist im zentralen Bereich auch die Beseitigung des Engpasses im



Quelle: MVG

**Bild 9** Baugrube von oben  
Top view on construction pit



Quelle: MVG

**Bild 10** Betonage Säulen im Zentralbereich U1/U2 Ebene  
Concreting of columns in central area U1/U2 level



Quelle: MVG

**Bild 11** Zentralbereich Ost nach Betonarbeiten  
Central area east after concreting

Umsteigebereich von der U1/U2 auf die U3/U6 ein maßgebendes Ziel. Im Bestand laufen je drei Treppen von beiden Bahnsteigröhren der U1/U2 (SU-Ebene) zentral am Bahnsteig der U3/U6 (SE-Ebene) zusammen. Bei starkem Verkehrsaufkommen kommt es hier zu Stauungen der Umsteiger zwischen beiden Linien. Um diese zu beseitigen, ist vorgesehen, die Treppen zu drehen, sodass sich die Auf- und Abgänge im Umsteigebereich über den gesamten Bahnsteig der U3/U6 verteilen. Darüber hinaus wird auch eine Wandscheibe in der SU-Ebene zur Verbesserung der Verkehrsströme und Erreichbarkeit der entzerrten Treppen in eine Stützenreihe aufgelöst. Die

Umbauarbeiten der zentralen Treppenanlage müssen zur Aufrechterhaltung einer ausreichenden Anzahl an Treppen und Zugängen zu den Bahnsteigen in zwei Abschnitten erfolgen, sodass der Betrieb vollständig aufrechterhalten wird. Die Arbeiten finden in abgeschotteten Bereichen statt, um neben der Sicherung der Baubereiche auch die Sprachverständlichkeit auf dem Bahnsteig beizubehalten. Für die Andienung wird – mittig in der Straßenverkehrsfläche an der Oberfläche – eine Öffnung in der Decke erstellt, über die die Ver- und Entsorgung des Baubereichs stattfindet (Bild 9 zeigt den Blick auf die Andienöffnung von oben). Die Maßnahmen beinhalten den Abbruch bestehender Decken für die neuen Treppen, den Verschluss bestehender Öffnungen, wo sie nicht mehr benötigt werden, den Einbau von zusätzlichen Unterzügen zur Aussteifung der Zwischendecken und die Auflösung einer Wandscheibe in der SU-Ebene in eine Einzelstützenreihe (Bilder 10, 11). Vor Beginn der Abbrucharbeiten waren zur Verstärkung des Bestands an den Decken und Unterzügen CFK-Lamellen einzubauen. Spektakulär ist auch die Herstellung einer neuen Fahrtreppenunterfahrt in der Bestandssohle. Die etwa 1,65 m starke Bodenplatte war hierfür mit einer etwa 1,3 m tiefen Vertiefung zu versehen. Der Ausbruch erfolgte in Abschnitten, jeweils begleitet durch flächige zerstörungsfreie Messungen der verbleibenden Stärke der Bodenplatte, um Störungen der Bodenplatte im Vorfeld erkennen und damit unplanmäßige Wasserzutritte ausschließen zu können. Bei 15 m Wassersäule und einer verbleibenden Bauteilstärke von ca. 35 cm eine unabdingbare Maßnahme. Die Arbeiten hierzu sind noch nicht vollständig abgeschlossen. Die erste von drei Vertiefungen konnte bereits erfolgreich hergestellt werden.

Die vorhandenen Aufgänge aus der SP-Ebene an die Oberfläche werden saniert bzw. erweitert. Während beim Ausgang Sendlinger Tor eine rückverankerte Trägerbohlwand als Verbau für die Verbreiterung des Ausgangs ausreichte, greift die Verbreiterung des Ausgangs Müllerstraße in das Grundwasser ein. Als Baugrubensicherung wurde eine tiefliegende Dichtsohle gewählt, um eine wasserdichte Umschließung der Baugrube im Bereich des Grundwassers zu gewährleisten. Die Randsäulen werden hierbei so hoch gezogen, dass sie entweder bis unter den Bestand abdichten oder aber über den GW-Spiegel reichen. Somit entsteht eine dichte „Wanne“, in der der Rohbau sicher hergestellt werden kann. Der Ausgang Müllerstraße erhält zusätzlich einen Lastenaufzug zur Andienung der Vermarktungsflächen in der SP-Ebene, die im Zuge der Modernisierung vorgesehen werden.

Zur Verbesserung der Barrierefreiheit werden die Aufzüge im zentralen Bereich bis an die Oberfläche verlängert. Hier sind Sanierungsarbeiten am bestehenden Rohbau, zusätzliche Durchbrüche für die Änderung des Aufzugssystems sowie die Öffnungen in der Abschlussdecke mit den zugehörigen Abdichtungsmaßnahmen auszuführen. Da die Aufzüge ihren Austritt auf der Platzfläche haben werden, können die Öffnungen in geböschter Baugrube stattfinden.



**Bild 12** Sperrengeschoss mit Wandverkleidung  
Mezzanine level with wall cladding

Die Umbauarbeiten innerhalb der Station umfassen auch Abbrucharbeiten unmittelbar neben dem Gleisbereich. Die rückzubauenden Betriebsräume werden in den Querschlägen untergebracht und der frei werdende Platz ist als Bahnsteigfläche insbesondere für den Zugang zum südlichen Ausgang im Querschlag Blumenstraße erforderlich. Für diese Arbeiten, die in mehreren Wochenendsperrpausen stattfinden, werden Bauzüge vom Betriebshof in Fröttmaning zu- und abgefahren.

Bei allen Arbeiten im Bahnhof sind Abschottungen zwischen Bau- und Betriebsbereich einzubauen. Die Abschottungen dienen zum einen der Sicherung des Baubereichs gegenüber dem öffentlichen Bereich (physikalisch, Staubschutz, Brandschutz), zum anderen aber auch dem Lärmschutz, um die Sprachverständlichkeit im Bahnhof aufrechtzuerhalten. Diese Anforderung beeinflusst auch die Wahl der Baumethoden. So erfolgen die Abbrucharbeiten im Wesentlichen als Schneid-, Säge- oder Fräsarbeiten. Stemmen oder Hämmern hätte zu hohe Lärmemissionen verursacht.

Neben den Neubau- und Umbauarbeiten sind auch umfangreiche Sanierungsarbeiten notwendig. Insbesondere im Bereich der bestehenden Ausgänge sind die Brüstungsköpfe und damit die Abdichtungen zu sanieren. Weiterhin die Laufzungen im Bereich der Zugänge von der Oberfläche. Bei Bestandsstützen sind im Fußbereich Betonsanierungen notwendig, bei größerem notwendigen Betonabtrag ergänzt durch temporäre Unterstützungen, die mit Pressen vorgespannt werden. Eine der Stützen, die unterhalb einer undichten Dehnfuge lag, musste komplett erneuert werden, da Chloride ansonsten einen massiven Betonabtrag erforderlich gemacht hätten. In Bild 12 ist das Sperrengeschoss mit neuer Wandverkleidung zu sehen.

Hauptbestandteil der Bauwerkssanierung ist die Ertüchtigung eines Teils der Abschlussdecke über der SP-Ebene, welcher in Spannbetonbauweise hergestellt wurde. Der betroffene, ungefähr quadratische Deckenabschnitt spannt über ca. 20 m einachsiger von Außenwand zu Außenwand und wurde bereits bei der damaligen Herstellung für eine spätere Änderung der Spannrichtung vorbereitet. Hierfür

wurden damals bereits zusätzliche leere Hüllrohre eingebaut, die jedoch für den leichteren späteren Einbau von Spanngliedern nur provisorisch abgedichtet wurden. Der spätere Einbau dieser Spannglieder wurde verworfen, durch die provisorische Abdichtung drangen Chloride von der Oberfläche über die leeren Hüllrohre an die tragenden Spannglieder und verursachten an diesen Schäden. Im Zuge der Ausführungsplanung wurde das Bauteil nach besten Möglichkeiten zerstörungsfrei untersucht und zwei wesentliche Sanierungsmaßnahmen festgelegt: An der Oberseite wurde der Deckel in zwei Abschnitten komplett freigelegt, die leeren Hüllrohre verfüllt, schadhafter Beton saniert und die Abdichtung gänzlich erneuert. An der Unterseite sollte lediglich Beton bis zu den Spanngliedern abgenommen, die Spannglieder inspiziert und anschließend die Betondeckung wieder reprofiliert werden. Nach Freilegen der Spannglieder stellte sich das Schadensbild jedoch größer als erwartet dar und die Ertüchtigungsmaßnahmen mussten erweitert werden. Zum einen wurde unterseitig eine zweilagig bewehrte Spritzbetonverstärkung aufgebracht und zum anderen ein neuartiges Glasfaserüberwachungssystem angebracht, um etwaige Veränderungen in dem Bauteil frühzeitig erkennen zu können.

## 5 Effiziente Planung und Steuerung mittels BIM

Mit dem Ziel einer Bauablaufsimulation in der Leistungsphase 3 sind in Kooperation mit der Projektsteuerung, dem Bauablaufplaner und dem Architekten das BIM-Pflichtenheft sowie 3-D-Modelle erstellt worden. Typisch für die Sanierung eines gut 50 Jahre alten U-Bahnhofs gab es auch beim Sendlinger Tor keine CAD-Unterlagen. Auf Basis von (handgezeichneten) Bestandsplänen und ergänzt durch die Vermessung der Bruchkanten wurde der Bestand dreidimensional nachgebildet. Im Modell werden Bestand, Abbruchmaßnahmen, Neubauten sowie Baubehelfe dargestellt. Die Partitionierung der Modelle bzw. der Objekte erfolgte in Abstimmung mit dem Bauablaufplaner, sodass alle Zwischenzustände in ausreichender Form in einer Bauablaufsimulation abgebildet werden konnten. So waren bauliche und zeitliche Kollisionen erkennbar und der Bauablauf konnte entsprechend umge-

stellt werden. Die Bauablaufsimulation ist zum besseren Verständnis der gesamten Maßnahme auch den Ausschreibungen der Rohbaulose beigelegt worden.

Das Modell wurde über die Leistungsphase 3 hinaus genutzt. Dies allerdings nur für den Ingenieurbau (Baugrube, Baubehelfe und Rohbau). Es diente als alleinige Grundlage für die Planableitung. Bei der Übernahme der Schlitz- und Durchbruchplanung der Fachplaner konnten Kollisionen von Trassen der TGA rechtzeitig erkannt und vermieden werden.

Das BIM-Modell ermöglichte (und tut dies immer noch) auch den Abgleich mit Nachvermessungen mittels Punktwolken (Laserscans). Zum Zeitpunkt der Modellerstellung war ein Großteil der Verkleidungen noch nicht abgenommen. Bruchkanten konnten damit nur punktuell aufgenommen werden. In der Zwischenzeit sind alle Verkleidungen des Bahnhofs entfernt und ein Abgleich kann nun mit Nachvermessungen stattfinden, was auch in regelmäßigen Abständen erfolgt. Dadurch kann die Genauigkeit des Modells als Grundlage für die Ausbauplanung überprüft und bei Abweichungen in der Planung der Wand- und Deckenverkleidungen, die ebenfalls am 3-D-Modell erfolgt, berücksichtigt werden. Weiterhin kann auf Basis des Modells überprüft werden, ob die erforderlichen Lichtraumprofile – auch bei neuen Fahrzeugen mit anderen Lichtraumzuschlägen – eingehalten werden können. So konnte z. B. erkannt werden, dass lokal Hintergleiswände angepasst werden mussten, um ausreichend Platz zu schaffen.

## 6 Schlussbemerkung

Im Zuge der seit März 2017 laufenden Hauptbaumaßnahme wird der zentrale Kreuzungsbahnhof Sendlinger Tor sowohl technisch als auch gestalterisch umfassend

erneuert und damit zu einem modernen Zukunftsbahnhof umgestaltet. Sämtliche Umbauarbeiten erfolgen unter beengten Platzverhältnissen und unter ständiger Aufrechterhaltung des U-Bahnbetriebs sowie der Straßenbahn und des Individualverkehrs an der Oberfläche. Hierfür waren umfangreiche Spezialtiefbaumaßnahmen – tiefe Baugruben mit überschnittenen Bohrpfahlwänden, Aussteifungen und Verankerungen, Baugrundvereisungen an den Anschlüssen der neuen Querschläge zu den bestehenden Tunnelröhren, DSV-Abdichtungsmaßnahmen zur Verbreiterung der neuen Aufgänge sowie rückverankerte Trägerbohlwände – erforderlich. Diese Maßnahmen, unter Anwendung der Beobachtungsmethode, wurden begleitet von einem umfassenden Bauwerksmonitoring und Harviekonzepten gemäß Stand der Technik. Vor allem die Umbauarbeiten im Bestand und unter vollständigem Betrieb waren und sind bauleistungsintensiv anspruchsvoll und führen zu kleinteiligem Arbeiten. Nicht nur in der Ausführung, sondern auch in der Planung führt dies zu komplexen Aufgaben und Lösungen sowie hohem Koordinierungsaufwand.

Die Planung anhand des BIM-Modells lieferte gute Ergebnisse. Wie die Erfahrung bei anderen Projekten zeigt, können weitergehende Vorteile genutzt werden, sofern BIM über alle Planungsbereiche und -phasen hinweg genutzt wird. Insbesondere bei der anspruchsvollen Aufgabe Umbau im Bestand unter Betrieb. Dies bedingt grundsätzlich auch, dass der Bestand in ausreichender Form abgebildet wird, um auch die bauzeitlichen Kollisionen erkennen zu können.

Die Umbaumaßnahmen werden voraussichtlich im Jahr 2023 abgeschlossen sein. Dann wird die U-Bahnstation Sendlinger Tor als neuer Zukunftsbahnhof den Münchner Nahverkehr noch sicherer, entspannter und komfortabler für seine Fahrgäste machen.

### Autoren

Dipl.-Ing. Michael Weizenegger (Korrespondenzautor)  
mweizenegger@ssf-ing.de  
SSF Ingenieure AG  
Domagkstraße 1a  
80807 München

Dipl.-Ing. Andreas Schmid  
schmid.andreas@swm.de  
Stadtwerke München GmbH  
Emmy-Noether-Straße 2  
80992 München

Dipl.-Ing. Ralph Bentrup  
bentrup.ralph@swm.de  
Stadtwerke München GmbH  
Emmy-Noether-Straße 2  
80992 München

M.Sc. Michael Schneider  
mschneider@ssf-ing.de  
SSF Ingenieure AG  
Domagkstraße 1a  
80807 München

### Zitieren Sie diesen Beitrag

Weizenegger, M.; Schmid, A.; Bentrup, R.; Schneider, M. (2021) *Modernisierung U-Bahnhof Sendlinger Tor – Umbau und Erweiterung zum Zukunftsbahnhof*. Bautechnik 98, H. 7, S. 492–499.  
<https://doi.org/10.1002/bate.202100034>



