

# Abdichtung der Übergangszone zwischen unausgelaugtem und ausgelaugtem Gipskeuper durch Injektionen

**Prof. Dr.-Ing. Walter Wittke<sup>1)</sup>, Dr.-Ing. Martin Wittke<sup>1)</sup>, Dipl.-Ing. Dieter Schmitt<sup>1)</sup>, Dipl.-Ing. (FH) Stefan Lechelmair<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>WBI GmbH, Weinheim

<sup>2)</sup>Stump Spezialtiefbau GmbH, NL München

## 1 Einleitung

Ein großer Teil der für das Projekt Stuttgart 21 erstellten Tunnel kommt in den Schichten des Gipskeupers zu liegen (Wittke, 2015). Im Ausgangszustand enthält das Gestein Sulfate in unterschiedlichen Anteilen. Diese werden ausgehend von der Geländeoberfläche in geologischen Zeiten gelöst und abtransportiert. Übrig bleibt ein Residualgestein, der ausgelaugte Gipskeuper. Die Felsoberfläche, im Bereich derer die Auslaugung stattfindet, wird auch als Auslaugungsfront bezeichnet.

Im Bereich der Auslaugungsfront muss erfahrungsgemäß mit mulden- und rinnenförmigen kavernen Zonen gerechnet werden, die eine stärkere Wasserführung aufweisen. Beim Durchfahren bzw. Anschneiden der Auslaugungsfront mit einem Tunnelvortrieb kann es daher zu größeren Wasserzutritten kommen, die die Vortriebsarbeiten deutlich erschweren (Wittke, et al., 2015) (Wittke & Schmitt, 2018) (Hamann & Lechelmair, 2018). Daher wurden für die Tunnel des Projekts Stuttgart 21 umfangreiche Einpressarbeiten zur vorausseilenden Abdichtung und Verfestigung des ausgelaugten Gipskeupers im Bereich der Auslaugungsfront durchgeführt. Dabei kamen unterschiedliche Verpressmittel und Einpresstechniken zum Einsatz. Diese Maßnahmen werden im vorliegenden Beitrag beschrieben.

Darüber hinaus werden für das Projekt Stuttgart 21 sehr umfangreiche Acrylatgelinjektionen zur Abdichtung von klüftigem Fels durchgeführt. Hierüber wird an anderer Stelle berichtet (Wittke, et al., 2019) (Lienhart, et al., 2018).

## 2 Tunnel nach Ober- und Untertürkheim

Die Tunnel nach Ober- und Untertürkheim führen vom neuen Hauptbahnhof im Zentrum von Stuttgart in Richtung Osten (siehe Abb. 1). Im Anfahrbereich am Hauptbahnhof kommen die zweigleisigen Tunnelquerschnitte, in denen die Gleise Richtung Flughafen sowie Richtung Neckartal noch in gemeinsamen Röhren verlaufen, sowie Teile der Verzweigungsbauwerke im ausgelaugten Gipskeuper zu liegen (Wittke, et al., 2019). Danach werden unter dem Gablenberg bis zum Neckartalrand die Schichten des unausgelaugten, anhydritführenden Gipskeupers durchfahren, die durch ihr starkes Quellvermögen gekennzeichnet sind. Im Neckartal kommen die Tunnelröhren überwiegend im unausgelaugten, nahezu anhydritfreien Gipskeuper zu liegen. Beim Auftauchen in Ober- und Untertürkheim schneiden die Tunnelröhren den ausgelaugten Gipskeuper, in Untertürkheim am Ende der bergmännischen Tunnelstrecken auch die stark wasserführenden Neckarkiese an.

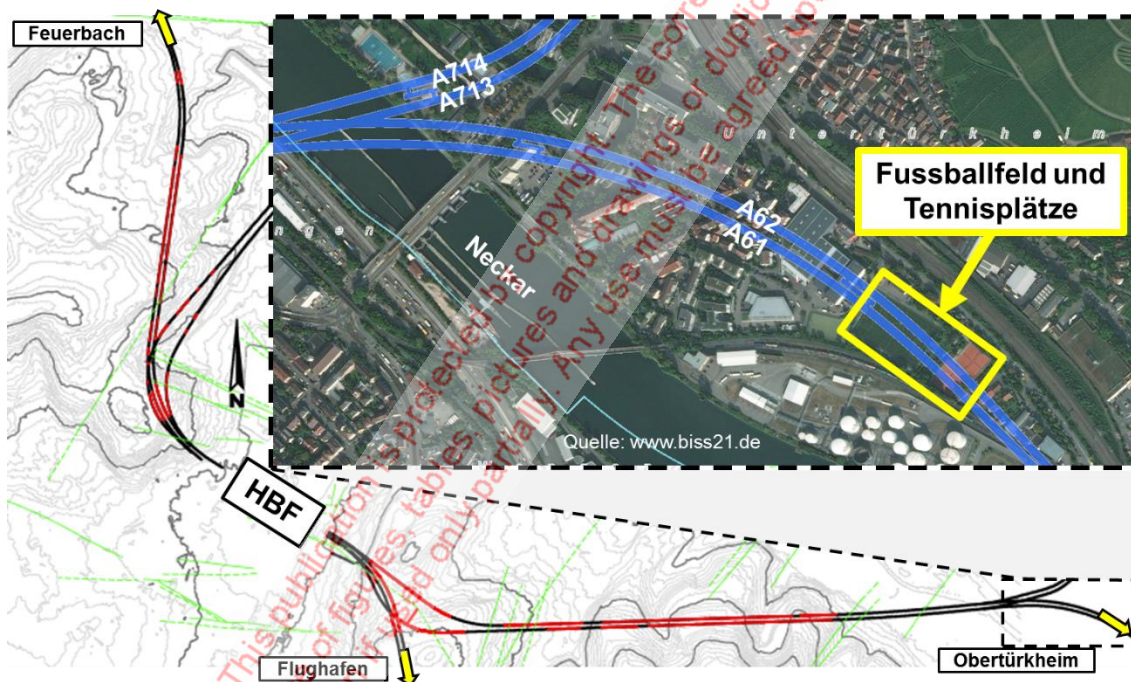


Abb. 1: Tunnel nach Ober-/Untertürkheim, Lageplan

Die Vortriebe, die bereits weit fortgeschritten sind, erfolgen in Spritzbetonbauweise. In Bereichen, in denen der Querschnitt oder der obere Teil des Querschnitts im ausgelaugten Gipskeuper zu liegen kommt, wird eine vorausseilende Sicherung mit Spießen bzw. Rohrschirmen ausgeführt und die Ortsbrust wird mit Spritzbeton und Ankern gesichert.

Wasserzutritte im Bereich der Auslaugungsfront sind bzw. waren im Bereich des Verzweigungsbauwerks Hbf. Süd, unmittelbar westlich des Neckars und beim Auftauchen der Röhren auf der östlichen Seite des Neckars zu verzeichnen. Im

Bereich der Neckarunterfahrung ist es dagegen nicht zu Wasserzutritten gekommen (Wittke, et al., 2018).

### **3 Abdichten der Auslaugungsfront, Wahl der Einpressmittel**

Wie beschrieben, sind im Bereich der Auslaugungsfront Zonen mit einer hohen Wasserdurchlässigkeit vorhanden. Zur Abdichtung dieser Bereiche können hochviskose Polyurethane zur Anwendung kommen, die bei Wasserzutritt in gewissem Maß aufschäumen und schnell aushärten.

Alternativ ist auch die Anwendung hochviskoser Zementpasten möglich, die sedimentationsstabil sind und die auch bei Grundwasserströmung mit begrenzten Fließgeschwindigkeiten noch angewendet können (Wittke & Hermening, 1997). Bei geringerer Durchlässigkeit können auch Zementsuspensionen zur Anwendung kommen.

Neben den Kosten des Injektionsguts sind auch bauzeitliche und baubetriebliche Aspekte bei der Wahl des Einpressmittels zu beachten. Für das Projekt Stuttgart 21 wurden alle o. g. Einpressmittel verwendet. Abdichtungsinjektionen wurden sowohl vortriebsbegleitend über vorausseilende Bohrungen oder über die Rohrschirme durchgeführt als auch unabhängig von den Vortriebsarbeiten von der Geländeoberfläche oder von einer bereits hergestellten Nachbarröhre aus, durchgeführt.

### **4 Einpressarbeiten von der Geländeoberfläche**

Im Bereich der Sportanlage des SV Untertürkheim 07 wurden in einem ca. 200 m langen Abschnitt oberhalb der beiden Röhren der Tunnel nach Obertürkheim Injektionen von der Geländeoberfläche ausgeführt (siehe Abb. 1 und 2). Festgelegt wurde ein Regelraster der vertikalen Injektionsbohrungen von 5 m x 5 m. Im Bereich der Bohransatzpunkte wurden zunächst Kampfmittelsondierungen durchgeführt. Anschließend konnten die Bohr- und Injektionsarbeiten begonnen werden.

Zu Beginn der Einpressarbeiten wurde die Ausführung im Rahmen eines Testfeldes erprobt. Die Felsoberkante wurde in einer Teufe von ca. 12 bis 14 m erwartet. Schwankungen der Höhenlage um wenige Meter auf begrenztem Raum konnten nicht ausgeschlossen werden. Um den Erfolg der Einpressarbeiten sicherzustellen, war es erforderlich, die Bohrungen ausreichend tief unter die Auslaugungsfront niederzubringen. Aus wirtschaftlichen Gründen und im Hinblick auf die Bauzeit war die Ausführung von Vollbohrungen notwendig. Mit

Vollbohrungen ist jedoch die Ansprache des Bohrgutes nur eingeschränkt möglich. Die insgesamt 5 Ankerbohrgeräte vom Typ Klemm KR806-3 wurden daher mit Bohrandruck- und Bohrfortschrittschreibern ausgerüstet. Die Bohrungen wurden mit einem Bohrdurchmesser von 133 mm mit einem Imlochhammer unter Einsatz von Luftspülung ausgeführt. Mit dieser Technik konnte die Lage der Auslaugungsfront an den einzelnen Bohrstandorten zweifelsfrei festgestellt werden. Der Austrag von "weißem Bohrstaub" war ein Indiz für das Erreichen der Felsoberkante und bestätigte redundant die Daten der o. g. Bohrschreiber (siehe Abb. 3, Foto links).

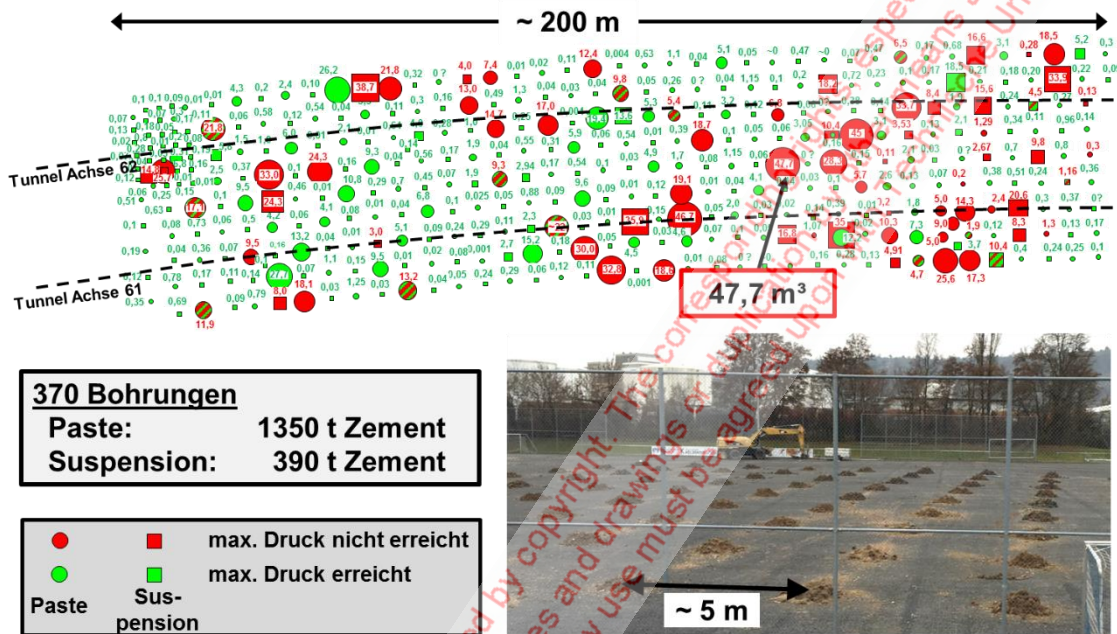


Abb. 2: Lageplan des Bereichs der Sportplätze mit Aufnahmemengen der Injektionen

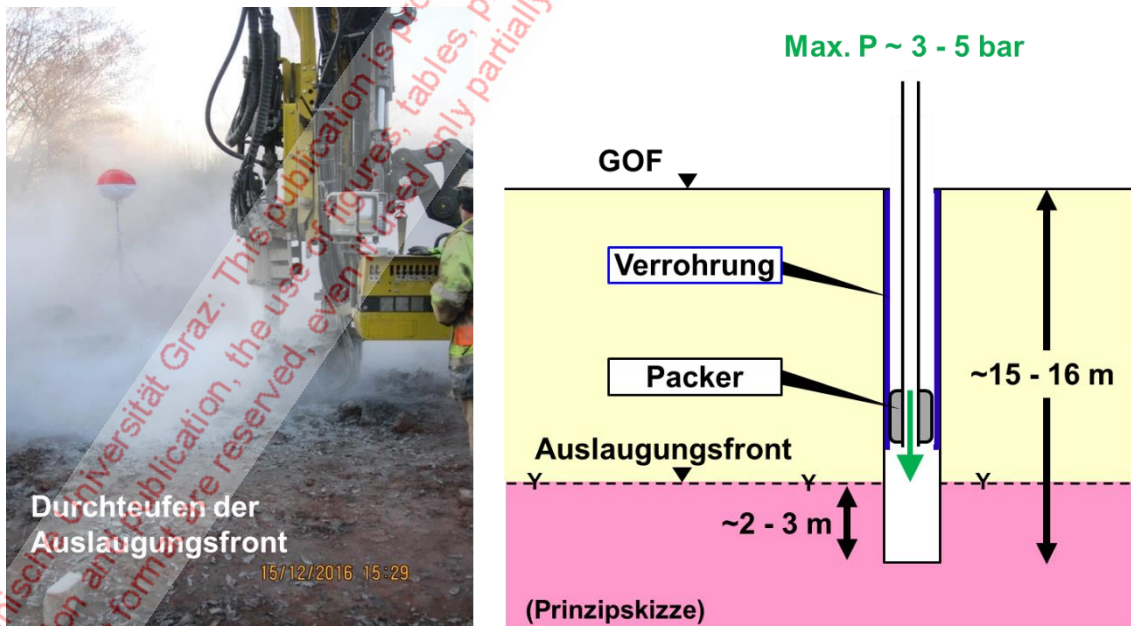


Abb. 3: Bohr- und Einpressarbeiten

Die Packertechnik wurde ebenfalls im Rahmen des Testfeldes erprobt. Vorgesehen war zunächst der Einsatz von Einfachpackern, die am unteren Ende der Verrohrung oberhalb des Einpressabschnittes verspannt werden sollten (siehe Abb. 3, rechts). Auf Vorschlag der ausführenden Firma Stump wurden jedoch schließlich verlorene Gewebepacker eingesetzt, die auf 2" PVC-Rohren angebracht waren und in das Bohrloch unterhalb der Verrohrung eingebaut wurden (siehe Abb. 4). Das Bohrloch oberhalb des Packers wurde mit Zement-Bentonit-Suspension verfüllt. Die Bohr- und Injektionsvorgänge und die zugehörigen Geräte wurden auf diese Weise entkoppelt. Die verwendeten 2"-Injektionsrohre ermöglichten Durchflussraten bis 100 l/min.



Abb. 4: Gewebepacker am PVC-Rohr befestigt

Die Wasserwegigkeiten im Bereich der Auslaugungsfront ließen wie oben erwähnt hohe Injektionsgutaufnahmen erwarten. Zudem wurde ein Abtransport des Injektionsmittels mit der Grundwasserströmung in Richtung Neckar befürchtet. Daher wurden im ersten Schritt der Einpressungen wasserarme Zementpasten in einem größeren Raster der Bohrungen verpresst. Die Pasten zeichnen sich durch einen vergleichsweise großen Widerstand und eine entsprechende Lagestabilität gegenüber Grundwasserströmungen aus. Offene Hohlräume und größere Wasserwegigkeiten sollten mit den Zementpasten verfüllt werden.

In Abhängigkeit der von den Bohrungen aufgenommenen Mengen Zementpasten wurden im zweiten Schritt wasserreiche Zementsuspensionen mit einem  $w/z$ -Wert von 0,8 bis 1,0 injiziert und das Raster der Injektionsbohrungen verdichtet. Die Suspensionen besitzen gegenüber den Pasten eine niedrigere Viskosität und damit ein besseres Eindringvermögen. Durch dieses schrittweise in Anlehnung an das Pilgerschrittverfahren gewählte Vorgehen sollte der verpresste Bereich begrenzt und die Auslaugungsfront verfestigt und möglichst weitgehend abgedichtet werden.

Die Aufbereitung der Zementpasten unter Baustellenbedingungen erfolgte mit 2 Chargenmischern vom Typ Obermann MPR800. Eingesetzt wurde ein Zement

CEM III/B 32,5 unter Beigabe von 1 % eines Stabilisierers. Die Fließeigenschaften der Zementpaste, die mit einem w/z-Wert von 0,45 angemischt wurde, wurden zunächst im Labor von WBI bestimmt. Die für Bingham'sche Flüssigkeiten kennzeichnende Fließgrenze der Paste betrug  $\tau_0 = 20 - 50 \text{ N/m}^2$ . Für die dynamische Viskosität wurden Werte von 300 bis 500  $\text{mPa}\cdot\text{s}$  ermittelt. Im Rahmen der Testphase konnten diese Werte mit der vor Ort eingesetzten Technik erreicht werden (siehe Abb. 5). Die Eigenschaften der Paste wurden während der Ausführung der Einpressungen im Rahmen der Qualitätssicherung durch die WBI-Fachbauüberwachung kontrolliert.

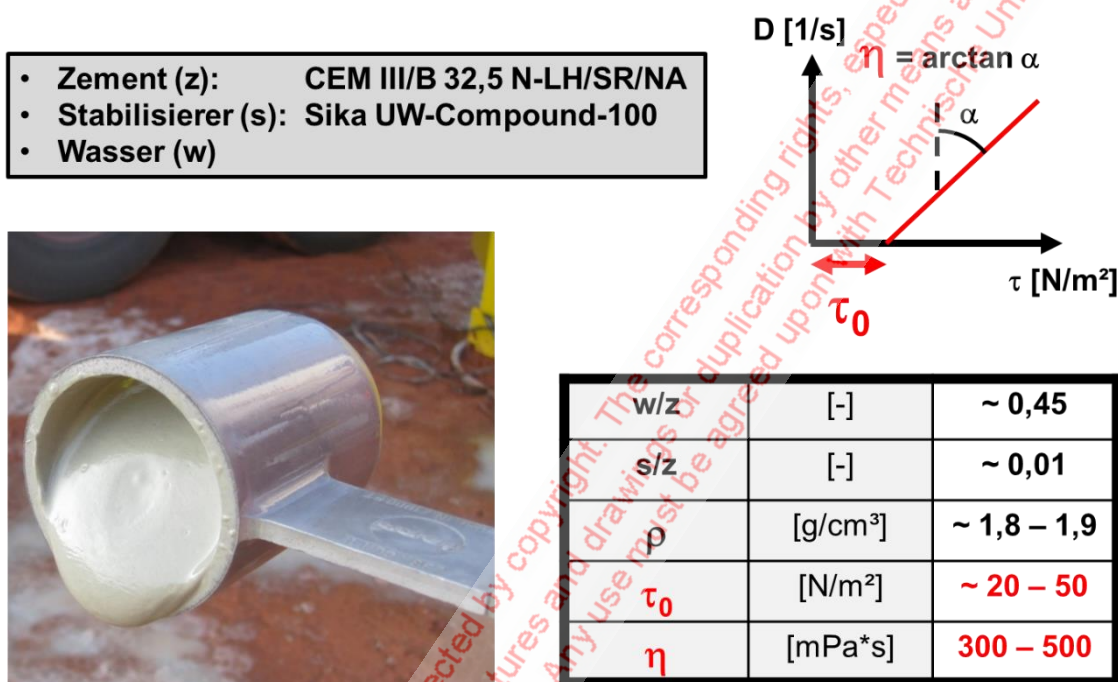


Abb. 5: Zementpaste

Die Paste bzw. die Suspension wurde vom Mischer in 7  $\text{m}^3$  - Vorratsbehälter mit Rührwerk gepumpt und von dort auf die insgesamt 5 Injektionspumpen vom Typ Scheltzke MPS110 verteilt.

Die Ausführung der Bohrungen und Injektionen nach der Testphase erfolgte phasenweise. Die Bohrungen einer Phase wurden zunächst abgeteuft und mit Zementpaste verpresst bevor die Bohrungen der nächsten Phase hergestellt werden durften. Dieses Vorgehen war erforderlich, um Umläufigkeiten zwischen einzelnen Bohrungen zu vermeiden und den Injektionserfolg sicherzustellen. Während der Ausführung der Arbeiten konnte festgestellt werden, dass weit durchgehende Wegigkeiten im Bereich der Auslaugungsfront vorhanden sind. Umläufigkeiten des Injektionsgutes bis 30 m konnten in Einzelfällen beobachtet werden.

Die Festlegung der Bohrungen einer Phase und die Wahl des Injektionsgutes erfolgte durch die Fachbauleitung von WBI in Abstimmung mit der ausführenden Firma Stump. Dabei waren der arbeitstägliche Fortschritt der Einpressarbeiten und

die z. T. stark unterschiedlichen Aufnahmemengen und Verpresszeiten der einzelnen Bohrungen zu berücksichtigen. Nach Erfordernis wurden die Bohr- und Injektionsarbeiten angepasst.

Der max. effektive Einpressdruck im Verpressabschnitt wurde auf das 1 bis 1,5fache des Gewichts der Überlagerung begrenzt. Hebungen an der Geländeoberfläche konnten dadurch vermieden werden.

Insgesamt wurden auf diese Weise 370 Bohrungen im Bereich des Fußballplatzes und der Tennisplätze abgeteuft. Über diese Bohrungen wurden im Zeitraum von Dezember 2016 bis März 2017 ca. 1.740 t Zement verpresst. Davon entfallen ca. 1.350 t auf die Zementpasten. Die Aufnahmemengen der einzelnen Bohrungen betragen max. 47,7 m<sup>3</sup> Zementpaste (siehe Abb. 2). Die Bohrarbeiten konnten aus Gründen des Lärmschutzes nur tagsüber durchgeführt werden. Die Injektionsarbeiten wurden im Durchlaufbetrieb ausgeführt.

Nach Abschluss der Einpressungen wurden die PVC-Rohre der verlorenen Packer in Abstimmung mit dem Amt für Umweltschutz überbohrt und aus den Bohrlöchern entfernt. Die Bohrungen wurden verfüllt und die Sportplätze wieder in Stand gesetzt und an die Vereine übergeben (Hamann & Lechelmair, 2018).

## 5 Einpressarbeiten aus der benachbarten Tunnelröhre

Im Bereich der nördlich an die Sportplätze anschließenden Tunnelstrecke konnten die Abdichtung der Auslaugungsfront aufgrund der vorhandenen Bebauung nicht von der Geländeoberfläche ausgeführt werden (siehe Abb. 1). In diesem Abschnitt liegen die beiden Tunnelröhren in unterschiedlichen Höhen. Die tieferliegende Röhre der Achse 62 liegt vollständig im unausgelaugten Gipskeuper und deutlich unterhalb der Auslaugungsfront. Sie wurde zuerst aufgefahren.

Die Firste der höherliegenden Röhre der Achse 61 liegt dagegen unmittelbar unterhalb der Auslaugungsfront. Es wurde daher entschieden, diesen Bereich im betreffenden ca. 150 m langen Tunnelabschnitt aus der benachbarten Röhre vorlaufend zu verpressen (siehe Abb. 6).

Dazu wurden Injektionsquerschnitte im gegenseitigen Abstand von 5 m festgelegt. In jedem Querschnitt wurden 4 bis 5 nach oben geneigte Einpressbohrungen angeordnet (siehe Abb. 6). Die Länge der Bohrungen betrug max. 37 m. Die Neigungen der einzelnen Bohrungen wurden so gewählt, dass die Durchstoßpunkte der Bohrungen durch die prognostizierte Auslaugungsfront einem Raster von 5 m x 5 m entsprechen.

Aufgrund der beim Durchteufen der Auslaugungsfront zu erwartenden Wasserzutritte und dem damit verbundenen Risiko von Setzungen für die

Bebauung war es erforderlich, die Bohr- und Einpressarbeiten im Schutze von Preventern auszuführen. Dazu wurde zunächst ein Standrohr in eine ca. 1 m lange Vorbohrung eingestellt und mit Hilfe einer Quetschdichtung verspannt. Daran angeflanscht wurde der Preventer, der ein Absperrventil, den Auslauf für die Bohrspülung und die Dichtungen umfasste (siehe Abb. 7).

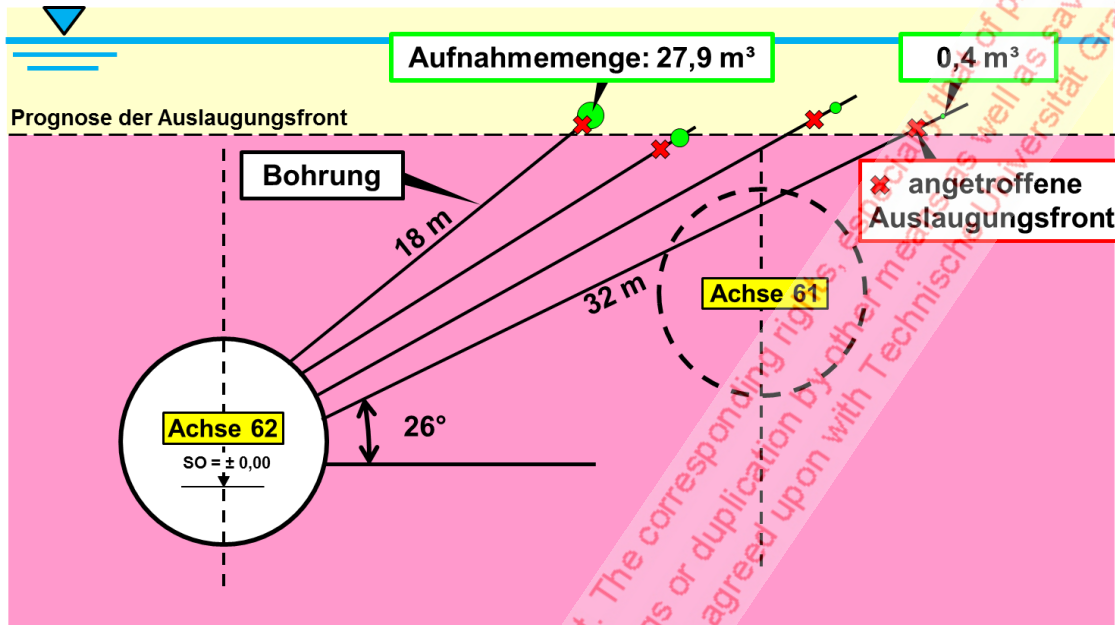


Abb. 6: Einpressungen von der tiefliegenden Nachbarröhre

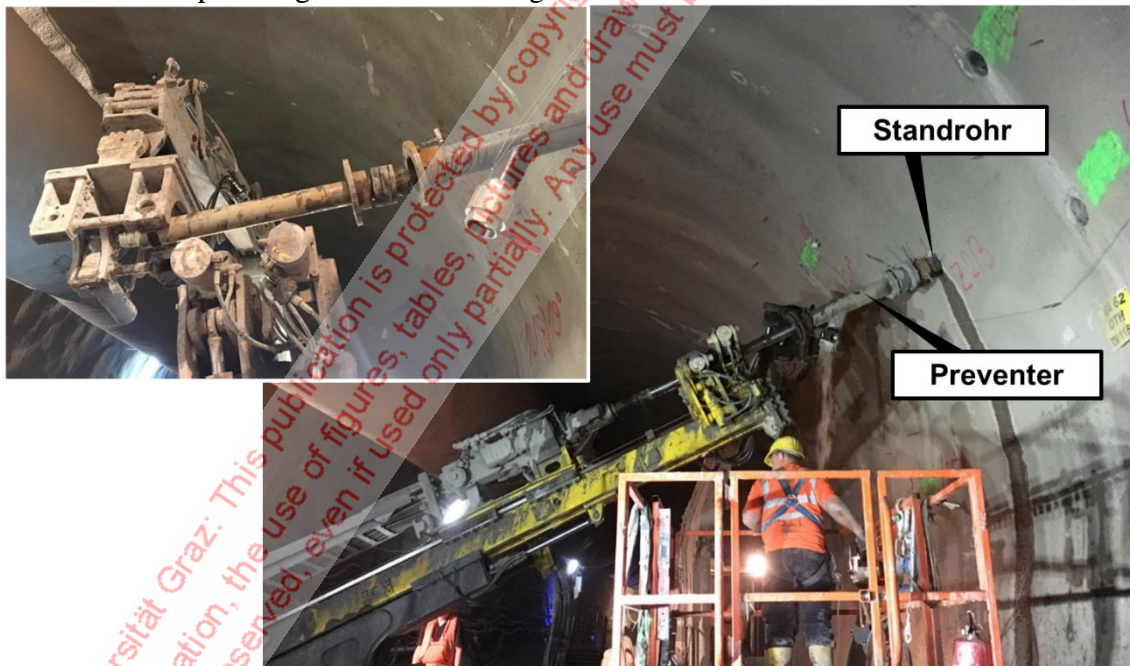


Abb. 7: Bohrungen mit Preventer

Die Bohrungen wurden wiederum als Vollbohrungen mit speziell angepassten Bohrergeräten vom Typ Klemm KR806-3 abgeteuft. Die Bohrungen erfolgten mit einem Bohrdurchmesser von 112 mm. Eine Verrohrung der Bohrung im Fels war nicht erforderlich. Das Erreichen der Felsoberkante bzw. der Auslaugungsfront konnte anhand der beobachteten Wasserzutritte festgestellt werden. Die Verpressungen erfolgten über Einfachpacker, die an ca. 4 m langen Gestängen in



die Bohrungen eingebaut und im Fels verspannt wurden. Während der Injektionen waren die Bohrlöcher unterhalb der Packer durch die Preventer abgedichtet.

Analog zu den Einpressarbeiten, die von der GOF aus durchgeführt wurden, wurden auch bei den Injektionen untertage Zementpasten und anschließend Zementsuspensionen eingesetzt. Die Bereitstellung der Zementpasten und -suspensionen erfolgte über eine Versorgungsbohrung von der Geländeoberfläche (siehe Abb. 8). In Abb. 6 sind exemplarisch die Aufnahmemengen für einen Injektionsquerschnitt dargestellt. Verpresst wurden hier zwischen 0,4 und 27,9 m<sup>3</sup> Zementpaste je Bohrung. Die maximal über eine Bohrung injizierte Pastenmenge betrug 47,9 m<sup>3</sup>. Nach Abschluss der Injektionsarbeiten wurde der Injektionspacker rückgebaut und die verbleibende Bohrstrecke wurde mit Zement-Bentonitsuspension über einen Schraubpacker verpresst.



Abb. 8: Eindrücke von der Baustelle für die Untertageinjektionen

Die Einpressarbeiten aus der Tunnelröhre wurden durch ein obertägiges Messprogramm begleitet. Dazu wurden mehrfach täglich geodätische Messungen an den Gebäuden im Einflussbereich der Injektionsarbeiten durchgeführt. Die Auswertung erfolgte ohne Zeitverlust, so dass die Einpressarbeiten ggf. angepasst werden konnten. Die untertägigen Injektionen über insgesamt 151 Bohrungen wurden vom 10.04. bis 14.06.2017 ausgeführt.

## 6 Erfahrungen beim Vortrieb

Zwischenzeitlich sind die Tunnelabschnitte, in denen die vorstehend beschriebenen Injektionen ausgeführt wurden, aufgefahren. Während der Vortriebsarbeiten konnte festgestellt werden, dass der Bereich der Auslaugungsfront durch die Injektionen wirksam verfestigt und weitgehend abgedichtet wurde. Das Auffahren der Tunnelröhren konnte daher ohne größere Schwierigkeiten erfolgen. Die Vortriebsleistungen betragen i. M. zwischen 2 und 3 m/d. Die Injektionen waren somit erfolgreich.

## 7 Vortriebsbegleitende Injektionen

Vorauselende Injektionen der Auslaugungsfront, die von der Geländeoberfläche oder einer benachbarten Tunnelröhre ausgeführt werden können, stellen Sonderfälle dar, die nur bei entsprechenden Gegebenheiten in Betracht kommen. Im Regelfall war und ist es beim Projekt Stuttgart 21 erforderlich, die Injektionen der Auslaugungsfront vortriebsbegleitend auszuführen. Entsprechende Einpressungen wurden in verschiedenen Tunnelabschnitten ausgeführt (siehe Abb. 9).

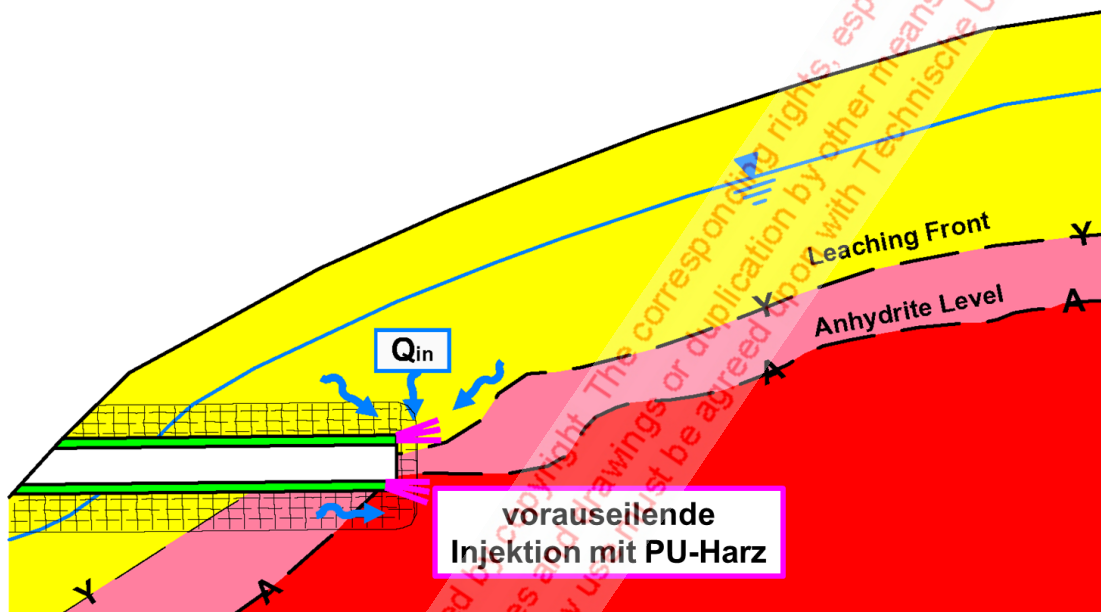


Abb. 9: Vorauselende Injektionen im Bereich der Auslaugungsfront, Prinzipskizze

Dazu wurden beispielsweise jeweils an die örtlichen Gegebenheiten angepasste, ca. 8 m lange Bohrungen von der Ortsbrust aus nach vorne gerichtet abgeteuft. Die Bohrungen wurden im Querschnitt in verschiedenen Phasen mit PU-Harz verpresst. Anschließend konnte der Vortrieb im injizierten Bereich über eine Länge von 6 m im Schutze der Injektionen fortgesetzt werden. Das eingesetzte PU-Harz weist eine Viskosität von ca. 150 mPa·s und einen Schaumfaktor von 1,5 bis 3 auf. Die Einpressarbeiten erfolgten i. d. R. mit max. effektiven Verpressdrücken von ca. 10 bar.

Im südlich an die in Abschnitt 5 beschriebenen Injektionen angrenzenden Tunnelabschnitt wurde und wird die Auslaugungsfront zunächst über Zementinjektionen über die vorauselenden Bohrrohrschirme abgedichtet. Für die Zementsuspensionen wurden w/z-Werte von 0,9 bis 1,5 gewählt. Der Injektionsdruck wurde mit max. 5 bar festgelegt. Bisher wurden im Mittel ca. 40.000 bis 50.000 l Suspension je Rohrschirmkaverne verpresst.

## 8 Zusammenfassung

Für die Injektionen in den Tunneln des Projekts Stuttgart 21 wurden und werden in Abhängigkeit von den Anforderungen unterschiedliche Einpressmittel eingesetzt. Zementpasten und Zementsuspensionen können im Bereich der Auslaugungsfront verwendet werden, in der stärkere Wasserwegigkeiten vorhanden und abzudichten sind. Ebenso sind dafür PU-Harze geeignet. Bei der Auswahl des Injektionsmittels sind neben den Abmessungen der zu injizierenden Hohlräumen die Bauzeit, die durch die Injektionsrate und die Abbindezeiten beeinflusst wird, und insbesondere auch die Kosten zu berücksichtigen. Im Beitrag werden ausgewählte Injektionsmaßnahmen vorgestellt.

## 9 Literatur

- Hamann, J. & Lechelmaier, S., 2018. Injektion einer Zementpaste zur Abdichtung und Verfestigung der Auslaugungsfront des Gipskeupers im Neckartal. *WBI-PRINT 21*, Band 21, pp. 72 - 85.
- Lienhart, C., Schmitt, D., Wittke, M. & Wittke, W., 2018. Planung und Ausführung von Injektionen im anhydritführenden Gipskeuper. *WBI-PRINT 21*, Band 21.
- Wittke, M., Druffel, R. & Hochgürtel, T., 2015. Zugangsstollen Ulmer Straße, Beherrschung von Wasserzutritten im Bereich der Auslaugungsfront. *WBI-PRINT 18*, Band 18, pp. 55 - 67.
- Wittke, M. & Schmitt, D., 2018. Abdichtung der Übergangszone zwischen unausgelaugtem und ausgelaugtem Gipskeuper durch Injektionen mit Pasten, Suspensionen und Polyurethanen bei Tunneln des Projekts Stuttgart 21. *Forum Injektionstechnik 2018*.
- Wittke, M., Schmitt, D. & Osthoff, G., 2019. Einpressungen von Acrylatgel und Polyurethan zur Abdichtung des anhydritführenden Gipskeupers im Bereich der Tunnel nach Ober- und Untertürkheim. *WBI-PRINT 22 (in Vorbereitung)*, Band 22.
- Wittke, W., 2015. Baugrundverhältnisse des Bahnprojekts Stuttgart - Ulm. *WBI-PRINT 18*, Band 18, pp. 10 - 29.
- Wittke, W. & Hermening, H., 1997. Grouting of Cavernous Gypsum Rock underneath the Foundation of the Weir, Locks and Powerhouse at Hessigheim on the River Neckar. *ICOLD 19, Florence, Vol. Q75 R*.
- Wittke, W., Wittke-Gattermann, P. & Boettcher, A., 2018. Bemessung und Bewehrung der Stahlbetoninnenschalen im anhydritführenden Gebirge. *WBI-PRINT 21*, Band 21, pp. 2-18.

Wittke, W. et al., 2019. Großquerschnitte im Anfahrbereich Hauptbahnhof Süd,  
Statische Berechnungen, Senkungsprognosen und Baubetriebliche Aspekte  
*WBI-PRINT 22 (in Vorbereitung)*, Band 22.

© Technische Universität Graz: This publication is protected by copyright. The corresponding rights, especially that of printing, translation, presentation and publication, the use of figures, tables, pictures and drawings or duplication by other means as well as saving the documents in electronic format are reserved, even if used only partially. Any use must be agreed upon with Technische Universität Graz.

**Autor:**

Vorname, Name: Walter Wittke

Titel: Prof. Dr.-Ing.

Firma, Abteilung: WBI GmbH

Adresse: Im Technologiepark 3, 69469 Weinheim, Deutschland

Tel: +49-6201-2599-0

Fax: +49-6201-2599-110

mail: wbi@wbionline.de

internet: www.wbionline.de

**Nicht Zutreffendes bitte löschen:**

Teilnahme: nein

Vortragender: nein

**Co-Autor 1:**

Vorname, Name: Martin Wittke

Titel: Dr.-Ing.

Firma, Abteilung: WBI GmbH

Adresse: Im Technologiepark 3, 69469 Weinheim, Deutschland

Tel: +49-6201-2599-0

Fax: +49-6201-2599-110

mail: wbi@wbionline.de

internet: www.wbionline.de

**Nicht Zutreffendes bitte löschen:**

Teilnahme: ja

Vortragender: ja

**Co-Autor 2:**

Vorname, Name: Dieter Schmitt

Titel: Dipl.-Ing.

Firma, Abteilung: WBI GmbH

Adresse: Im Technologiepark 3, 69469 Weinheim, Deutschland

Tel: +49-6201-2599-0

Fax: +49-6201-2599-110

mail: wbi@wbionline.de

internet: www.wbionline.de

**Nicht Zutreffendes bitte löschen:**

Teilnahme: nein

Vortragender: nein

## Co-Autor 3:

Vorname, Name: Stefan Lechelmair

Titel: Dipl.-Ing. (FH)

Firma, Abteilung: Stump Spezialtiefbau GmbH, NL München

Adresse: Walter-Gropius-Straße 23, 80807 München, Deutschland

Tel: +49-89-71001-524

Fax: +49-89-71001-510

mail: stefan.lechelmair@stump.de

internet: www.stump.de

### Nicht Zutreffendes bitte löschen:

Teilnahme: ja

Vortragender: nein

© Technische Universität Graz: This publication is protected by copyright. The corresponding rights, especially that of printing, translation, presentation and publication, the use of figures, tables, pictures and drawings or duplication by other means as well as saving the documents in electronic format are reserved, even if used only partially. Any use must be agreed upon with Technische Universität Graz.