

**Titel:**

**„Großprojekt S21: Verzweigungsbauwerk Kriegsberg im Tunnel Bad Cannstatt – Außenschalenverstärkung, Bewehrungsmaßnahmen, dauerhafte Außenschale“**

**Autoren:**

1. Höser, Sebastian, Dipl.-Ing., Projektleiter, ILF Consulting Engineers Austria GmbH, Rum b. Innsbruck, Österreich
2. ARGE Tunnel Cannstatt (Hochtief Infrastructure GmbH, BeMo Tunnelling GmbH, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG)

## **Zusammenfassung:**

Das Verzweigungsbauwerk besteht aus zwei parallel verlaufenden, bergmännisch aufzufahrenden Röhren mit einem Achsabstand von ca. 27 m und einer lichten Breite je Querschnitt von bis zu rd. 22 m. Das Bauwerk befindet sich innerstädtisch im ausgelaugten Gipskeuper, der hier Lockergesteinscharakter hat. Die Geländeüberlagerung beträgt bis zu 60 m. Aufgrund der obertägigen Bebauung wird ein setzungsarmer Vortrieb mit 2-hüftigem Ulmenstollen vorgesehen.

Für die Regelvortriebe werden aufgrund der Querschnittsgröße, der Geländeüberlagerung und den geotechnischen Randbedingungen zum Abtrag der sehr großen Schnittkräfte besondere Ausbaumaßnahmen erforderlich. Hierzu zählen neben Außenschalendicken von bis zu 45 cm auch das Erfordernis großer Bewehrungsmengen mit Stabzulagen von bis zu 100 cm<sup>2</sup>/m. Im Kreuzungsbereich sind darüber hinaus weitere Verstärkungsmaßnahmen und eine dauerhafte Außenschale mit verzinkter Bewehrung und Schraubmuffenverbindungen erforderlich.

# 1 PROJEKTVORSTELLUNG

## 1.1 Allgemeine Beschreibung

Bei der Neuordnung des Eisenbahnknotens Stuttgart ist das Kernstück der Umbau des Hauptbahnhofes von einem Kopfbahnhof zu einem unterirdischen Durchgangsbahnhof. Sämtliche Zulaufstrecken des geplanten Tiefbahnhofs werden unterirdisch in Tunnel verlegt. Hierzu zählt auch die Fernbahnzuführung von Bad Cannstatt und Feuerbach zum neuen Hauptbahnhof (Pfa 1.5, Los 3), welche durch rd. 3,7 km lange Tunnels in überwiegend bergmännischer Bauweise aufgeföhren wurden.

## 1.2 Beschreibung Verzweigungsbauwerk Kriegsberg

In Abbildung 1 ist der Lageplan des rd. 240 m langen Verzweigungsbauwerkes (Vzbw), welches mittels dreier Sonderquerschnitte (SQK1 bis SQK3) realisiert wurde, dargestellt. Aus Richtung Hauptbahnhof nördlich der Jägerstraße kommend, verlaufen die Gleise in Richtung Bad Cannstatt im Bereich des Vzbw's parallel zu den Gleisen in Richtung Feuerbach in zwei 2-gleisigen Tunnelröhren. Am Ende des Vzbw's gehen die beiden 2-gleisigen Tunnelröhren in vier 1-gleisigen Tunnel über.

Die Achsabstände der beiden zweigleisigen Tunnelröhren im Bereich des Vzbw's betragen rd. 27 m.

Im letzten Abschnitt des Vzbw's bei einer Überlagerung von rd. 60 m ist das Verbindungsbauwerk 1.5.2.7 (Vbw) situiert.

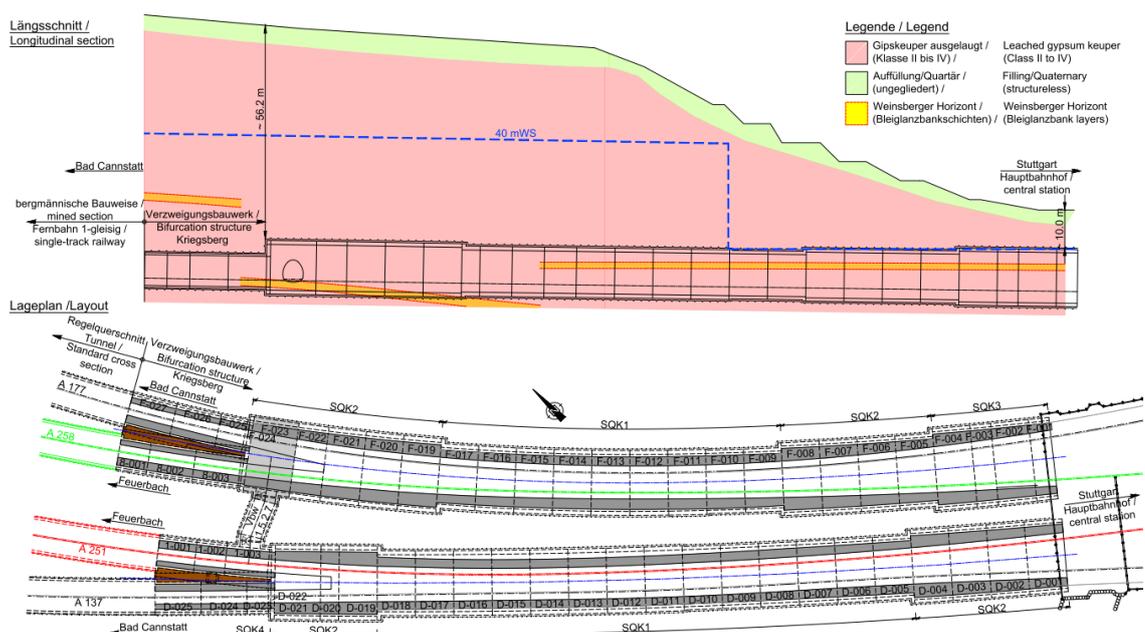


Abbildung 1: Längsschnitt und Lageplan des Verzweigungsbauwerks Kriegsberg mit Verbindungsbauwerk 1.5.2.7

Figure 1: Longitudinal section and layout of the "Kriegsberg" bifurcation structure and cross passage 1.5.2.7

Die Sonderquerschnitte SQK1 bis SQK3 für die 2-gleisigen Röhren weisen lichte Öffnungsweiten von rd. 17 m bis rd. 22 m Breite bei einer Höhe von bis zu rund 16 m auf. Der Regelquerschnitt für das Vbw ist befahrbar ausgeführt. Die Querschnitte können Abbildung 2 entnommen werden.

### 1.3 Geologie und Hydrogeologie

Im Bereich des Kriegsberges steht der ausgelaugte Gipskeuper mit seinen lockergesteinsartigen Eigenschaften, d.h. geringe Festigkeiten und Steifigkeiten, an.

Die Überlagerung beträgt ausgehend vom Portal rd. 10 m über Firste und steigt kontinuierlich an. Am Ende des Vzbw's werden Überlagerungshöhen von rd. 60 m bei einem Bemessungswasserspiegel von 40 m über Sohle erreicht.

### 1.4 Vortriebskonzept Verzweigungsbauwerk Kriegsberg

Aufgrund der vorliegenden Randbedingungen, d.h.:

- Vortrieb im Lockergestein
- Tunnelquerschnitte mit Ausbruchsbreiten bis zu rd. 22 m
- hohe Überlagerung bis zu 60 m über Firste
- parallel mit einem Achsabstand von rd. 27 m verlaufende Röhren
- Bebauung ober Tage

wurde für den Vortrieb aus statischer, bautechnischer aber auch aus Sicht der Gebrauchstauglichkeit eine setzungsarme Vortriebsmethode mittels Ulmenstollen und 6 Teilquerschnitten mit abgestufter Ortsbrust gewählt.

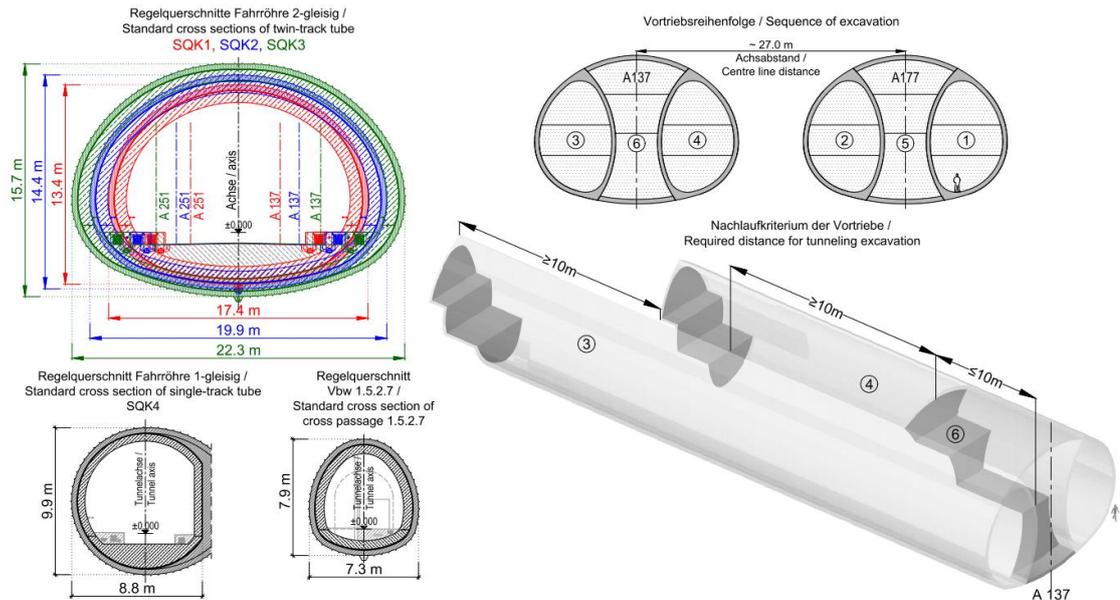


Abbildung 2: Vortriebskonzept/Vortriebsfolge, Nachlaufkriterium Ulmenstollenvortrieb und Regelquerschnitte im Bereich des Verzweigungsbauwerkes Kriegsberg

Figure 2: Excavation concept/sequence, required distance, side wall drift and standard cross section in the area of bifurcation construction “Kriegsberg”

Im Nachgang zur Fertigstellung der Außenschale der beiden 2-gleisigen Röhren wurde die Außenschale des Vbw’s hergestellt.

## 1.5 Stand der Arbeiten

Der Vortrieb des Vzbw’s startete im Juli 2015 mit dem Vortrieb des rechten Ulmenstollens der Achse A177 (Teilquerschnitt 1). Im Januar 2016 startete der letzte Vortrieb (Teilquerschnitt 6). Im Februar 2017 konnten die Vortriebsarbeiten für die 2-gleisigen Röhren im Vzbw abgeschlossen werden. Das Vbw 1.5.2.7 wurde im Zeitraum Januar – Februar 2019 aufgefahren.

Derzeit wird die Innenschale eingebaut. Der Abschluss dieser Arbeiten ist für Ende 2019 anvisiert.

## 2 PLANERISCHE UMSETZUNG AUßENSCHALE

Aufgrund der beschriebenen kritischen Randbedingungen, siehe auch Abschnitt 1.4, im VzBW waren umfangreiche Variantenuntersuchungen der Außenschale erforderlich, um eine sichere und wirtschaftliche Planung gewährleisten zu können. Folgende Parameter wurden statisch untersucht:

1. Schalendicke
2. Vortriebskonzepte (Ulmenstollen mit Kalottensohle / abgestufte Ortsbrust mit schnellem Ringschluss)
3. Nachlaufkriterien / gegenseitige Beeinflussung der Nachbarröhre
4. Abschlagslänge
5. Betongüte Spritzbeton
6. Bewehrung (U-Profile, Bewehrungsstahl)

Die Untersuchungen erfolgten an 2- und 3-dimensionalen FE-Berechnungen. Somit konnten Einflüsse wie z.B. unterschiedliche Bauabläufe und Außenschalendicken (-steifigkeiten) untersucht werden.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen, die neben den statischen Aspekten auch baubetriebliche Aspekte berücksichtigten, können nachfolgenden Abschnitten entnommen werden.

### 2.1 Regelvortrieb

Aufgrund der hohen Beanspruchung der Außenschale wurden, wie bereits erläutert, diverse Varianten für die Festlegung der Stützmittel untersucht. Nachdem insbesondere im Bereich der äußeren Ulmen überwiegend eine Druckbeanspruchung ermittelt wurde, war es naheliegend, die Außenschalendicke und die Betongüte zu erhöhen, um die einzulegende Bewehrung reduzieren zu können.

Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass aufgrund der überproportionalen Steigerung der Biegesteifigkeit in Abhängigkeit der Spritzbetondicke, die Schnittgrößen, insbesondere unter Berücksichtigung der vielen Teilausbrüche und der nachträglich aufzufahrenden Parallelröhre, mit Erhöhung der Spritzbetonschalendicke zunehmen. Daher musste das Verhältnis aus Schalendicke sowie einzulegender Bewehrung iterativ ermittelt werden.

Gemeinsam wurde festgelegt, dass unter Berücksichtigung der statischen und baubetrieblichen Aspekte nachfolgend erläuterte Stützmittel in Bereichen mit großer Überdeckung zur Anwendung gelangen sollten.

Neben Schalenstärken von bis zu 45 cm und einer Spritzbetongüte C35/45, teilweise unter Berücksichtigung der Druckfestigkeitsentwicklung für  $t > 28$  Tage, wurden vor allem im Bereich der äußeren Ulmen Bewehrungsmengen  $>50 \text{ cm}^2/\text{m}$  verbaut. Diese wurden mit massiven Stabzulagen mit  $\text{Ø}28/150 \text{ mm}$  plus  $\text{Ø}12/150 \text{ mm}$  berg- und luftseitig und unter Berücksichtigung der zusätzlich eingelegten Mattenbewehrung Q524A je Seite abgedeckt. Aufgrund des zyklischen Vortriebes mit abgestufter Ortsbrust und den zahlreichen Teilquerschnitten war es erforderlich, die bergseitige Bewehrung mittels Schraubmuffenverbindungen (Lenton Lock) und die luftseitige Bewehrung mittels Spritzfenster und entsprechender Überlappung von 2,5 m anzuschließen. Im Bereich Übergang Ulme – Kern wurden die Schraubmuffenverbindungen auch luftseitig erforderlich.

Aufgrund der zu erwartenden langen Einbauzeit der Stützmittel wurde in den statisch kritischen Bereichen die Abschlaglänge von 1,0 m auf 0,5 m reduziert. Somit konnte einerseits eine verhältnismäßig kurze Öffnungsdauer mit schnellem Ringschluss erreicht und andererseits die Setzungen ober Tage reduziert werden.

## **2.2 Vortrieb Kreuzungsbereich Vbw 1.5.2.7**

Der Vortrieb des Vbw's erfolgte nach Fertigstellung der 2-gleisigen Röhren des Vzbw's.

Durch das Öffnen des Querschlages für das Vbw kommt es innerhalb der bereits sehr hoch ausgelasteten Spritzbetonschale (siehe Abschnitt 2.1) zu Lastumlagerungen und zu Spannungskonzentrationen im Beton, welche durch geeignete bautechnische Maßnahmen der Außenschale im Bereich des Innenschalenblockes F-023 aufzunehmen sind.

Hierzu gehören insbesondere:

1. nachträgliche Erhöhung der Außenschalendicke im Bereich der Anbindung auf bis zu 120 cm
2. Einbau zweiteiliger Schubdübel im Raster von bis zu 30 cm x 15 cm, um die Verbundwirkung der einzelnen Spritzbetonlagen durch eine optimierte Schubkraftübertragung zu erhöhen
3. Berücksichtigung der Druckfestigkeitsentwicklung des Spritzbetons  $> 28$  Tage
4. Berücksichtigung Bewehrungszulagen zusätzlich zu der bereits in Abschnitt 2.1 beschriebenen Bewehrung, d.h. in Summe 4-lagige Bewehrung mit Stabzulagen mit Durchmesser bis zu 32 mm
5. Erhöhung der Längsbewehrung auf 20% der Radialbewehrung

Das nachträgliche Verstärken der Außenschale verringert das „Anziehen“ von Schnittkräften durch die Spannungsumlagerungen im Gebirge bereits beim Herstellen der Hauptrohren durch die sonst höhere Schalenstärke (erhöhte Biegesteifigkeit).

Mit diesen vorgesehenen Maßnahmen war es möglich, die statischen Nachweise für die Außenschale des Kreuzungsbereiches sowie die Detailnachweise wie z.B.:

1. Übertragung der Einwirkungen von der Außenschale in den Verstärkungsbereich
2. Kraftübertragung in der Fuge zwischen Außenschale und Verstärkungsbereich

zu führen.

Im Zuge der Bemessung der Innenschale wurde deutlich, dass diese mit der geplanten Dicke von 100 cm die Einwirkungen zufolge Gebirgs- und Wasserdruck nicht aufnehmen kann. Daher wurde beschlossen, die Außenschale als dauerhaftes Bauwerk so zu konzipieren, dass die Innenschale ohne Gebirgsdruck bemessen werden kann.

Zur Gewährleistung der Dauerhaftigkeit der Spritzbetonschale war sicher zu stellen, dass die Verformungen der Außenschale nach dem Einbau der Innenschale nicht zu einer Belastung derselben führen. Nachdem die Innenschale erst nach dem vollständigen Auffahren aller Außenschalen im VzBW eingebaut wurde, ist davon auszugehen, dass die Lastumlagerungen im Gebirge abgeschlossen sind. Verformungen der Außenschale können somit lediglich durch auftretende Kriechverformungen im Spritzbeton auftreten. Es konnte nachgewiesen werden, dass einerseits ein Anteil des Kriechens der Außenschale vor dem Einbau der Innenschale aufgetreten ist und der verbleibende Anteil kleiner ist, als die zu erwartenden Kriechverformungen der Innenschale.

Des Weiteren wurde gemäß Regelwerk für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit die Einhaltung einer Betondruckspannung von  $< 0,6 f_{ck}$  zur Vermeidung von Mikrorissbildung in Druckspannungsrichtung nachgewiesen.

Neben den oben angeführten Nachweisen ist bei einem dauerhaften Betonbauwerk der Nachweis zur Begrenzung der Rissweite zu führen. Im vorliegenden Fall war der Querschnitt in radialer Richtung großteils überdrückt. Somit war keine bautechnisch relevante Rissbreite möglich. Weiteres wurde die Gebrauchstauglichkeit der Außenschale als untergeordnet angesehen, da weder ein Anspruch auf Dichtigkeit (Dichtigkeit deckt die Innenschale ab) noch Verformung (größtenteils abgeschlossen) erhoben wurde. Zur Einhaltung der Dauerhaftigkeit wurde aus diesem Grund eine dem Regelwerk entsprechende Betondeckung von  $>6$  cm vorgesehen. Diese wurde bergseitig durch eine Vergrößerung der Schalenstärke und luftseitig durch Berücksichtigung des Abdichtungsträgers gewährleistet. Der Abdichtungsträger wurde erst unmittelbar vor dem Einbau der Innenschale aufgetragen, sodass dieser spannungs- und rissfrei blieb. Zusätzlich wurde die Bewehrung bergseitig in der Außenschale und luftseitig im Verstärkungsbereich verzinkt ausgeführt.

Neben den oben angeführten Maßnahmen zur Gewährleistung der Dauerhaftigkeit wurde die Bewehrung der minderbeanspruchten Richtung auf  $\geq 20\%$  der höherbeanspruchten Richtung erhöht.

Durch die beschriebenen Maßnahmen wurde die Planung und Herstellung einer dauerhaften Außenschale im Kreuzungsbereich (Innenschalenblock F-023) ermöglicht.

### 2.3 Bereich der eingleisigen Querschnitte (dauerhafte Betonpfeiler)

Am Ende des Verzweigungsbauwerkes gehen die zwei 2-gleisigen Querschnitte in jeweils zwei 1-gleisige Querschnitte über. Zur Reduktion des erforderlichen Aufweitungsquerschnitts wurde vom 1-gleisigen kreisrunden Regelprofil abgewichen und Sonderquerschnitte mit senkrechter Wandausbildung geplant. Aufgrund der geringen Gebirgsfestigkeit erfolgte die „Verfüllung“ des verbleibenden Gebirgspfeilers mit Spritzbeton bzw. Ortbeton.

Die senkrechten Wandpfeiler wurden sukzessive in die oval-förmig nacheinander hergestellten 1-gleisigen Außenschalenquerschnitte eingebaut. Der Bauablauf ist Abbildung 3 zu entnehmen.

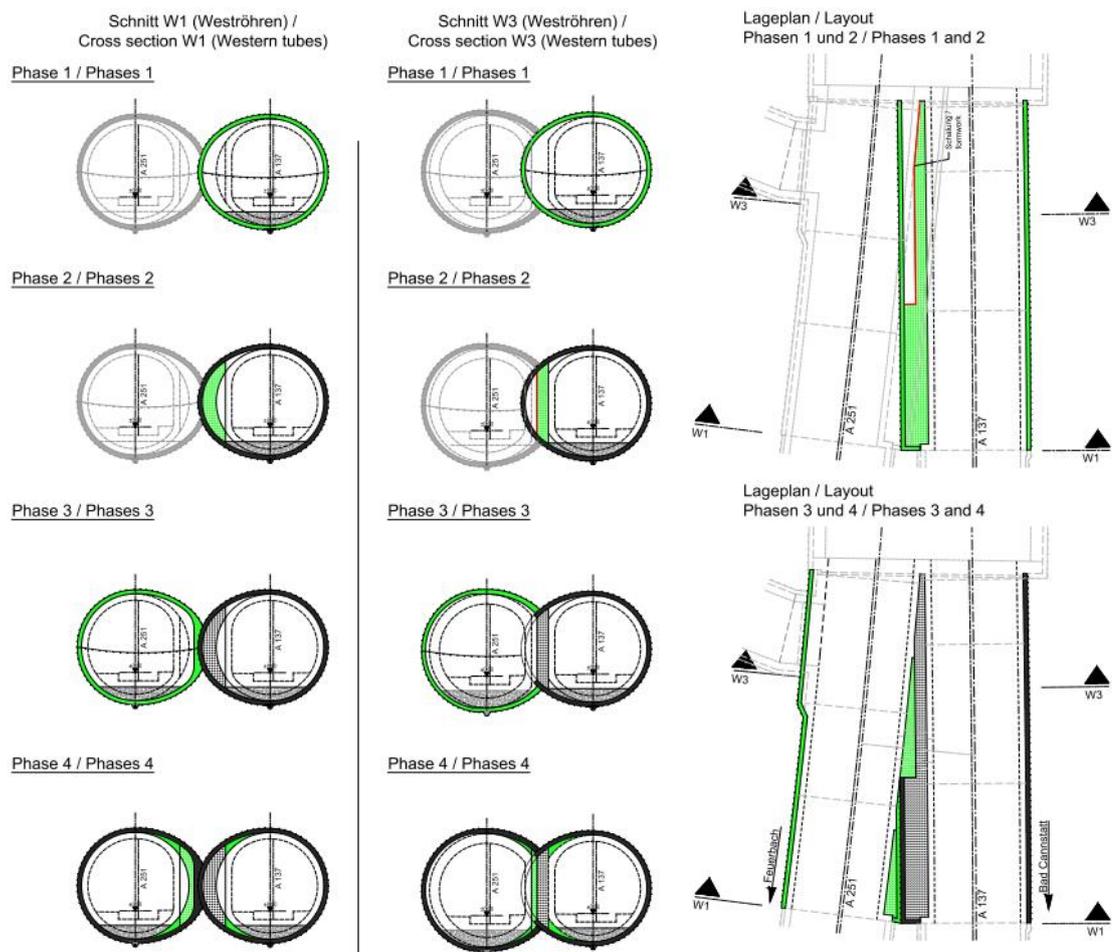


Abbildung 3: Vortriebskonzept/Vortriebsfolge 1-gleisige Querschnitte mit Wandmittelpfeiler im Bereich des Verzweigungsbauwerkes Kriegsberg

Figure 3: Excavation concept/sequence of single-track cross sections and central pillar wall in the area of the "Kriegsberg" bifurcation structure

Aufgrund der hohen Auslastung war es erforderlich, dass die Bereiche mit geringer Pfeilerstärke als dauerhaftes Bauwerk unter Berücksichtigung der Trag- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise erstellt wurden, um die geometrisch „ungünstige“ Innenschale entlasten und bemessen zu können.

### **3 BAUTECHNISCHE UMSETZUNG**

#### **3.1 Regelvortrieb 2-gleisiger Querschnitt**

Gemäß der Vortriebsplanung wurde in der Achse 177 mit der Ulme rechts (Querschnitt 1) begonnen. Unter Zugrundelegung der Nachlaufkriterien folgte die Ulme links (Querschnitt 2) und der dazwischenliegende Kern (Querschnitt 3). Zeitlich versetzt wurde die parallel verlaufende Röhre in Achse 137 unter denselben Rahmenbedingungen angefahren. In der Achse 177 wurden die Vortriebsarbeiten im Oktober 2016 bei Station TM 210,6, in der Achse 137 im Januar 2017 bei Station TM 206,0 fertiggestellt und dauerten somit in Summe ca. 19 Monate.



Abbildung 4: Umenstollen- und Kernvortrieb 2-gleisiger Querschnitt im Bereich des Verzweigungsbauwerkes Kriegsberg

Figure 4: Side wall drift and core excavation of twin-track cross section in the area of the "Kriegsberg" bifurcation structure

Grundsätzlich erfolgte der Vortrieb wie beschrieben im Ulmenstollenverfahren. Die Abschlagslänge der Teilquerschnitte betrug über weite Strecken nur 0,5 m.

Die Arbeiten erfolgten im Portalbereich im Schutz von Rohrschirmen, später wurden Spießschirme für die vorausseilende Sicherung verbaut. Für die Ortsbrustsicherung wurden Selbstbohranker mit Längen von 18 m in einem Raster bis 1,5 m x 1,5 m gebohrt. Radial erfolgte die Systemankerung mittels 6 m langer Injektionsselbstbohranker. Nach jedem Abschlag war plangemäß ein Gitterbogen einzubauen. Insbesondere der Ausbau wich erheblich von den sonst bekannten Vortriebsarbeiten ab. Hauptsächlich der mehrlagige Bewehrungseinbau, bestehend aus starken Matten und massiven, in der Außenschale unüblichen vorgebogenen, Stabstahlzulagen bis  $\varnothing = 28$  mm, verlangte dem Vortriebspersonal viel ab. Neben dem

hohen Gewicht der einzelnen Stabzulagen mit Längen bis 8 m (rd. 40 kg), welche lagegenau eingebaut werden mussten, erschwerten die erforderlichen luftseitigen Schraubmuffenverbindungen im Übergang der Teilquerschnitte bei gleichzeitig sehr beengten Platzverhältnissen den Einbau der erforderlichen Stützmittel. Der Arbeitsraum betrug ca. 1 m. Das Freilegen der Anschlussbewehrung erfolgte mit größtmöglicher Sorgfalt um den Einbau der Muffen zu ermöglichen (Abbildung 5). Um die zu erwartenden Spritzschatten zu vermeiden, wurde es erforderlich, nach jedem Arbeitsschritt eine Lage Spritzbeton aufzubringen.



Abbildung 5: Einbau Muffen und lagenweiser Einbau Spritzbeton am Übergang Kalotte/Strosse

Figure 5: Installation of fittings and layered installation of shotcrete at the transition between the top heading and bench

Nach anfänglichen Startschwierigkeiten, die zu einer verlängerten Einarbeitungsphase führten, konnten die Regelvortriebe der 2-gleisigen Röhren ohne besondere Ereignisse aufgeföhren werden.

### 3.2 Kreuzungsbereich Verbindungsbauwerk 1.5.2.7

Für das Auffahren des Vbw's im Bereich des statisch hoch ausgelasteten 2-gleisigen Regelquerschnittes wurden die in Kapitel 2.2 beschriebenen Verstärkungen im Kreuzungsbereich erforderlich.

Hierzu wurden bereits im Zuge des Regelvortriebes in den Hauptröhren ein erstes Element der zweiteiligen Schubdübel (Phase 1) in die Spritzbetonschale eingebaut, um in weiterer Folge einen Verbund zwischen den weiteren Spritzbetonlagen herstellen zu können (Abbildung 6).



Abbildung 6a

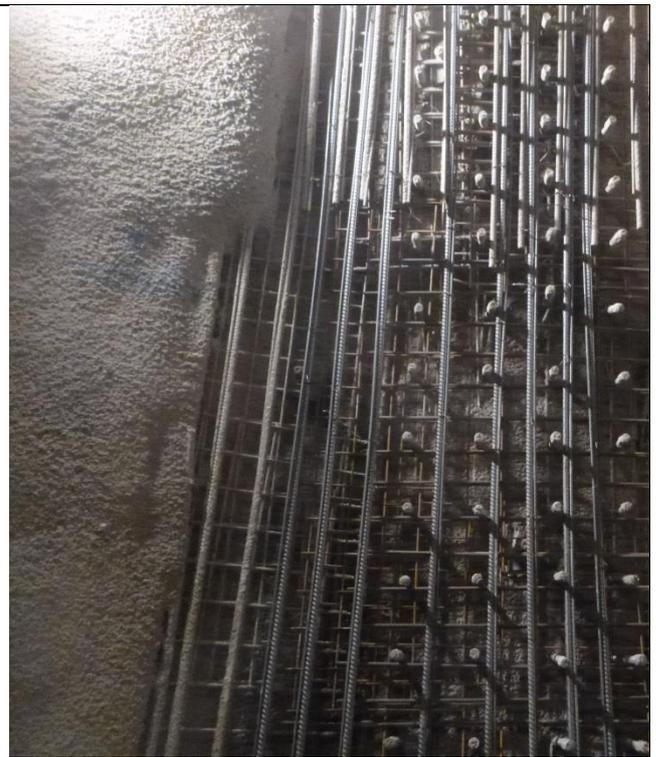


Abbildung 6b

Abbildung 6: Bewehrung sowie Schubdübel Phase 1 im Anschlagbereich VBW 1.5.2.7 der Achse A177

Figure 6: Reinforcement and shear dowel phase 1 at the start of the cross passage 1.5.2.7 in tunnel axis A177

Die Schubdübel für die Phase 1 wurden jeweils als „Paar“ auf Lochblechen auf die Baustelle geliefert um einen lagegenauen Einbau gewährleisten zu können (Abbildung 7).



Abbildung 7: Einbau Schubdübel (Phase 1) im Anschlagbereich VBW 1.5.2.7 der Achse A177

Figure 7: Installation of shear dowel (phase 1) at the start of the cross passage 1.5.2.7 in tunnel axis A177

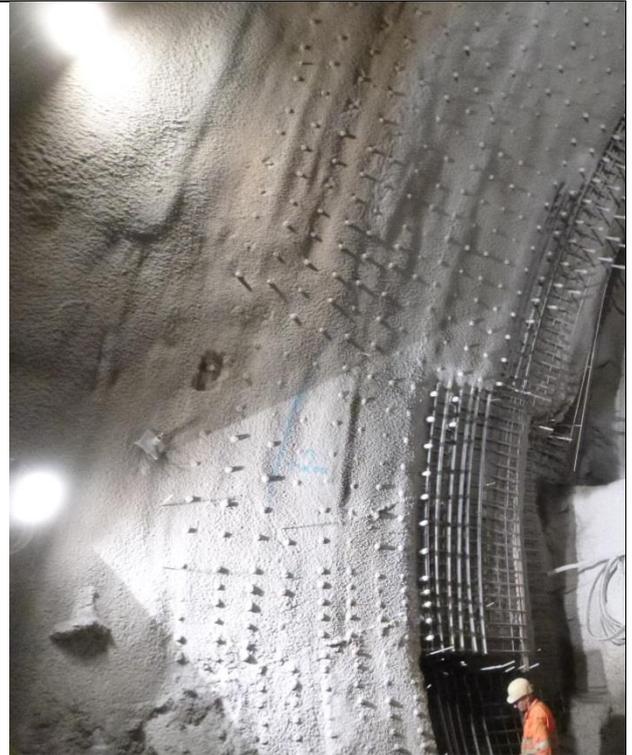
Nach dem Abschluss der Vortriebsarbeiten der 2- und 1-gleisigen Querschnitte im VzBW begannen die Vorbereitungsmaßnahmen für den Anschlag des Vbw's. Hierzu wurden folgende Arbeiten erforderlich:

1. „Verlängerung“ der Schubdübel (Phase 2) (siehe Abbildung 8 a)
2. Einbau Bewehrung mit  $\varnothing$  28 mm bis  $\varnothing$  32 mm alle 15 cm
3. Lageweises Auftragen Spritzbeton bis zu einer Gesamtdicke von 120 cm (siehe Abbildung 8 b)

Neben diesen beschriebenen bautechnisch sehr anspruchsvollen Arbeiten kamen weitere Erschwernisse, wie z.B. teilweise verzinkte Bewehrung (siehe Abbildung 8 c) und die erhöhte Längsbewehrung, durch die Umsetzung einer dauerhaften Spritzbetonaußenschale im Kreuzungsbereich hinzu.



Abbildung/Figure 8a



Abbildung/Figure 8b



Abbildung/Figure 8c

Abbildung 8: a – Verlängerung Schubdübel Phase 2, b – lageweiser Einbau Spritzbeton, c – verzinkte Bewehrung im Anschlagbereich VBW 1.5.2.7 der Achse A177

Figure 8: a – Extension of shear dowel phase 2, b – Layered installation of shotcrete c – Galvanized reinforcement in tunnel axis A177 near the start of the cross passage 1.5.2.7

Wie Abbildung 8 zu entnehmen ist, stellten die Vortriebsarbeiten mit den riesigen Bewehrungsmengen, dem Einbau der zweiteiligen Schubdübel, der reduzierten Abschlagslänge von 0,5 m, der hohen Längsbewehrung und der „empfindlichen“ teilweise verzinkten Bewehrung eine große Herausforderung dar.

### **3.3 Bereich der eingleisigen Querschnitte (dauerhafte Betonpfeiler)**

Im Anschluss an die beiden 2-gleisigen Röhren befindet sich der Wechsel in jeweils zwei 1-gleisige Querschnitte.

Hervorzuheben ist hier der verhältnismäßig „filigrane“ Mittelpfeiler zwischen den Röhren. Vortriebstechnisch waren, abgesehen von den vorgegebenen Abfolgen hinsichtlich der in Ortbeton herzustellenden Trennwand, keine außergewöhnlichen Maßnahmen erforderlich.

## **4 RÜCKBLICK**

Rückblickend betrachtet handelt es sich beim Vortrieb des VzBW's mit den zwei 2-gleisigen Röhren und dem Übergang in die vier 1-gleisigen Röhren sowie dem VbW um ein beeindruckendes Bauwerk. Insbesondere bestehen die Dimensionen der 2-gleisigen Querschnitte mit Breiten bis ca. 22 m und Höhen bis ca. 15 m sowie dem abzweigenden VbW.

Die erforderlichen planerischen und bautechnischen Details stellten eine große Herausforderung dar, konnten aber letztendlich gemeinsam mit dem Bauherrn und allen weiteren Beteiligten erfolgreich gelöst und umgesetzt werden.



Abbildung 9: Kreuzungsbereich A177 mit dem Vbw 1.5.2.7 nach Fertigstellung des Vortriebes mit Ortbetonmittelpfeiler

Figure 9: Junction of A177 with the cross passage 1.5.2.7 after completion of excavation with in-situ central pillar

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Längsschnitt und Lageplan des Verzweigungsbauwerkes Kriegsberg mit Verbindungsbauwerk 1.5.2.7	4
Abbildung 2: Vortriebskonzept/Vortriebsfolge, Nachlaufkriterium Ulmenstollenvortrieb und Regelquerschnitte im Bereich des Verzweigungsbauwerkes Kriegsberg	5
Abbildung 3: Vortriebskonzept/Vortriebsfolge eingleisige Querschnitte mit Wandmittelpfeiler im Bereich des Verzweigungsbauwerkes Kriegsberg	10
Abbildung 4: Umenstollen- und Kernvortrieb 2-gleisiger Querschnitt im Bereich des Verzweigungsbauwerkes Kriegsberg	11
Abbildung 5: Einbau Muffen und lagenweiser Einbau Spritzbeton am Übergang Kalotte/Strosse	12
Abbildung 6a und 6b: Bewehrung sowie Schubdübel Phase 1 im Anschlagbereich VBW 1.5.2.7 der Achse A177	13
Abbildung 7: Einbau Schubdübel (Phase 1) im Anschlagbereich VBW 1.5.2.7 der Achse A177	14
Abbildung 8: a – Verlängerung Schubdübel Phase 2, b – lagenweiser Einbau Spritzbeton, c – verzinkte Bewehrung im Anschlagbereich VBW 1.5.2.7 der Achse A177	15
Abbildung 9: Kreuzungsbereich A177 mit dem Vbw 1.5.2.7 nach Fertigstellung des Vortriebes mit Ortbetonmittelpfeiler	17

