

Bahnprojekt Stuttgart-Ulm: Unterfahrung der Bruckwiesenwegbrücke und der DB-Strecke nach Ulm mit den Tunneln nach Obertürkheim

M.Eng. André Reinhardt LL.M
Dr.-Ing. Martin Wittke

Zusammenfassung

Die Vortriebe für die ca. 50 km Tunnel, die für das Bahnprojekt Stuttgart-Ulm im Stadtgebiet von Stuttgart gebaut werden, sind mittlerweile bis auf ca. 2 x 375 m abgeschlossen. Diese 2 x 375 m liegen im Bereich von Obertürkheim. Mit den Tunneln werden in diesem Abschnitt in einer komplexen Geologie und bei geringen Überdeckungen die DB Strecke Stuttgart - München (Hauptabfuhrstrecke (HAS) Stuttgart - Ulm), die S-Bahn der DB AG, die Bruckwiesenwegbrücke, die Hafenbahn und zahlreiche Versorgungsleitungen unterfahren. Im Beitrag werden die Planungen und der Stand der Ausführung im Juni 2021 vorgestellt.

1. Überblick Tunnel Stuttgart

Für das Bahnprojekt Stuttgart - Ulm werden im Stadtgebiet von Stuttgart u. a. ein neuer Hauptbahnhof (PFA 1.1), die Tunnel nach Feuerbach und Bad Cannstatt (PFA 1.5), der Fildertunnel (PFA 1.2) - mit ca. 2 x 10 km längste Tunnel des Projekts - sowie die Tunnel nach Ober- und Untertürkheim (PFA 1.6a) gebaut (Bild 1). Für den Regionalverkehr wird darüber hinaus eine zusätzliche S-Bahn-Strecke inkl. einer Haltestelle (Haltestelle Mitnachtsstraße) errichtet.

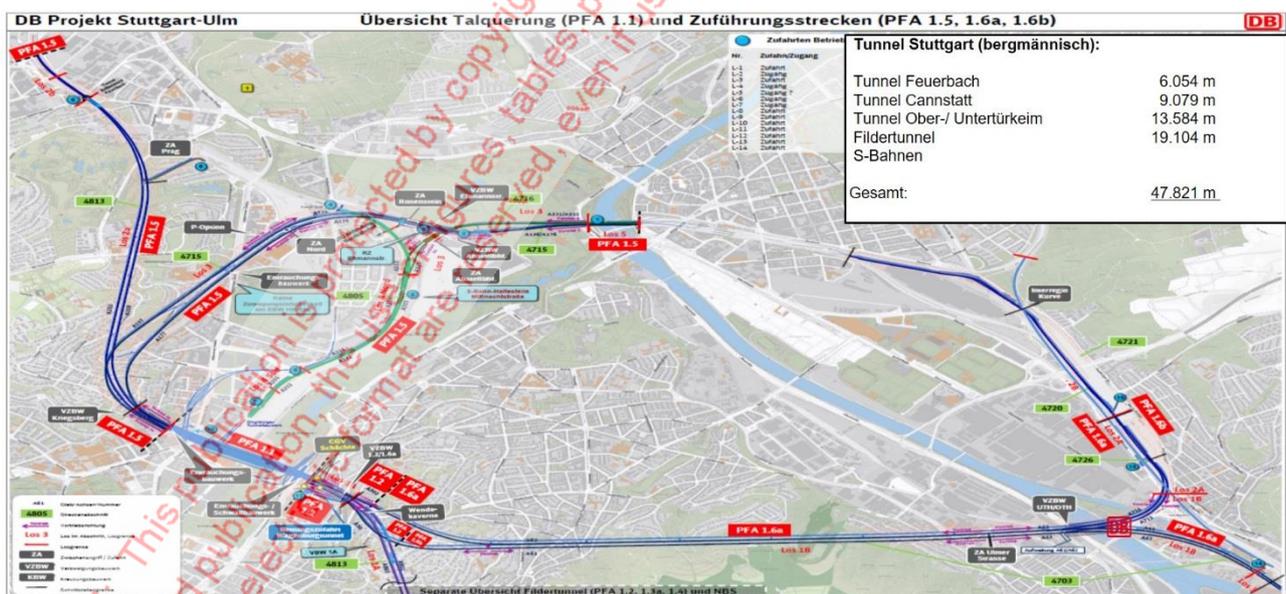


Bild 1: Überblick Tunnel Stuttgart (Fildertunnel, Tunnel Feuerbach, Tunnel Cannstatt, Tunnel Ober-/Untertürkheim, S-Bahnen)

Die in diesem Beitrag behandelten Tunnel nach Ober- und Untertürkheim besitzen eine Länge von ca. 2 x 6,5 km. Sie zweigen unter dem Kernerviertel vom Fildertunnel ab und

verlaufen dann in Richtung Osten bis ins Neckartal (Bilder 1 und 2). Unterhalb des westlichen Neckarufers teilen sich die Tunnelröhren in die Röhren nach Untertürkheim und Obertürkheim auf, so dass der Neckar mit insgesamt vier Röhren unterfahren wurde.

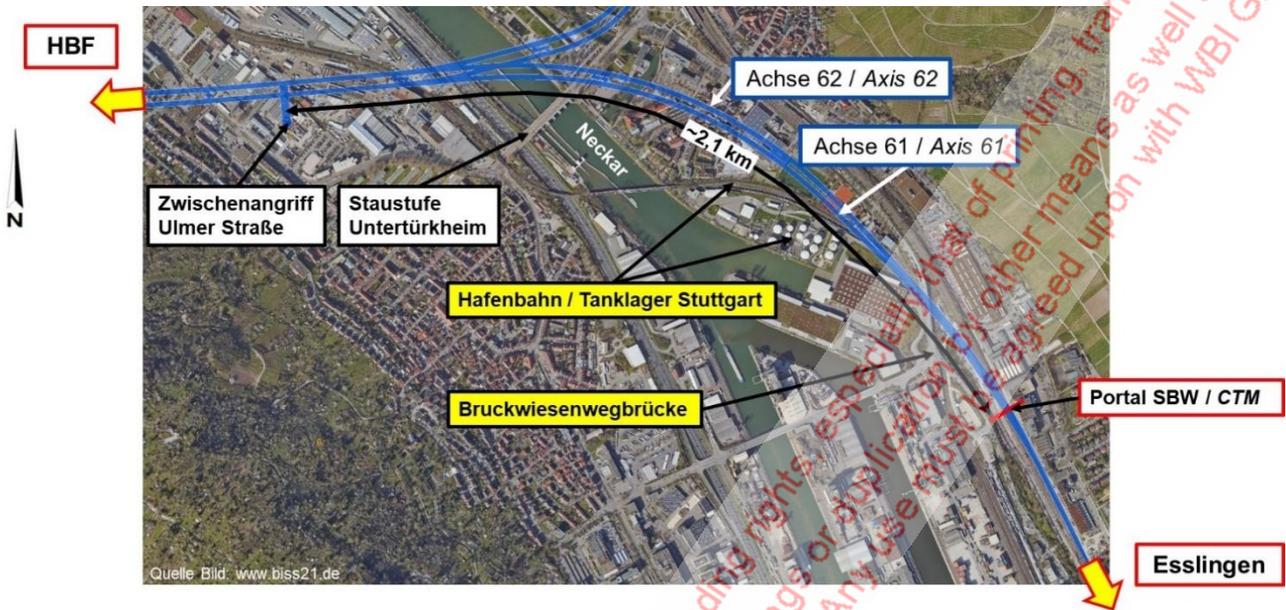


Bild 2: Tunnel nach Obertürkheim im Neckartal - Überblick

Sowohl die Vortriebe als auch die Innenschalenarbeiten für die Tunnel nach Ober- und Untertürkheim wurden bzw. werden nahezu ausschließlich über den ca. 40 m tiefen Schacht des Zwischenangriffs Ulmer Straße angedient. Die Tunnelvortriebe sind, mit Ausnahme der im Rahmen des vorliegenden Beitrags betrachteten 2 x 370 m langen Strecke des Tunnels nach Obertürkheim (Bilder 3 bis 5), abgeschlossen. Die Innenschalen und auch das Trogbauwerk des Tunnels nach Untertürkheim sind fertiggestellt. Auch der Bau der Innenschale im Abschnitt vom Zwischenangriff in Richtung Hauptbahnhof ist in weiten Teilen abgeschlossen.

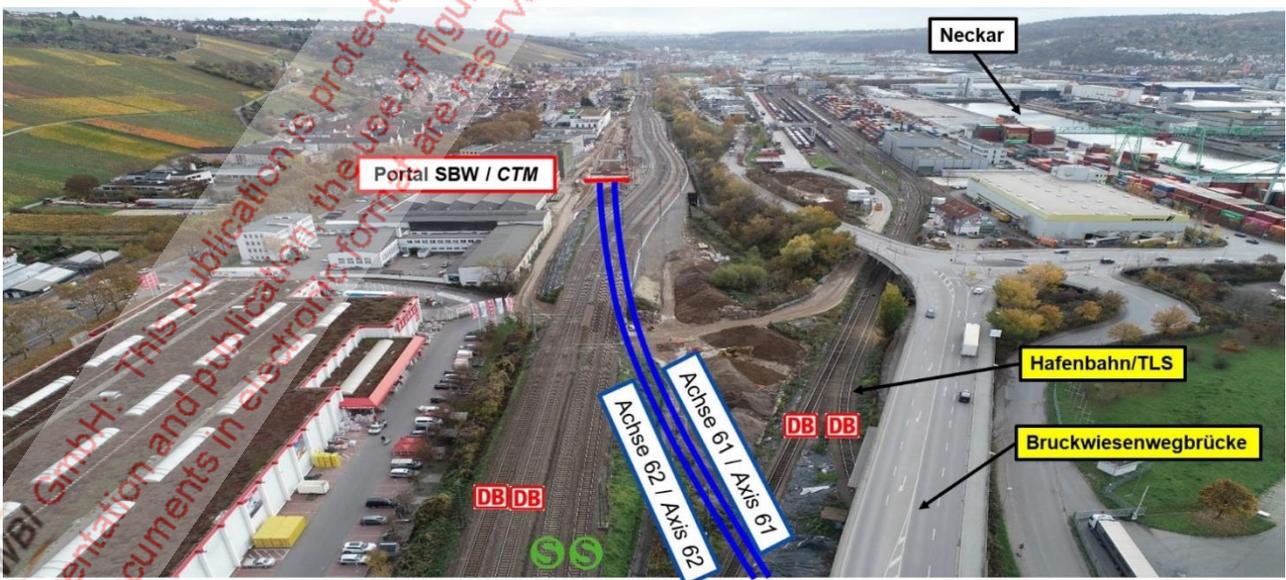


Bild 3: Unterfahrung der Bahnstrecken und Offene Bauweise

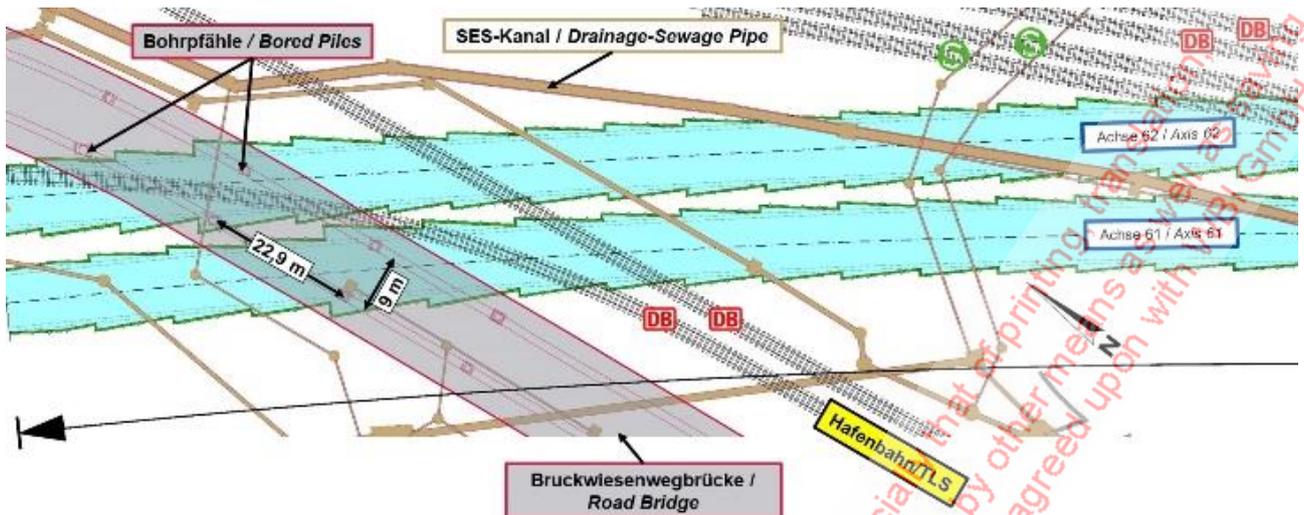


Bild 4: Unterfahrung Bruckwiesenwegbrücke und DB-Strecke, Lageplan, Teil Nord

Die letzten 2 x ~370 m der Tunnel nach Obertürkheim werden von Süden aus der Offenen Bauweise Obertürkheim heraus aufgeföhren (Bild 3). Die beiden 1-gleisigen Röhren, die hier nur einen sehr geringen Abstand besitzen, unterqueren zunächst in einem schleifenden Schnitt die Fernbahngleise der DB-Strecke Stuttgart - München und im Anschluss zwei Gleise der S-Bahn Stuttgart (Bild 4). Danach werden verschiedene Leitungen u. a. Kanäle der Stuttgarter Stadtentwässerung unterquert, ehe die Vortriebe die Gleise der Hafenbahn bzw. das TLS-Gleis und die Bruckwiesenwegbrücke kreuzen (Bilder 4 und 5).

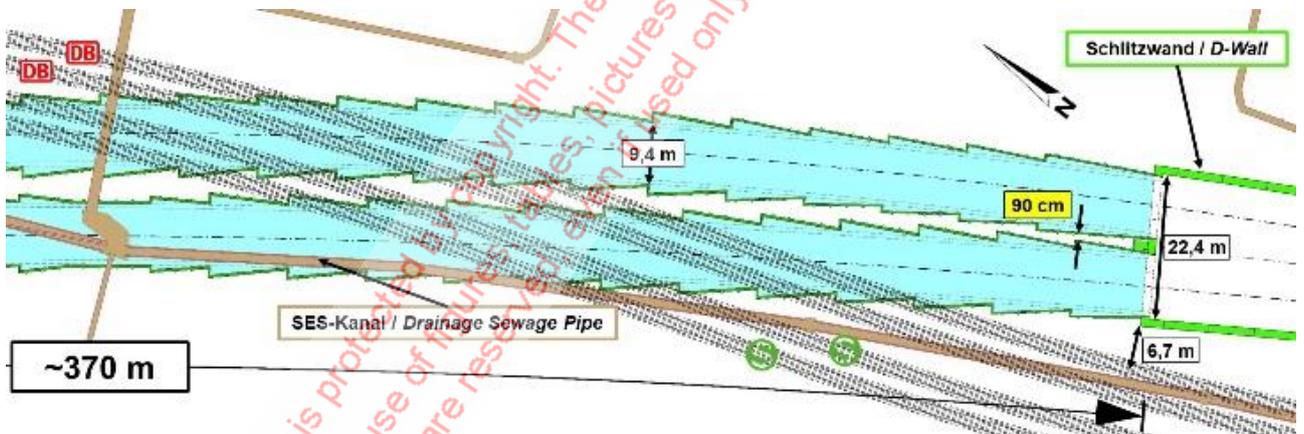


Bild 5: Unterfahrung Bruckwiesenwegbrücke und DB-Strecke, Lageplan, Teil Süd

2. Baugrund- und Grundwasserverhältnisse

Die Tunnel liegen in dem hier betrachteten Abschnitt überwiegend in den Schichten des ausgelaugten Gipskeupers (Bilder 6 und 7). Im Anschluss an die Baugrube der offenen Bauweise stehen in der oberen Querschnittshälfte Neckarkies und Auffüllungen des Bahndamms bzw. Auelehne an. Der im Neckartal anhydritfreie unausgelaugte Gipskeuper liegt generell unterhalb der Tunnelsohle. Am nördlichen Ende des betrachteten Abschnitts schneidet die Tunnelsohle in den unausgelaugten Gipskeuper ein. Der Grundwasserspiegel liegt in Höhe des Neckarspiegels im Neckarkies.

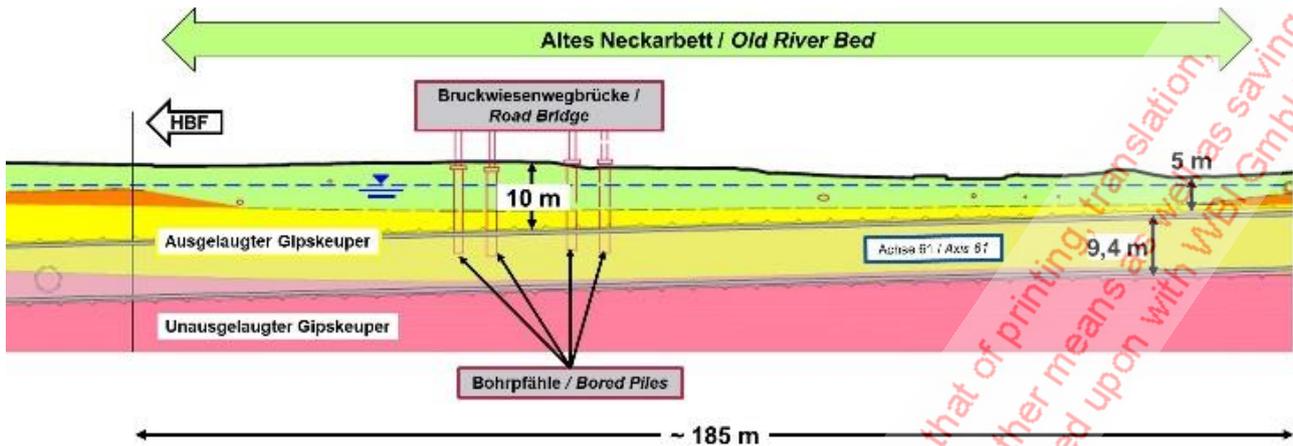


Bild 6: Geologisch/Geotechnischer Längs-schnitt, Achse 61, Teil Nord

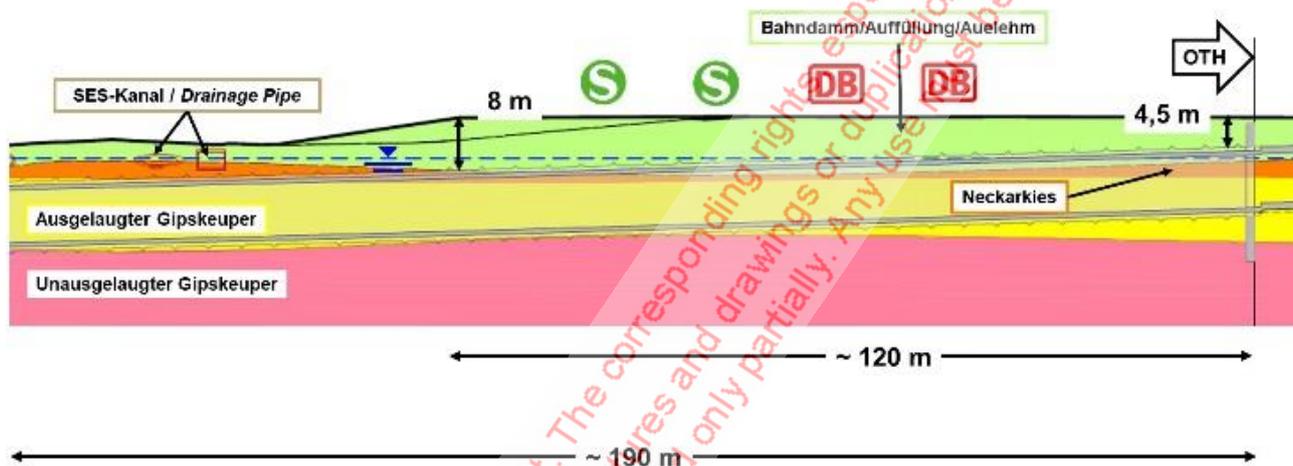


Bild 7: Geologisch/Geotechnischer Längs-schnitt, Achse 61, Teil Süd

Die Überdeckung der Tunnelröhre nimmt im Bereich der Bahnunterführung von ca. 4,5 m auf ca. 8 m zu (Bild 7). Im Anschluss beträgt der Abstand zwischen der Tunnelfirste und der Geländeoberfläche zwischen 5 m und ca. 10 m (Bild 6).

3. Unterführung der DB-Strecken und der S-Bahn

Die bergmännischen Vortriebe werden aus der Baugrube für die Offene Bauweise im Los 3 heraus hergestellt. Die Baugrubenumschließung wurde durch 160 Schlitzwandlamellen mit Dicken von 80 cm bis 1,2 m ausgeführt. Insgesamt wurden 200 m Schlitzwand mit Tiefen bis 22 m hergestellt (Bild 8). Sowohl die Standsicherheit des suspensionsgestützten Schlitzes als auch die Standsicherheit der Anschlagwand und der angrenzenden Schlitzwandbereiche wurden mit Hilfe von 3D-FE-Berechnungen, unter Berücksichtigung der Lasten aus der unmittelbar neben der Schlitzwand verlaufenden DB-Strecke, untersucht. Um eine bessere Lastabtragung zu ermöglichen und eine zweite Steifenlage zu vermeiden, wurden die Ecklamellen monolithisch in einem Schlitz hergestellt. Weiterhin wurde zwischen den beiden Tunnelröhren, aufgrund der geringen Dicke des Gebirgspfeilers, eine T-Lamelle hergestellt.

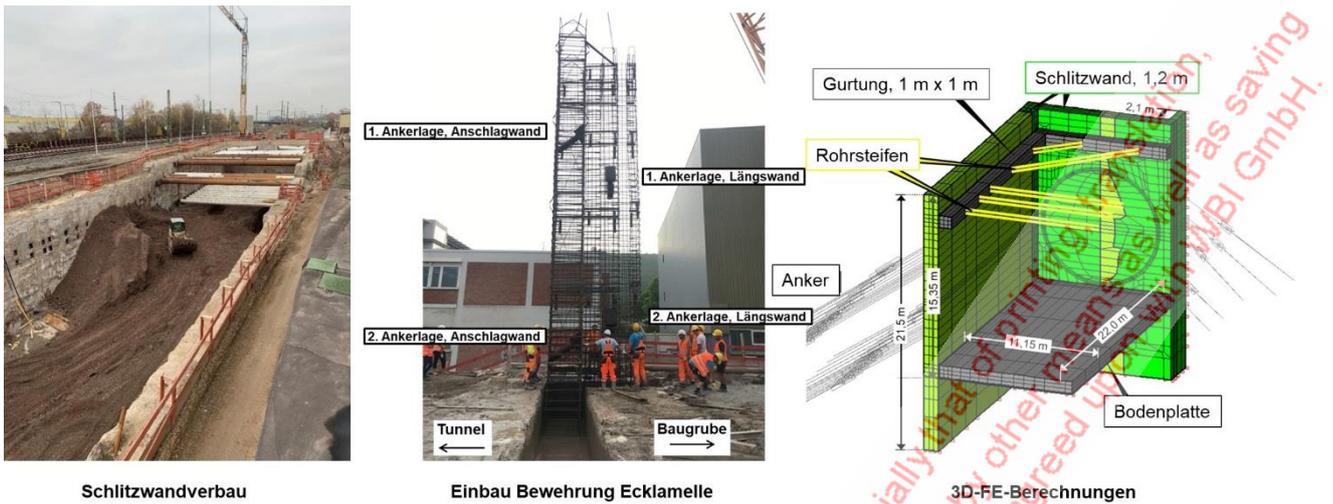


Bild 8: Offene Bauweise, Schlitzwandherstellung

Die Vortriebe unter den Gleisen der Fern- und S-Bahn werden im Schutze eines doppelten Rohrschirms im Vollausbuch mit abgetreppter Ortsbrust ausgeführt (Bild 9). Die Ortsbrust wird durch 12 m lange Ortsbrustanker und Spritzbeton gesichert. Der Grundwasserspiegel wird über vorausseilende Vakuumplanzen bzw. Tubespiles abgesenkt. Die Abschlaglängen sind mit ≤ 1 m vorgesehen. Der Ringschluss der 40 cm dicken Spritzbetonschale erfolgt zur Begrenzung der Senkungen spätestens nach 3 m.

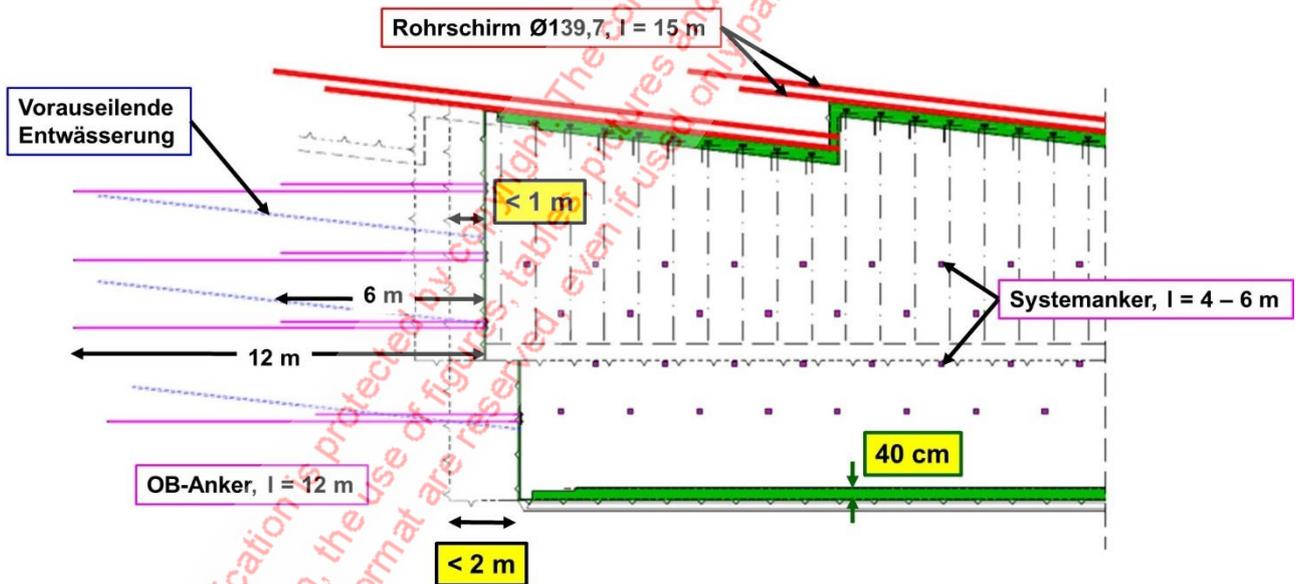


Bild 9: Vortrieb 1. Röhre

Die Systemankering wird auf der Pfeilerseite im Zuge des Vortriebs der zweiten Röhre gekontert. Aufgrund der geringen Pfeilerdicke muss die Rohrschirmnische in der ersten Röhre bereits vor dem Vortrieb der 2. Röhre teilweise mit Spritzbeton verfüllt werden (Bilder 9 und 10). Die Vortriebsleistung wurde für beide Röhren auf ca. 1 m pro Tag geschätzt.

Die Vortriebsarbeiten unter den Gleisen werden durch ein Gleismonitoring nach dem aktuellen Stand der Technik überwacht (Bild 11). Demnach sind automatisiert Tachymetermessungen mit einem Abstand der Messspiegel von 3 m vorgesehen.

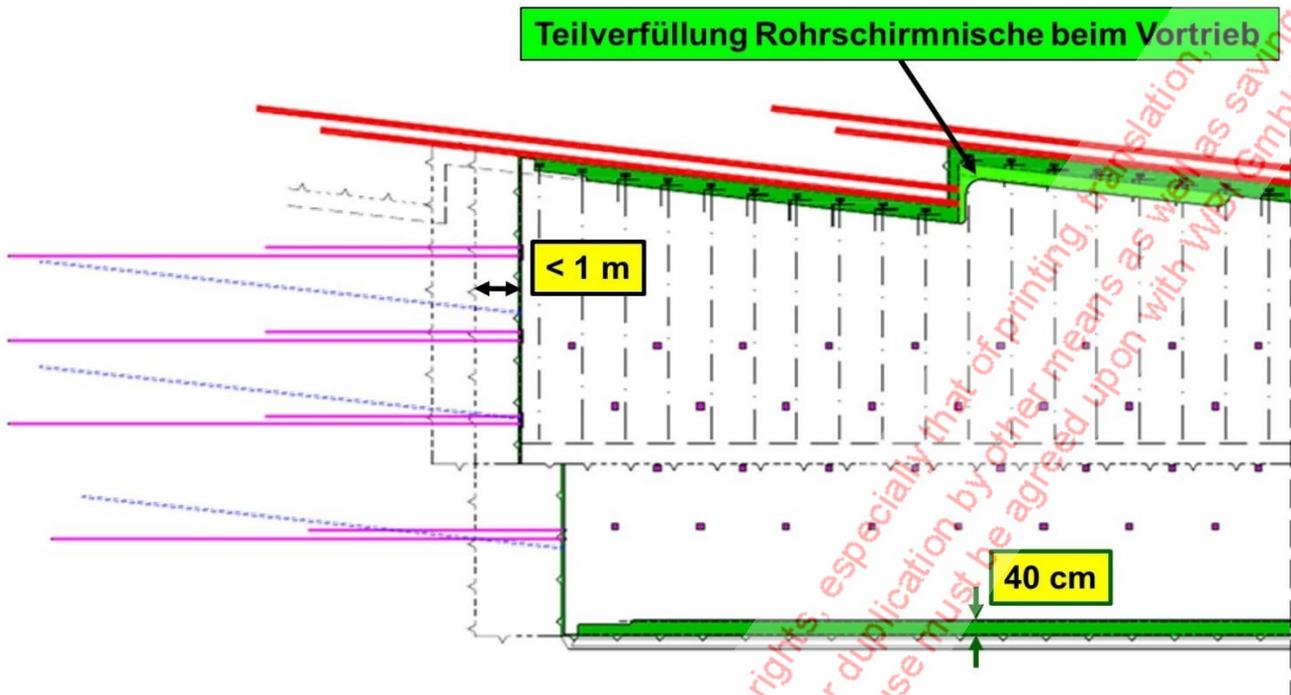
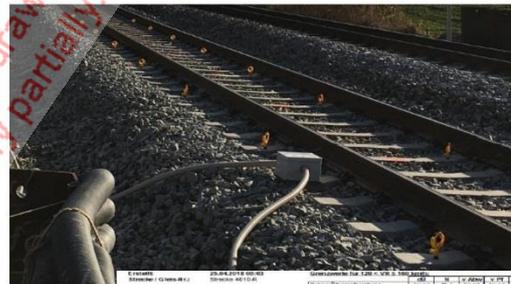
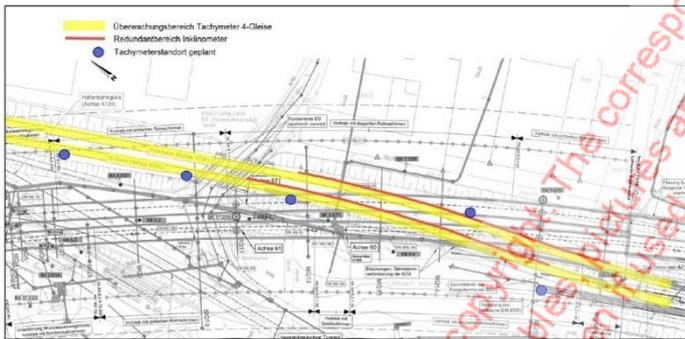


Bild 10: Teilverfüllung Rohrschirmnische Röhre 1 für Vortrieb Röhre 2



Gleismonitoring Unterfahrung Fernbahn- und S-Bahn-gleise:

- Automatisierte Tachymeter-Messungen, Messspiegelabstand 3 m
- Redundante Inclinometermessungen
- Regelauswertungsintervall 1 h, Online-Dokumentation
- Abgestimmter Melde- und Maßnahmenplan
- ständige Stopfbereitschaft (Stopfmaschine)

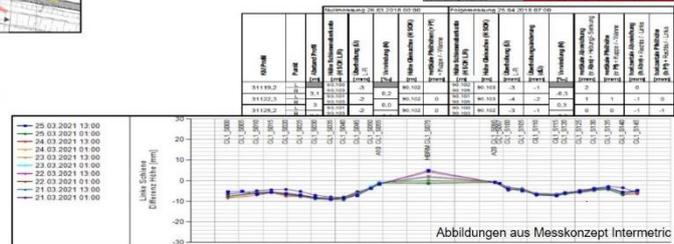


Bild 11: Unterfahrung Hauptabfuhrstrecke (HAS) / S-Bahn - Gleismonitoring -

Darüber hinaus wird ein redundantes Inclinometermesssystem im Trassenbereich installiert. Das Auswertintervall der Messungen ist mit < 1 h vorgesehen und die Messdaten können unmittelbar online abgerufen und interpretiert werden. In Abstimmung mit den Institutionen der DB wurden Warn- und Alarmwerte inkl. eines Melde- und Maßnahmenplans abgestimmt. Es ist eine ständige Stopfbereitschaft (Bereitschaftszug) vorgesehen, so dass bei Annäherung an die Warn- und Alarmwerte die Gleislage wiederhergestellt werden kann.

4. Unterfahrung SES-Kanal

Am Ende bzw. im Anschluss an die Unterfahrung der Gleisanlagen werden in Richtung Bruckwiesenwegbrücke mehrere Versorgungsleitungen unterfahren, u. a. die Hauptgasleitung zum Rodenberg, die Hauptleitung der Bodenseewasserversorgung und Hauptsammler der Stadtentwässerung für Obertürkheim. Beispielhaft wird hier auf die Unterfahrung eines Abwasserkanals der Stuttgarter Stadtentwässerung (SES) eingegangen (Bilder 12 und 13).

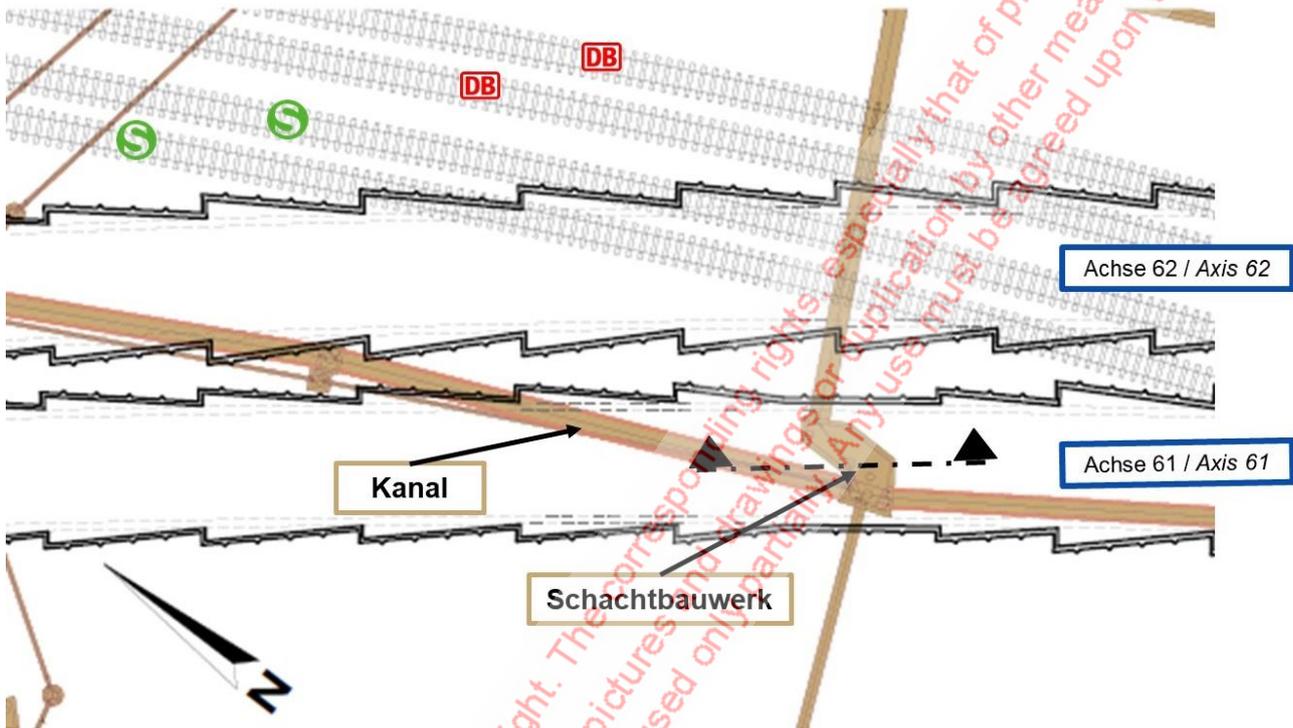


Bild 12: Unterfahrung SES Kanal, Lageplan, Ausblick

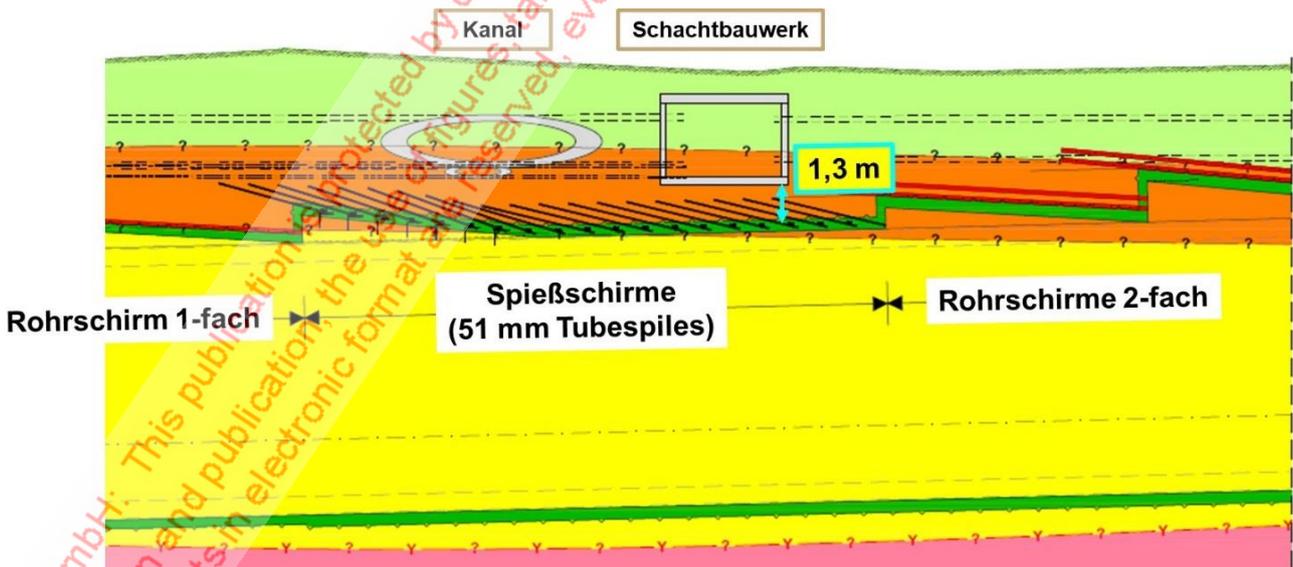


Bild 13: Unterfahrung SES Kanal, Schnitt, Ausblick

Der Kanal und ein zugehöriges Schachtbauwerk liegen min. ca. 1,3 m über der Firste der Tunnelröhre der Achse 61. Aufgrund der geringen Überdeckung kann der Vortrieb nicht im Schutze eines Rohrschirms ausgeführt werden. Es ist vorgesehen, den Schacht und den Kanal im Schutze eines schweren Spießschirms ($\varnothing 51$ mm Tube-Spiles) zu unterfahren. Auch in diesem Bereich ist ein umfangreiches Monitoring vorgesehen.

5. Unterfahrung der Bruckwiesenwegbrücke

Die in den 1970er Jahren gebaute Bruckwiesenwegbrücke ist eine Straßenbrücke der Landeshauptstadt Stuttgart. Die einzelnen Brückenpfeiler sind auf Großbohrpfählen gegründet, die ihre Lasten im ausgelaugten Gipskeuper abtragen (Bilder 14 und 15). Nach den vorliegenden Bestandsunterlagen bzw. den statischen Berechnungen der Brücke ist die Brücke nur für sehr geringe Setzungen und Längsverschiebungen ausgelegt.

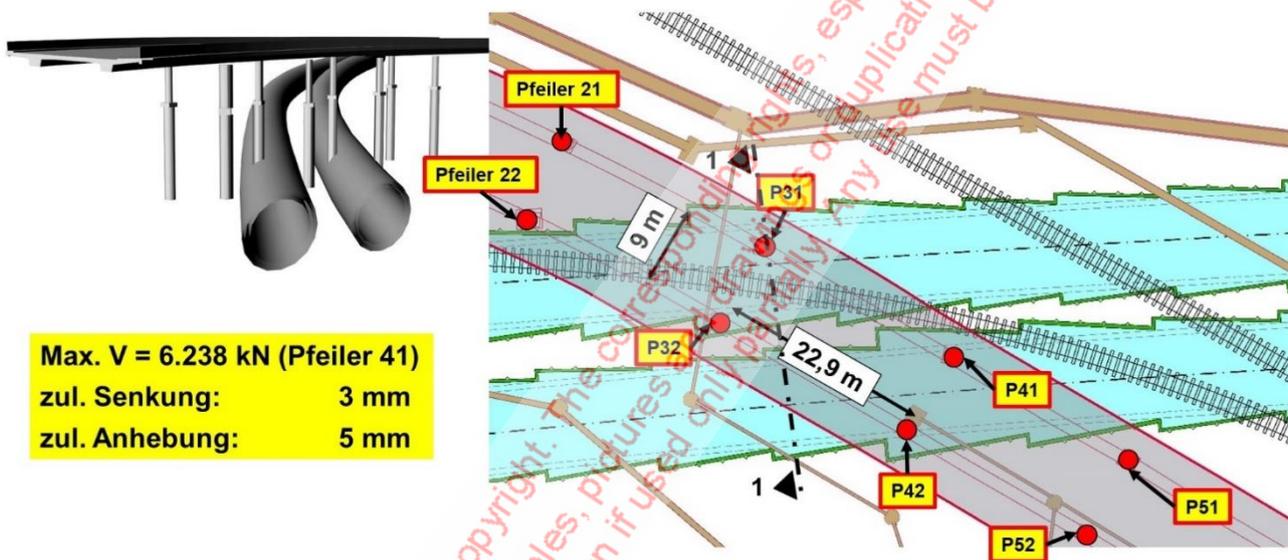


Bild 14: Bruckwiesenwegbrücke

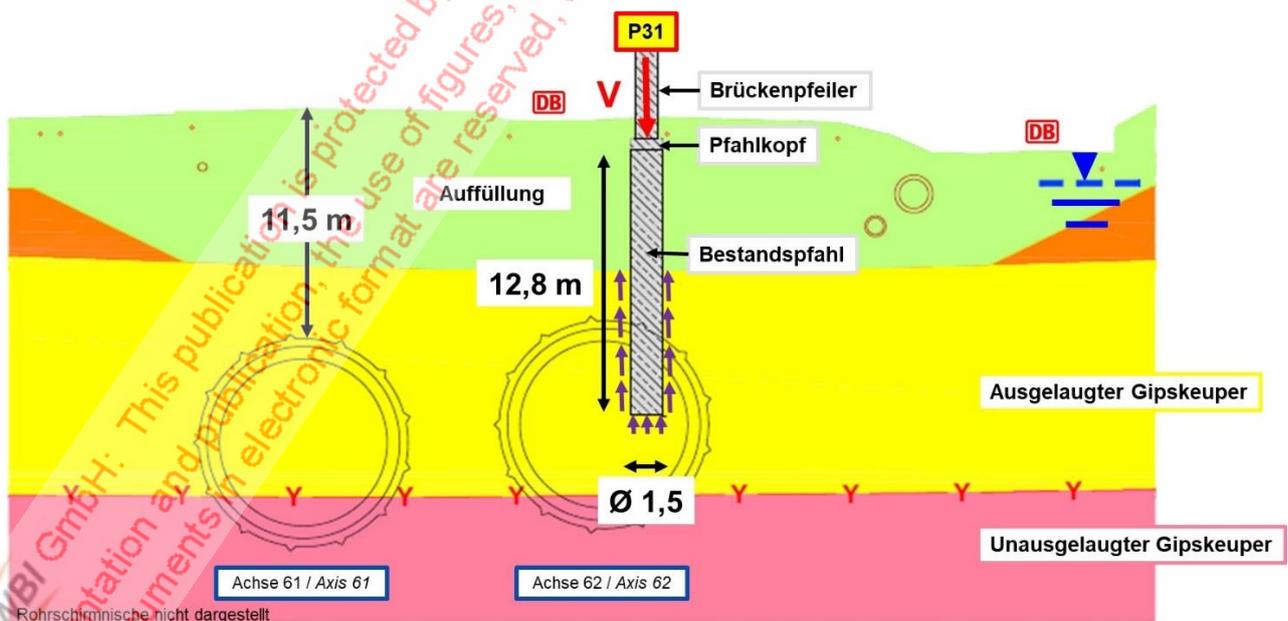


Bild 15: Bruckwiesenwegbrücke, Schnitt 1-1

Wie in Bild 14 zu erkennen, liegen 4 der Gründungspfähle innerhalb der Querschnitte der Tunnel nach Obertürkheim (Pfeiler P31, P32, P41 und P42). Diese Gründungspfähle der Brücke müssen für die Tunnelvortriebe abgefangen werden.

Im Zuge der Planung wurden hierfür mehrere Varianten untersucht. U. a. wurde eine Abfangung durch aus dem Tunnel heraus hergestellte DSV-Säulen eingehend betrachtet. Unter Berücksichtigung der Bauzeit, der Baukosten und der Risiken wurde schließlich entschieden, die Brückenpfeiler P31, P32, P41 und P42 jeweils über zwei seitlich angeordnete Hilfspfähle, die im unausgelaugten Gipskeuper unterhalb der Tunnelsohle abgesetzt werden (Pfahtiefen ca. 24 m), abzufangen (Bilder 16 und 17).

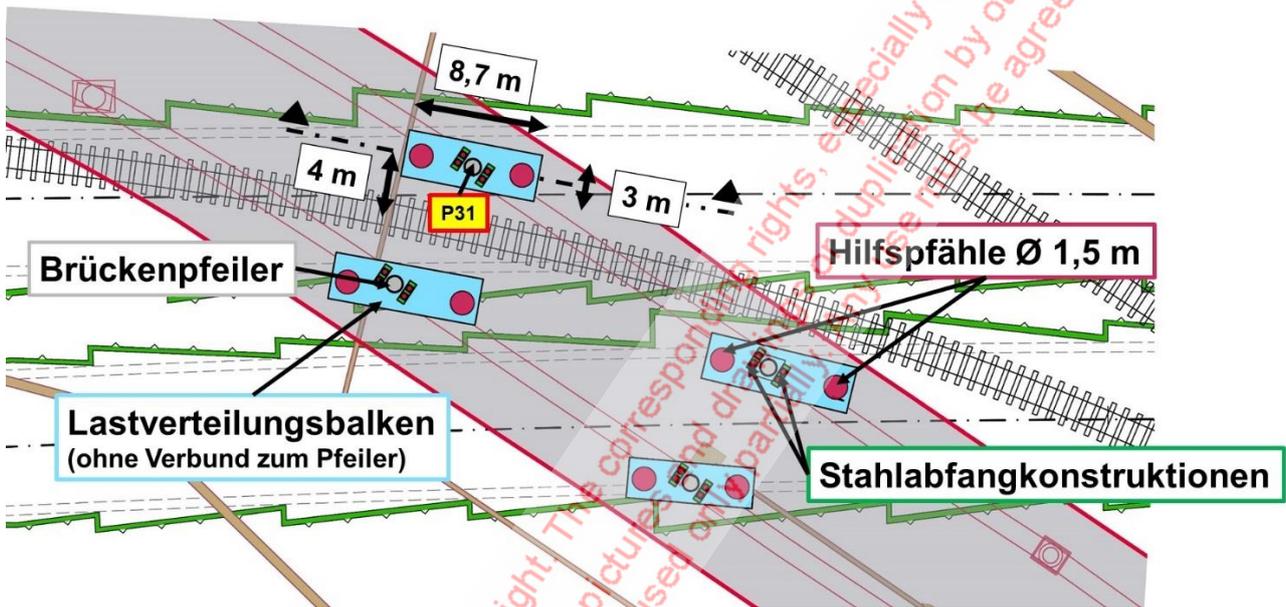


Bild 16: Anordnung Hilfspfähle und Lastverteilungsbalken, Draufsicht

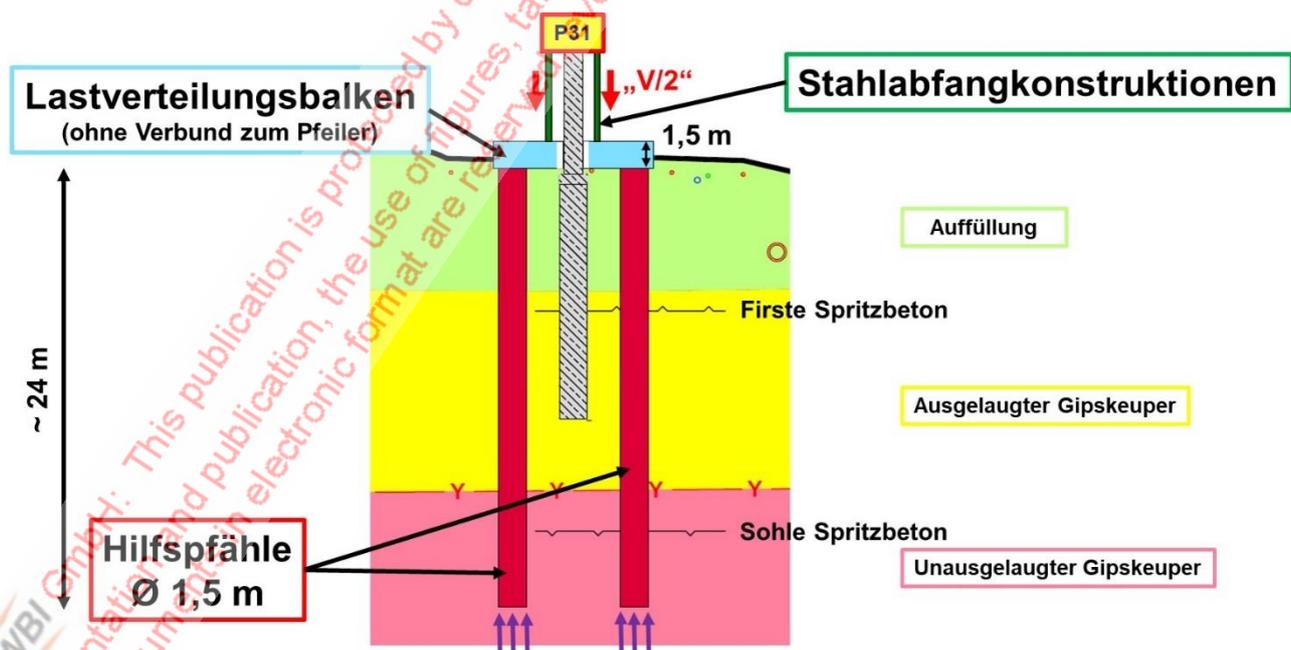


Bild 17: Abfangung über Hilfspfähle, Prinzip

Die Lage der Hilfspfähle und der zugehörigen Kopfbalken wurde unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse (TLS-Gleis, Lage im Tunnel und verfügbare Arbeitshöhe) festgelegt (Bild 18). Um die erforderliche Arbeitshöhe für die Herstellung der Großbohrpfähle zu erreichen, wurden beidseits des TLS-Gleises Voraushübe getätigt. Das Gleis wurde dazu durch eine Spundwandkonstruktion abgefangen.

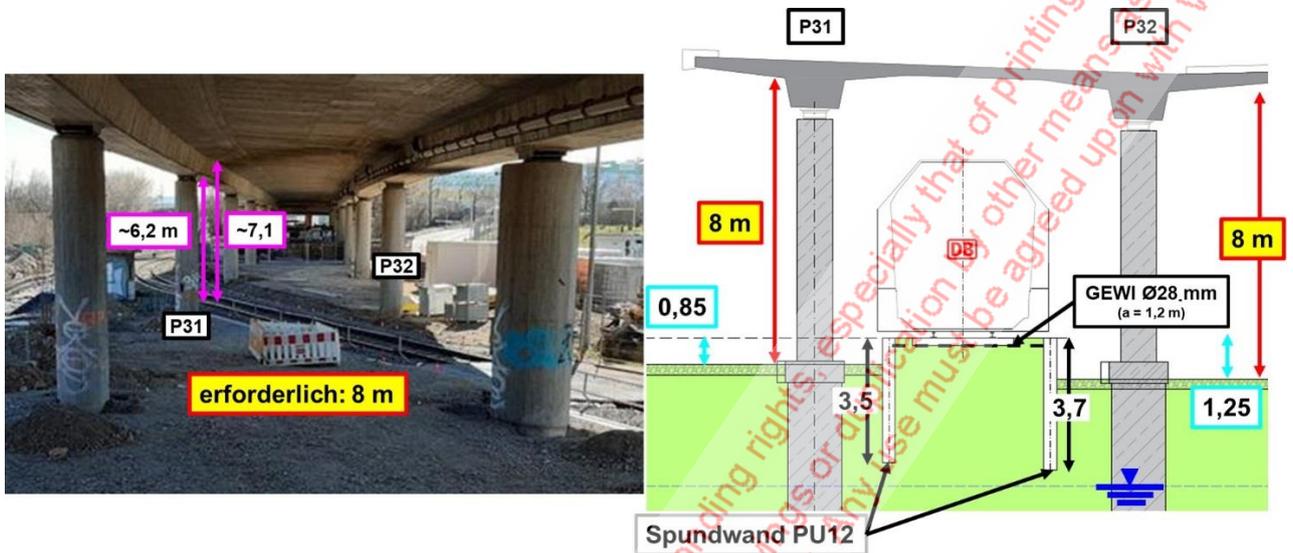


Bild 18: Baugrube zur Gewährleistung der Arbeitshöhe

Im Sinne der Risikovorsorge wird die Brücke während der Herstellung der Hilfspfähle temporär auf Hilfsstützen gelagert, die auf den bestehenden Pfahlkopf abgestützt werden (Bild 19). Zwischen den Hilfsstützen und dem Überbau sind Pressen mit einem Hubweg von 200 mm zum Ausgleich von etwaigen Senkungen geplant.

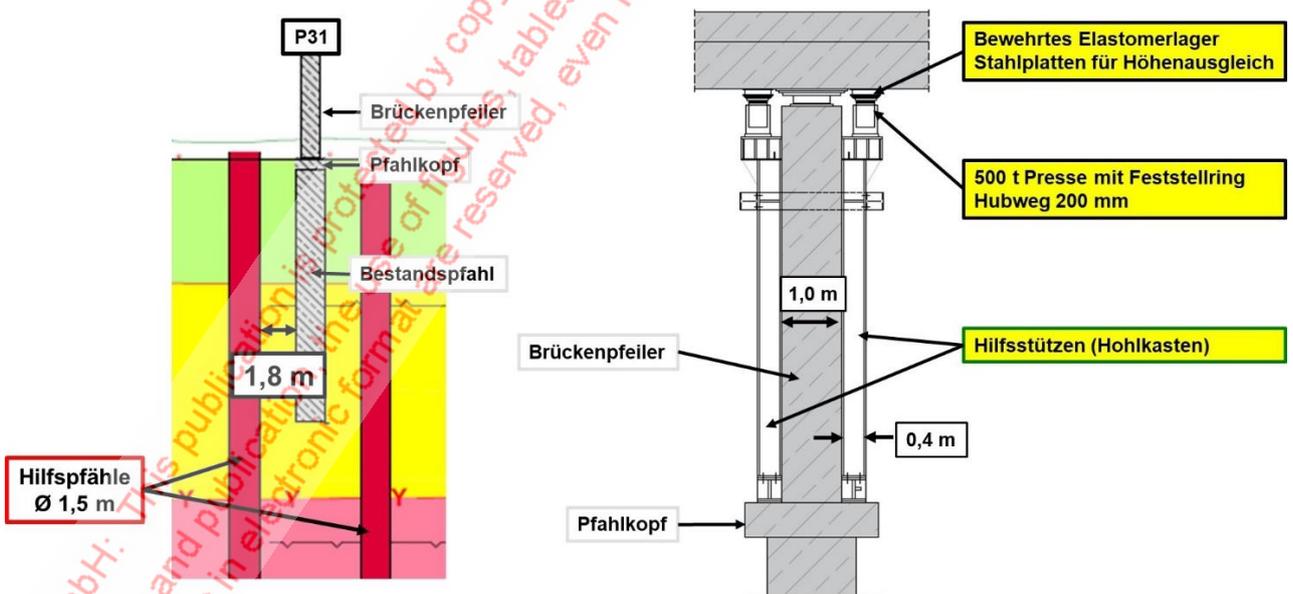
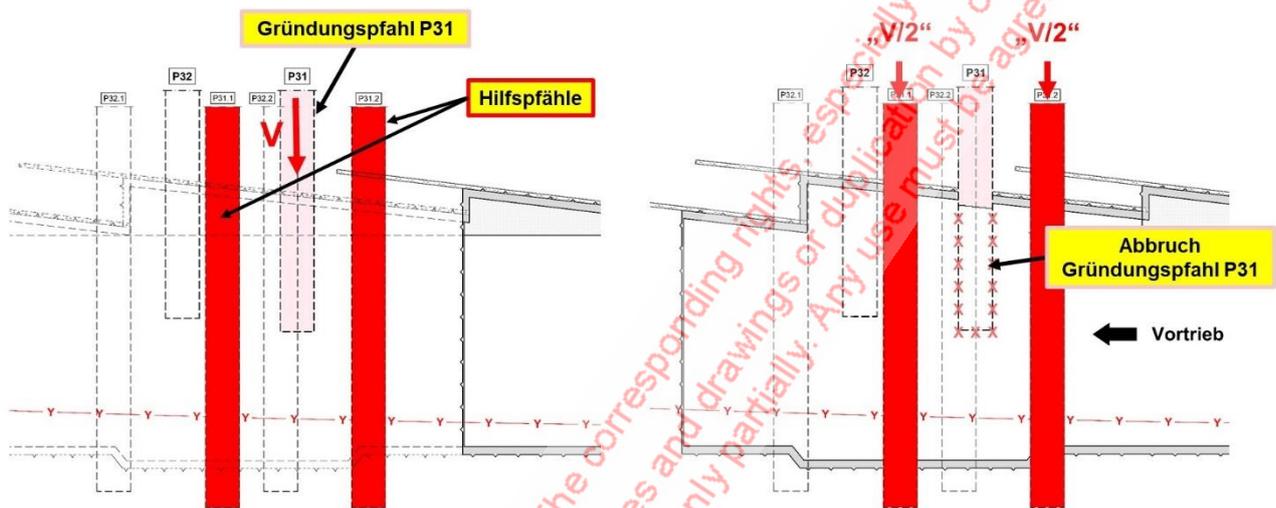


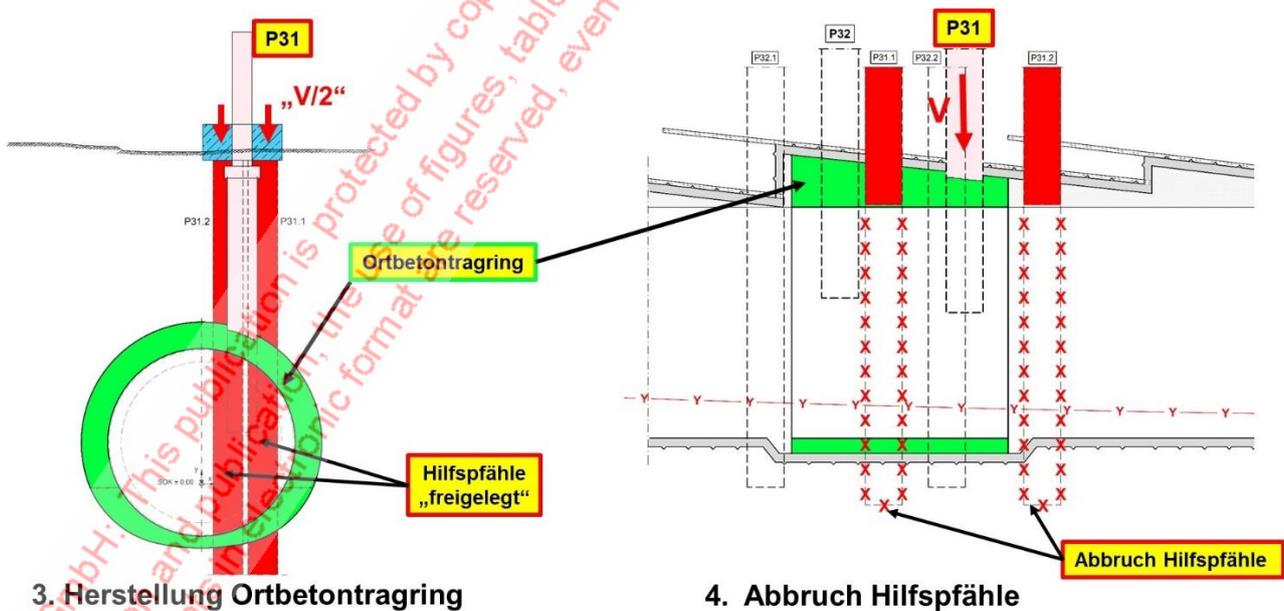
Bild 19: Hilfsstützen für die Herstellung der Hilfspfähle

Nach Fertigstellung der Kopfbalken der Hilfspfähle wird die Brücke auf Stahlstützen umgelagert, die auf den Kopfbalken und somit auf den Hilfspfählen aufgelagert sind. Die ursprünglichen Gründungspfähle sind dann lastfrei und können im Zuge des Vortriebs abgebrochen werden (Bild 20). Nach Abschluss der Vortriebsarbeiten werden die Gründungspfähle in einen außerhalb der Innenschale liegenden Ortbetontragrings eingebunden, über den die Brückenlasten nach Abbruch der Hilfspfähle abgetragen werden sollen (Bild 21). Im Anschluss wird die Ortbetoninnenschale in den Tunnelröhren hergestellt. Durch die dargestellte Lösung wird eine direkte Lasteintragung aus der Brücke in die Innenschale des Tunnels vermieden, so dass auch eine rechtliche Abgrenzung der Bauwerke und damit auch zwischen den jeweiligen Vorhabensträgern möglich wird.



1. Herstellung Hilfspfähle/Lastverteilungsbalken 2. Vortrieb und Abbruch Gründungspfähle

Bild 20: Brückwiesenwegbrücke - Vortrieb Untertage -



3. Herstellung Ortbetontragrang

4. Abbruch Hilfspfähle

Bild 21: Brückwiesenwegbrücke - Vortrieb Untertage -

Für die Herstellung der Hilfspfähle waren umfangreiche Abstimmungen zwischen allen Beteiligten, einschließlich der ausführenden Firma, erforderlich. Es mussten kurzfristig mehrere Versorgungsleitungen, einschl. einer Hochdruckgasleitung, verlegt werden. Die Arbeiten müssen zudem unter Berücksichtigung der beengten Platzverhältnisse ausgeführt werden. Dabei spielt sowohl die geringe Arbeitshöhe von nur 8 m als auch der geringe Abstand zu dem unter Betrieb stehenden Gleis des Tanklagers Stuttgart eine entscheidende Rolle. Das Gleis wird durch ein automatisiertes Gleismonitoring überwacht, und während einer Zugdurchfahrt müssen die Bauarbeiten bei Bedarf kurzfristig eingestellt werden. Um die Bohrpfähle bei der geringen Arbeitshöhe herzustellen, wurde von der ausführenden Firma W&F ein speziell für die Baumaßnahme hergestellter Greifer und ein angepasstes Trägergerät zur Verfügung gestellt. Es sind Rohrschüsse von 1 m vorgesehen.

Für die unmittelbar neben den Tunnelröhren liegenden Gründungspfähle P22 und P51 der Brücke sind Hilfsstützen und Pressen zum Ausgleich etwaiger Senkungen vorgesehen. Zusätzlich werden hier Verstärkungsmaßnahmen, u. a. Begrenzung der Abschlaglänge und der Vortriebsgeschwindigkeit, zur Begrenzung der Senkungen geplant.