

Kolloquium „Städtischer Tunnelbau“
Professur für Untertagebau, ETH Zürich



Bild Passage Bahnhofstrasse: Pöyry Infra AG

„Bergmännische Deckelbauweise“ –
Herausforderung im Herzen Zürichs

Competence. Service. Solutions.



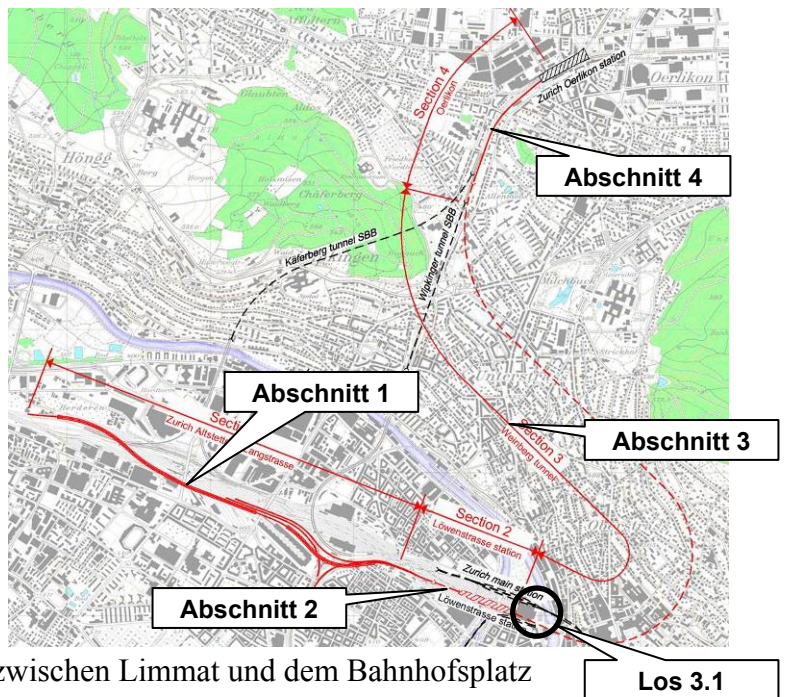
1 PROJEKT DURCHMESSERLINIE

Für die kommenden Jahrzehnte wird in der Schweiz, und besonders in Zürich, eine markante Zunahme des Bahnverkehrs erwartet. Die SBB und der Kanton Zürich haben sich darum entschlossen, eine neue zweispurige Eisenbahnverbindung mitten durch die Stadt Zürich mit einem viergleisigen unterirdischen Durchgangsbahnhof zu realisieren.

Abschnitte

Die 9.6 km lange Neubaustrecke der Durchmesserlinie Zürich beginnt am westlichen Stadtrand von Zürich beim Bahnhof Altstetten und verläuft von dort entlang der bestehenden Zufahrtsstrecke zum Hauptbahnhof Zürich. Das Projekt ist in 4 Abschnitte gegliedert. Der 4.8 Kilometer lange doppelspurige Weinbergtunnel mit Flucht- und Rettungsstollen bildet den Abschnitt 3 und führt vom Hauptbahnhof zum Bahneinschnitt Oerlikon.

Der Abschnitt 3 ist wiederum in die zwei Lose 3.1 und 3.2 unterteilt. Die Unterfahrung des Südtraktes und der Schacht Südtrakt bilden zusammen das Los 3.1 und liegen im Herzen von Zürich, zwischen Limmat und dem Bahnhofplatz



Geologie / Hydrologie

Der Weinbergtunnel verläuft ab dem Bahnhof Oerlikon in der Oberen Süsswassermolasse. Diese Molasse besteht aus einer Wechsellagerung von Sandsteinen, Siltstein und Mergel. Ab der Limmat bis zum Schacht Südtrakt durchfährt der Weinbergtunnel verschiedene Lockergesteinsschichten. Neben der Grundmoräne, die mit Kies, Steinen und einzelnen Blöcken durchsetzt ist, folgen die Seeablagerungen. Diese sind vorwiegend siltig-feinsandig ausgebildet aber sehr dicht gelagert.

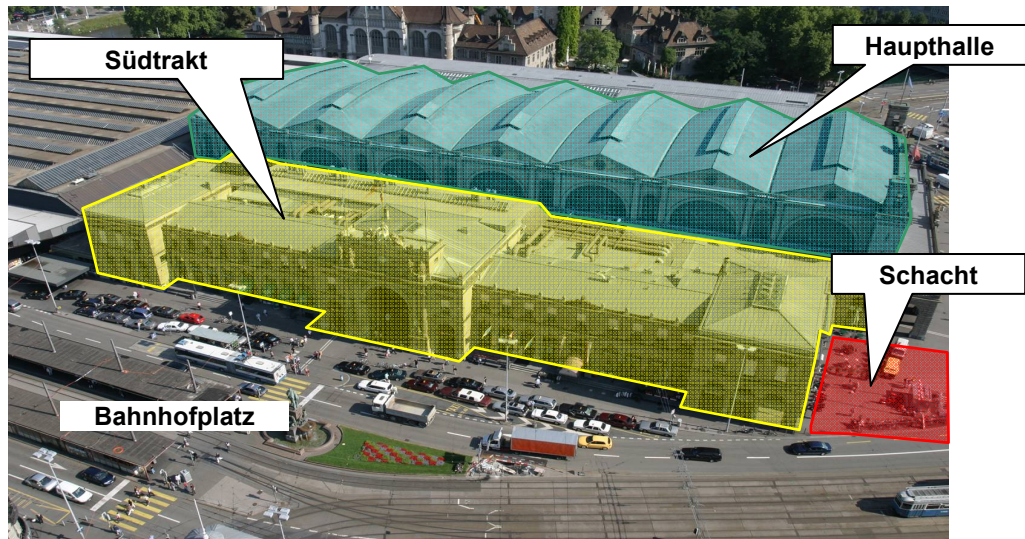
Darüber folgen die Limmattal-Schotter mit einer hohen Wasserdurchlässigkeit bei einem k-Wert von 3×10^{-3} m/s. Sie weisen eine mittlere bis hohe Tragfähigkeit auf und sind wenig setzungsempfindlich.

Im Bereich der Unterfahrung Südtrakt sind die Limmattalschotter zwischen 20 bis 35 m mächtig. Diese sind auf Grund der hohen Durchlässigkeit eines der wichtigsten Grundwasservorkommen der Stadt Zürich. Entsprechend hoch sind deshalb die Anforderungen an den Grundwasserschutz und an die Ausführung von Grundwasserabsenkungen.

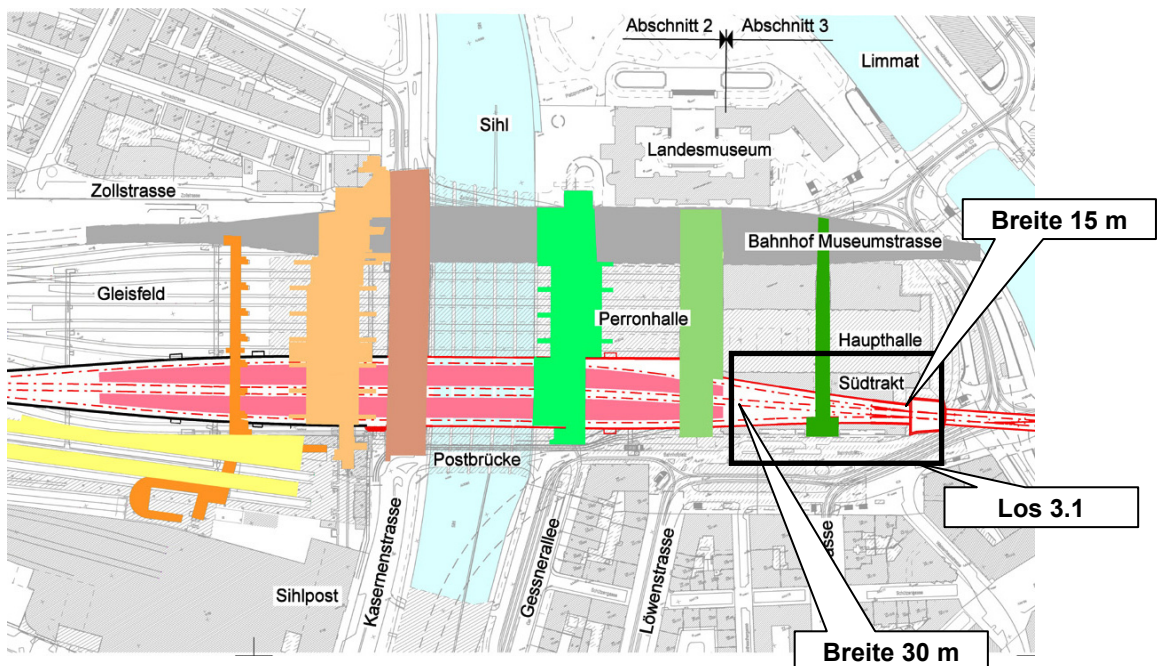
2 UNTERFAHRUNG SÜDTRAKT

2.1 Linienführung / Geometrie

Beim Weinbergtunnel muss der 150 Jahre alte Südtrakt des Hauptbahnhofs unterquert werden. Diese 110 m des Weinbergtunnels führen unmittelbar unter dem Gebäude durch und werden mit einer innovativen Kombination von bergmännischen Verfahren und Spezialtiefbau erstellt.

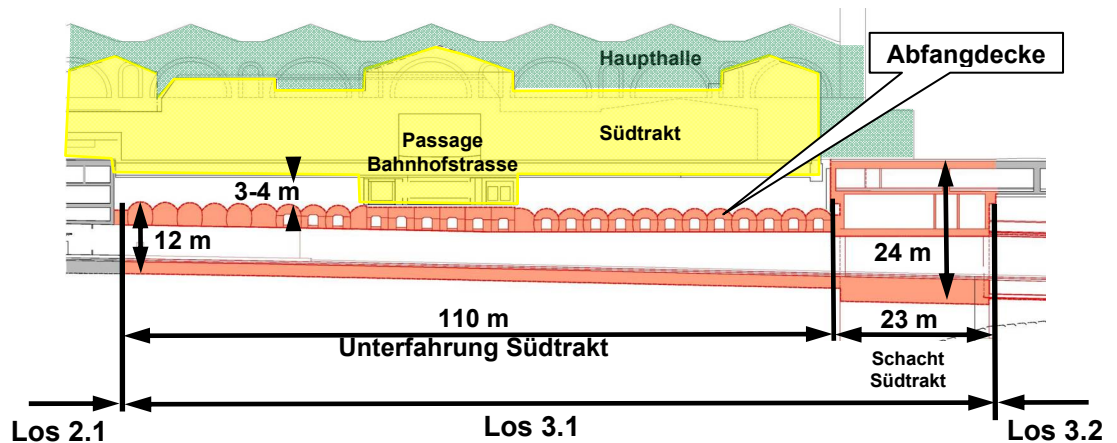


Unter dem Südtrakt befindet sich die Gleiszusammenführung, wo die vier Gleise des neuen Bahnhofs Löwenstrasse in Richtung Orlikon auf zwei Gleise reduziert werden (Doppelspur). Entsprechend verringert sich die erforderliche lichte Tunnelbreite von rund 30 m bei der Brandlüftungszentrale auf rund 15 m am Übergang zum Schacht Südtrakt.



Der Tunnelquerschnitt besteht aus einem rechteckigen Kastenprofil mit einem Ausbruchquerschnitt zwischen 225 m² beim Schacht Südtrakt und 340 m² an der Losgrenze zum Bahnhof Löwenstrasse. Die Abfangkonstruktion unterhalb des Gebäudes wird etappenweise in einem bergmännisch vorgetriebenen Stollensystem, rund 3-4 m unter dem Kellergeschoss des Südtraktes erstellt.

In Längsrichtung taucht der Tunnel vom Bahnhof Löwenstrasse mit einem Gefälle von 2.5% in Richtung Limmat ab. An der Schnittstelle zum Los 3.2 liegt der Schacht Südtrakt, von wo aus die Arbeiten an der Unterführung Südtrakt gestartet werden.



Im Grundriss betrachtet handelt es sich beim Schacht Südtrakt um einen polygonalen Schacht von 23 m auf 23 m. Die Schachtgröße ist so ausgelegt, dass zeitlich parallele Tätigkeiten für die Bauhilfsmassnahmen in der Lockergesteinstrecke der TBM (Los 3.2) und für die Unterführung des Südtraktes (Los 3.1) möglich sind.

2.2 Anforderungen

Die Anforderungen der Denkmalpflege und der kommerziellen Nutzung des Hauptbahnhofes sind für das Baukonzept zur Unterführung des Südtraktes entscheidend.

Neben diesen Anforderungen sind weitere Randbedingungen gegeben:

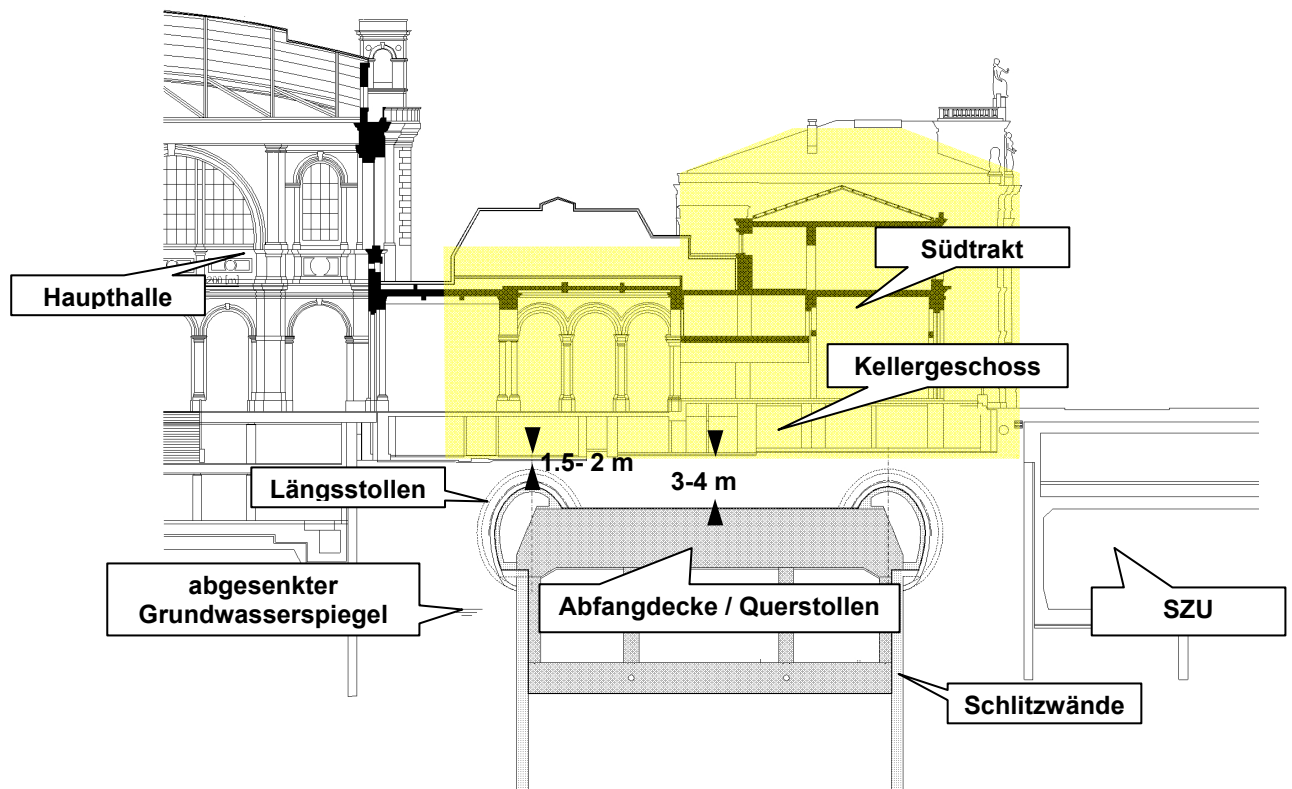
- Geometrische Randbedingungen: Lage des Tunnels gegenüber dem Südtrakt und die Breite des Tunnels.
- Geologische Randbedingungen, insbesondere bezüglich des Grundwassers
- Bestehende Einbauten im Boden
- Die Nutzungseinschränkungen im Südtrakt sollen während dem Bau möglichst gering gehalten werden. Dies betrifft insbesondere das Kellergeschoss mit minimaler Überdeckung von 1.5m und ohne durchgängig betonierte Bodenplatte
- Der Südtrakt muss erhalten bleiben. Die baulichen Massnahmen sind im Kellergeschoss und in der Passage Bahnhofstrasse auf ein Minimum zu beschränken.
- Die Haustechnik des städtischen ShopVilles muss ohne Unterbruch funktionieren.
- Gebäude im Einflussbereich des Tunnelvortriebs dürfen keine unzulässigen und unverträglichen Setzungen und Setzungsdifferenzen erfahren. Dies ergibt für den Längsvortrieb erlaubte Setzungen von wenigen Millimetern.
- Beim Schacht Südtrakt sind während der Bauzeit Provisorien vorzusehen, welche die Anlieferung zum städtischen ShopVille weiterhin ermöglichen.

2.3 Konzept „Bergmännische Deckelbauweise“

Die Bergmännische Deckelbauweise besteht aus einer Abfangdecke, welche auf Schlitzwänden aufliegt. Die zum Teil vorgespannte Abfangdecke und die Schlitzwände werden aber im Vergleich zur „normalen“ Deckelbauweise über ein System von Längs- und Querstollen „bergmännisch“ erstellt.

Bevor die Vortriebe der Stollen unter dem Südtrakt in Angriff genommen werden konnten, musste das Grundwasser mittels Kleinfiterbrunnen um ca. 10 m abgesenkt werden. Die rund 16 Kleinfiterbrunnen schöpfen aktuell rund 5 m³/min ab. Das abgepumpte Grundwasser wird über ein Rohrsystem und entfernten Rückversickerungsanlagen dem Grundwasserträger zurückgegeben.

Zuerst werden aus dem Schacht Südtrakt zwei 110 m lange Längsstollen vorgetrieben aus denen die Schlitzwände abgetieft werden. Anschliessend erfolgt der Vortrieb der Querstollen in Etappen, in welche die vorgespannten Träger der Abfangdecke eingebaut werden. Die Tunneldecke ist als Abfangkonstruktion ausgebildet, um die Auflasten an die seitlichen Schlitzwände abtragen zu können. Die total 29 Querstollen resp. Abfangträger bilden die fertige, auf den Schlitzwänden aufliegende Decke. Die Längsstollen über den Schlitzwänden werden im Endzustand als begehbare Stollen ausgebaut. Aus diesen Stollen heraus kann die Vorspannung der Abfangträger kontrolliert und allenfalls ausgewechselt werden. In den Stollen werden zudem Werkleitungen geführt.



Nach dem Bau der Abfangdecke erfolgt der Aushub unter der Decke von Seite Schacht Südtrakt in zwei Etappen. Nach der ersten Aushubetappe ist eine horizontale Spriessung einzubauen, um die Schlitzwände abzustützen.

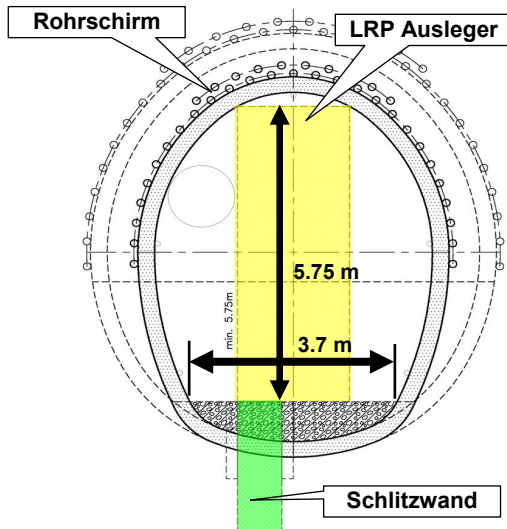
Im Endzustand ist der Tunnel inkl. Längsstollen und Abfangdecke voll abgedichtet. Die Wasserdruckkräfte werden über eine einlagige Kunststoff-Abdichtung an die

Innenwände und Innenschale abgegeben. Die Bodenplatte übernimmt die Auftriebskräfte und gibt diese über die Innenwände an die Abfangdecke ab.

3 VORTRIEB LÄNGSSTOLLEN

3.1 Anforderungen Längsstollen

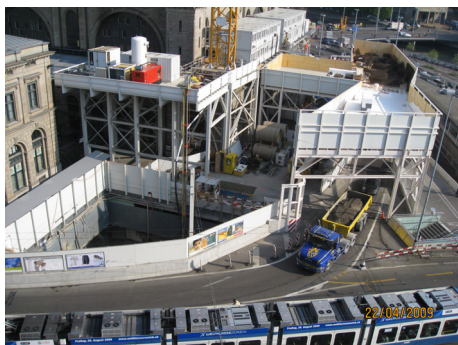
Die Grösse der Längsstollen ist auf die nachträglichen Arbeiten für den Bau der Schlitzwände und die vorgespannten Abfangträger ausgerichtet.



Das Lichtraumprofil der knapp 6 m hohen Längsstollen lässt den Einsatz von Schlitzwandmaschinen mit kurzem Ausleger zu, so dass mit einem Greifer gearbeitet werden kann. Die Führungswände für die Schlitzwand werden im Bereich der Ausbruchsicherung während den Vortriebsarbeiten bereits mitgezogen.

Der Vortrieb der Längsstollen und die erforderlichen Bauhilfsmassnahmen müssen einen sicheren und setzungsarmen Vortrieb zur Einhaltung der Anforderungen gemäss Kap 2.2 zu gewährleisten

Die gesamte Logistik der Längsstollen muss über den Schacht Südtrakt geführt werden. Der Schacht Südtrakt liegt im Herzen von Zürich direkt neben der Tramhaltestelle Bahnhofquai. Die Lagerflächen für die Vortriebsarbeiten sind auf einer aufgeständerten Plattform mit starken Nutzungseinschränkungen (Lastbeschränkung).



Diese logistischen Randbedingungen haben einen starken Einfluss auf den Vortrieb, da die gesamten Installationen und das Ausbruchmaterial mittels Kran auf den beschränkten Umschlagsplatz gehievt werden müssen.

3.2 Vortriebskonzept

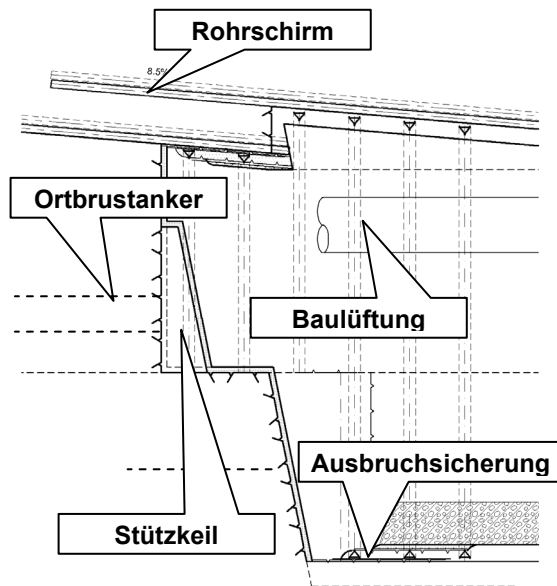
Auf Basis dieser Anforderungen wurde der Vortrieb der Längsstollen entwickelt. Für die beiden Längsstollen Süd und Nord wurde eine vorausseilende Sicherung mit einem Rohrschirm gewählt.

Neben der Sicherung mit einem Rohrschirm, der im First doppelt ausgebildet wird, werden alle 5m Ortbrustanker mit einer Länge von 10 m in der Kalotte und der Strosse versetzt. Die Ausbruchsicherung besteht aus zwei Lagen Netzen, Spritzbeton und den 3-Gurt-Gitterträgern.

Es wird ein Vollausbuch mit abgetrepter Ortbrust umgesetzt. Dies erlaubt einen setzungsarmen Vortrieb mit schnellem Ringschluss. Der Ringschluss wird spätestens nach 5 m erreicht. Die Ausbruchetappe beträgt 1 m. Als zusätzliche Ortbruststützung wird im Kalottenbereich einen Stützkeil stehen gelassen.

Daten zum Vortrieb:

- Länge pro Stollen 110m (inkl .Passage)
- Fläche 32 bis 47 m²
- Insgesamt je 9 Rohrschirmetappen à 10 m (ohne Passage)
- 37 Rohrschirmrohr 139.7x10mm, im First doppelt angeordnet
- Länge Rohrschirm 14 m, Überlappung 4 m
- Bis 26 injizierten Selbstbohranker in der Ortbrust, Länge 10 m, Überlappung 5 m
- Sofortsicherung mit ofentrockenem Spritzbeton
- Ausbruchsicherung total 30 cm Spritzbeton
- 2 Lagen Bewehrungsnetze (bis 14/14/150/150)
- 3-Gurt-Gitterträger alle 1 m



3.3 Statische Berechnungen

Die Ortbruststabilität und die Sicherung der Ausbruchlaibung im Ausbruchbereich sind die zentralen Voraussetzungen für einen sicheren Vortrieb. Die gewählten vorausseilenden Sicherungen Rohrschirm, Ortsbrustanker und Spritzbetonschale sind als gemeinsam wirkende Elemente in den Berechnungen zu berücksichtigen.

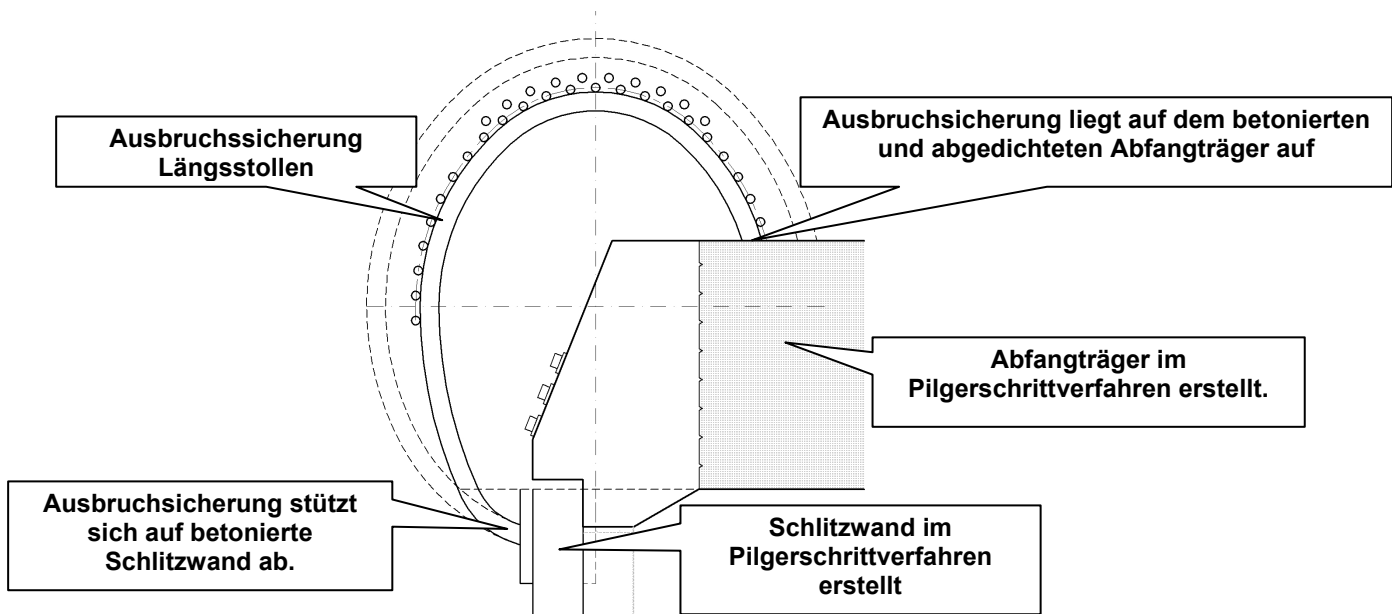
Der Rohrschirm überbrückt im Vortrieb den Abbaubereich und liegt auf der Ausbruchsicherung und vor der Ortbrust auf dem Boden auf. Da der Vortrieb nur knapp unterhalb von grossen Lasten aus den Fundamenten des Südtraktes stattfindet, fehlt eine verteilende Wirkung und es ergeben sich für die Rohre hohe Beanspruchungen. Für die Dimensionierung des Rohrschirms und der Ortsbrustverankerung wurde eine totale Last von 250 kN/m² in Rechnung gestellt.



Bei der Traglastberechnung der Rohrschirme wird berücksichtigt, dass die Rohre, die Auflasten über die Ortbrüst hinaus an den Boden abgeben. So kann der Gefahr eines Verbruchs der Ortsbrüst unter den Rohrschirmrohren begegnet und das Ausmass der Ortbrustsicherung mit Ankern reduziert werden.

Die Dimensionierungen der Bauhilfsmassnahme ergaben einen doppelten Rohrschirm im Fristbereich. Die Traglast der Rohrschirme im Gewindebereich wurde an der EMPA getestet. Auf Basis dieser Prüfungen wurden die erforderlichen Rohrlängen und die Anordnung der Stösse festgelegt, so dass der rechnerisch berücksichtigte Widerstand des Rohrschirms eingehalten werden konnte.

Die Ausbruchsicherung mit Spritzbeton und Netzen wurde im Stabstatikmodell dimensioniert. Dabei sind die verschiedenen Bauzustände berücksichtigt. Da der Vortrieb nur knapp unterhalb von grossen Lasten aus den Fundamenten des Südtraktes stattfand, ergeben sich grosse konzentrierte Lasten. Die Ausbruchsicherung wird für die Erstellung der Schlitzwände in Etappen abgebrochen und mit einer Schlitzwand „ersetzt“. Dasselbe gilt für den Bau der Querstollen bzw. der Abfangträger (siehe nachfolgendes Bild). Die Ausbruchsicherung wird in Etappen abgebrochen und auf die betonierten Träger abgesetzt. So ist im Endzustand ca. ein Drittel der Ausbruchsicherung des Längsstollens wieder abgebrochen. Im massgebenden Bauzustand stützt sich die Ausbruchsicherung horizontal auf die Schlitzwand ab und liegt auf dem betonierten Querstollen auf. An diesen Stellen wurde rechnerisch nur mit einer Übertragung von Normalkräften gerechnet.



3.4 Setzungsprognose

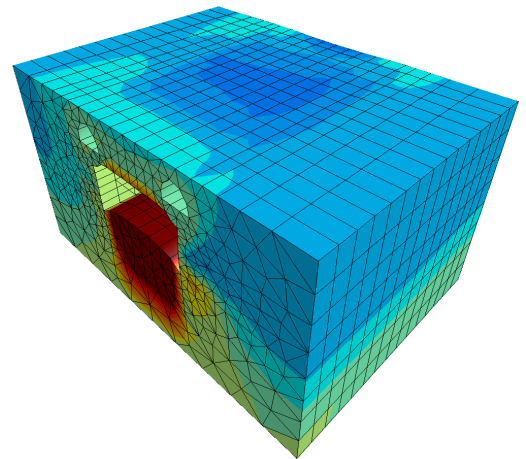
Mit dem Bauherrn wurden für das denkmalgeschützte Gebäude des Südtrakts maximal zulässige Schäden gemäss Risikoklasse 2 vereinbart.

Risiko-Klasse	Maximale Neigung des Gebäudes	Maximale Setzung des Gebäudes in [mm]	Risikobeschrieb
1	weniger als 1/500	weniger als 10	Oberflächliche Risse unwahrscheinlich
2	1/500 bis 1/200	10 bis 50	Risse treten auf, aber ohne die Tragstruktur zu gefährden
3	1/200 bis 1/50	50 bis 75	Risse und mögliche Schäden an der Tragstruktur. Schäden an Werkleitungen möglich.
4	grösser als 1/50	grösser als 75	Schäden an der Tragstruktur

Quelle: CIRIA Report/CP/5, „Prediction and effects of ground movements caused by tunnelling in soft ground beneath urban areas“, September 1992

Die maximal zulässigen Setzungen und Setzungsdifferenzen wurden für alle Bauabläufe auf 35 mm resp. 1/300 festgelegt.

Die Setzungsberechnungen wurden mittels einer FE-Analyse in einem 3D-Modell durchgeführt. Dieses Modell beinhaltet ebenfalls die Querstollenvortriebe und der Aushub unter der Abfangdecke in Etappen. So konnten die zu erwartenden Setzungen über über alle Bauphasen abgeschätzt werden.



Die Setzungsprognose konnte an Hand systematische Überwachungsmessungen am Südtrakt verifiziert werden. Die Überwachung beinhaltet folgende Messungen:

- 3D-Messungen an der Fassade und Nivellement-Messungen im Gebäude
- Setzungsmessungen mittels Schlauchwaage im Kellergeschoss
- Piezometermessungen zur Überwachung des Grundwassers
- 3D-Konvergenzmessungen im Vortrieb
- Horizontalinklinometer im Rohrschirm

Die gemessenen Daten werden dargestellt und sind über eine Internetplattform jederzeit abrufbar. Gemäss Ereignismanagement sind Aufmerksamkeits-, Alarm- und Interventionswerte in Kraft, bei deren Überschreitung eine Pikettorganisation über Natel alarmiert wird.

3.5 Spezielle Gefährdungsbilder

Um einen Sanduhreffekt zwischen den Rohrschirmen zu verhindern, wurden die Rohrschirme in Etappen von 1 m mit Doppelpacker und einem Druck von 10 bar verpresst. Je nach Lage wurden ebenfalls Feinstzementinjektionen durchgeführt. Diese Injektionen waren trotz einer minimalen Überdeckung von 1,5 bis 3 m notwendig, stellte aber gleichzeitig eine Gefährdung dar. So wurde der Eintritt von Injektionsmaterial bei den Rohrschirminjektionen ins Kellergeschoss des Südtraktes als Gefährdungsbild erkannt. Es wurden vor dem Beginn des Vortriebes Notschalter in den Gängen des Kellergeschosses montiert, welche die Angestellten der RailCity-Betriebe bei einem Eintritt von Injektionsmaterial Schalter betätigen konnten. Der Schalter wurde direkt mit dem Pumpenstandort verbunden, so dass ein sofortiger Stopp möglich war. Die Angestellten der RailCity-Betriebe wurden über die mögliche Gefährdung informiert.



Des Weiteren wird jederzeit mit einem Ausfall der Grundwasserhaltung gerechnet. Ein Anstieg des Grundwassers bei einem Totalausfall könnte ohne weitere Massnahmen zu einer strömungsbedingten fortschreitenden Instabilität der Orstbrust führen (Strömungsdruck, innere Erosion). Es wurden deshalb verschiedene Massnahmen wie z.B. Notstromaggregat oder zusätzliche Pumpleitungen umgesetzt, um die Grundwasserabsenkung konstant zu gewährleisten. Zusätzlich zu diesen Massnahmen an der Grundwasserabsenkung selbst wurden ebenfalls im Vortrieb zusätzliche Sicherungsmassnahmen getroffen. Diese beinhalteten eine Drainagepackung über die gesamte Länge des Stollens unterhalb des Profils, um bei einem allfälligen Grundwasseranstieg und dem gleichzeitigen Versagen der Massnahmen an der

Grundwasserhaltung, das ansteigende Grundwasser so weit möglich ableiten zu können. Ebenfalls werden Sicherungsmassnahmen vor Ort vorgehalten, welche in kurzer Zeit die Orstbrust im Strossenbereich zusätzlich verstärken können (flächige Stützelemente, PU-Injektionen).

3.6 Sicherheitsplan

Im Rahmen der Ausführung wurden nochmals alle möglichen Gefährdungsbilder zusammen mit der Unternehmung in so genannten Sicherheitsplänen festgehalten und allfällige vorzuhaltenden Massnahmen bzw. oder Einrichtungen definiert worden.

Nachfolgend ist ein Auszug des Sicherheitsplans Vortrieb Längsstollen dargestellt. Jede Gefährdung wurde in dieser Art beschrieben und die Regelmassnahmen, die Störfallkriterien und die Massnahmen definiert. Darin wurden auch die vorzuhaltenden Massnahmen festgehalten.

Sicherheitsplan Vortriebe Längsstollen Nr. 3 Überbeanspruchung der Ausbruchsicherung oder Bauhilfsmassnahme			
Gefährdungssituation			
<ul style="list-style-type: none"> - Die Lasten auf der Ausbruchsicherung oder auf eine Bauhilfsmassnahme sind grösser als erwartet - Die Ausbruchsicherung oder eine Bauhilfsmassnahme wird nicht gemäss Vorschriften erstellt (Form, Armierung, Stärke) 			
Regelmassnahmen			
<ul style="list-style-type: none"> - Dimensionierung des Gewölbes und der Bauhilfsmassnahmen mit dem vollen Überlagerungsdruck (Bruch im Boden). - Einsatz von Gitterbögen über den ganzen Profilumfang sichern die vorgegebene Form. 			
Massnahmen zur Gefahrenerkennung			
<ul style="list-style-type: none"> - Überwachung der Setzungen an der Oberfläche - 3D-Verformungsmessungen im Stollen - Ketteninklinometer im Rohrschirm - Optische Kontrolle der Ausbruchsicherung: Risse, Abplatzungen - Aufnahme der Verhältnisse durch den Projektgeologen - Laufende Überprüfung der Annahmen - Laufende optische Kontrolle der verlegten Gitterträger und Armierungsnetze; Kontrolle der Spritzbetonstärke mit Probebohrungen 			
Störfallkriterien			
Die Beanspruchung der Ausbruchsicherung nimmt zu. Die Schale verformt sich und reisst auf.			
Messungen	Aufmerksamkeit	Alarm	Intervention
Konvergenz relativ (3D-Messungen)	> 10 mm	> 14 mm	> 20 mm
Verformungen Rohrschirm bei Ortsbrust (Ketteninklinometer)	> 5 mm	> 7 mm	> 10 mm
Risse (BL, Rissmassstab)	> 1 mm	> 3 mm	> 5 mm
Sondermassnahmen			
Sofortmassnahmen durch die ATW (Material vorhalten)			
<ul style="list-style-type: none"> - Abstützung des Gewölbes mit Spriessen (Holz oder Stahl) gemäss Anhang 			
Weitergehende Massnahmen (mit ATW vorbesprochen und Planung durch IG ZALO vorbereitet)			
<ul style="list-style-type: none"> - Verstärkung der Gitterträger und der Armierung - Verstärkung Rohrschirm (Durchmesser, Wandstärke) - Verstärkung der langen Brustanker (Zusätzliche, anderer Typ) - Verstärkung der Spritzbetonschale (grössere Stärke, höhere Druckfestigkeit) 			

3.7

3.8 Erkenntnisse aus dem Vortrieb

Der Vortrieb der beiden Längsstollen konnte unter den vorhandenen Randbedingungen Mitte November erfolgreich abgeschlossen werden.

Während der Vortriebsarbeiten mussten diverse Hindernisse überbrückt werden. Über die gesamte Länge wurden bestehende Anker aus dem Bau der SZU und des ShopVilles angefahren. Diese mussten im Vortrieb ausgebaut werden.



Ein setzungsarmer Vortrieb war wie beschrieben zwingend notwendig. Dies konnte mit den oben beschriebenen Massnahmen erfolgreich ausgeführt werden. Die Setzungen des Gebäudes, dessen Fundamenten teilweise weniger als 1.0 m über dem First liegen, blieben mit ca. 4-5 mm aus dem Vortrieb minimal. Die Deformationen am Gebäude konnten anhand der Schlauchwaagen überwacht werden. Durch die erwähnten Setzungen sind im Untergeschoss des Südtrakts kleinere Schäden wie einige Risse und abgelöste Bodenbeläge festgestellt worden.

Das Gefährdungsbild eines Injektionseintritts wurde wie oben beschrieben erkannt und Massnahmen umgesetzt. Trotz dieser Erkenntnis ergaben sich bei der 5. Etappe im Längsstollen Süd unbemerkt Injektionseintritte in das Kabeltrasse des Kellergeschosses. Die Injektionen führten eventuell über alte und undichte Elektrokabel direkt in den Kabelschacht. Der Betrieb von RailCity konnte trotz dieser Injektionseintritte ohne Behinderung weitergeführt werden.



4 PASSAGE BAHNHOFSTRASSE

In der Mitte der Längsstollen wurde die Passage Bahnhofstrasse unterquert. Diese Passage liegt unterhalb des Kellergeschosses des Südtraktes und somit im Profil des Längsstollens. Die Passage ist für den Betrieb des Bahnhofs sehr wichtig und eine Sperrung über längere Zeit kam nicht in Frage.



Die Passage wurde beim Bau des ShopVilles in Unterfangungsmethode gebaut. Dazu wurden verschiedene Mikro- und Presspfähle in diesem Bereich abgetieft. Ebenfalls liegt oberhalb der Passage die Dachkuppel des Südtraktes auf Seite der Bahnhofstrasse. Diese Kuppelaufbauten ergeben hohe Einzellasten. Die Querung der Passage und die Lage des gesamten Abschnittes wurden deshalb auf diese Randbedingungen abgestimmt.

Die Höhenverhältnisse erlauben einen Vortrieb unterhalb der Bodenplatte der Passage. Die Bodenplatte wurde in kurzen Etappen mit Spritzbeton und einer Vernagelung unterfangen. Die vorhandenen Mikro- und Presspfähle im Vortriebsbereich mussten schonend abgebrochen werden.

Um ein Ausknicken der bestehenden Presspfähle während dem Vortrieb der Stollen zu verhindern, wurde vorgängig der Passagebereich mit Injektionen verfestigt. Diese Injektionen konnten im Bereich der seitlich der Passage angeordneten Ladenflächen ausgeführt werden. Weitere Vorbereitungsarbeiten wie Abfangungen von Stützenlasten wurden ebenfalls in diesen Räumen durchgeführt.

Für den Bau der Schlitzwände sind die Platzverhältnisse unterhalb der bestehenden Bodenplatte nicht ausreichend. Die Bodenplatte der Passage musste in kurzen Nachtsperrungen abgebrochen und durch Hilfsbrücken ersetzt werden. Für den Bau der Schlitzwände werden die Hilfsbrücken während einer kurzen Totalsperrung der Passage herausgehoben.

Für den Endzustand ist die Passage wieder herzustellen.



5 AUSBLICK 2010

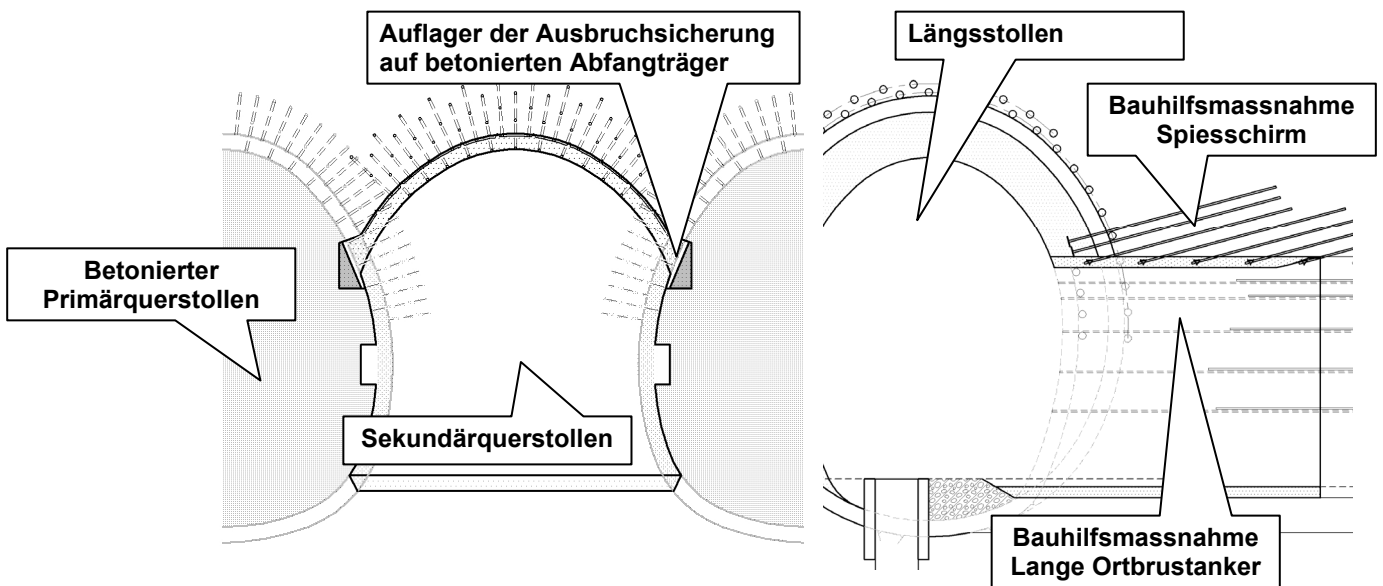
5.1 Schlitzwände

Für den Bau der Schlitzwände werden zwei Logistikquerstollen aufgefahren. Die Logistikquerstollen besitzen die analoge Sicherung und Grösse wie die weiteren 27 Querstollen, welche nach den Schlitzwandarbeiten aufgefahren werden.

Anschliessend stehen ab Januar 2010 die Schlitzwandarbeiten aus den Längsstollen an. Diese haben eine Länge von bis zu 24m und sind in den obersten 18m bewehrt. Erst nach dem Erstellen der Schlitzwände werden die weiteren Querstollen ausgebrochen und ausbetoniert bzw. vorgespannt.

5.2 Vortriebskonzept Querstollen

Die Querstollen werden mit der vorausseilenden Bauhilfsmassnahme Spiessschirm und langen Ortbrustanker vorangetrieben. Der Spiessschirm liegt auf den Gitterträgern, welche alle 1 m versetzt sind auf. Die Ausbruchsicherung besteht aus Spritzbeton und Netzen. Der Vortrieb der Querstollen und das Betonieren der zum Teil vorgespannten Abfangträger erfolgt im Pilgerschrittverfahren. Die Ausbruchsicherung der Sekundärquerstollen stützt sich dabei auf dem betonierten Primärquerstollen auf.



Daten zum Vortrieb Querstollen:

- 29 Stk. Länge zwischen 10 und 25 m
- Fläche ca. 18 m²
- 10-22 Spiesse pro Meter
- Bis 19 injizierten Selbstbohranker in der Ortbrust, Länge 10 m, Überlappung 5 m
- Sofortsicherung mit ofentrockenem Spritzbeton
- Ausbruchsicherung total 20 cm Spritzbeton
- 2 Lagen Bewehrungsnetze (bis 10/10/150/150)
- 3-Gurt-Gitterträger alle 1 m

Im Bereich der Passage werden die Querstollen mittels umfangreichen Stahlkonstruktionen im Vortrieb abgefangen.

Auch diese Arbeiten stellen höchste Ansprüche an die Vortriebsmannschaft und haben die hohen Anforderungen bezüglich Setzungen und Gefährdungen analog der Längsstollen.

Autoren

Nicolas Hessler, Projektleiter Unterfahung Südtrakt, dipl. Bauing. ETH Pöry Infra AG, Zürich

Lukas Grieder, Stv. Projektleiter Unterfahung Südtrakt, dipl. Bauing. ETH/SIA Pöry Infra AG, Zürich

Am Projekt Beteiligte:

Bauherr:

SBB AG und Kanton Zürich, vertreten durch SBB AG Infrastruktur Projektmanagement Durchmesserlinie

Projekt und Bauleitung Bahnhof Löwenstrasse und Weinbergtunnel:

Ingenieurgemeinschaft Zalo: Basler & Hofmann AG, Pöry Infra AG, SNZ Ingenieure und Planer AG

Bauunternehmung Weinbergtunnel:

ARGE Tunnel Weinberg: Implenia Bau AG, Wayss & Freytag Ingbau AG, Bilfinger Berger AG, PraderLosinger AG