

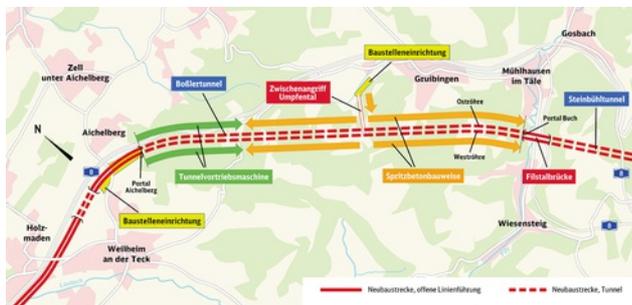
# Großprojekt Stuttgart–Ulm

## Albaufstiegstunnel Boßler- und Steinbühltunnel

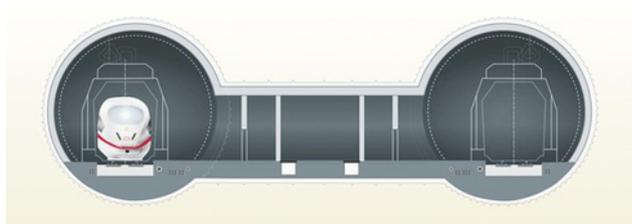
Ing. Kurt Joham

Unter der Federführung der PORR werden im Zuge des Großprojektes Stuttgart 21 und der Neubaustrecke Wendlingen–Ulm der Deutschen Bahn (DB) derzeit vier Projekte mit einem Projektvolumen von mehr als 1,6 Mrd. EUR umgesetzt.

Der Bauabschnitt Albaufstieg ist der zentrale Teil der 59,6 km langen DB-Neubaustrecke von Wendlingen nach Ulm. Zwischen dem Ausgangspunkt Wendlingen nahe Stuttgart und dem Ziel Ulm quert die von Nord-West nach Süd-Ost verlaufende Trasse den gesamten Gebirgszug der Schwäbischen Alb. Herzstück dieses Bauabschnittes bilden der zweiröhrige Boßlertunnel und der zweiröhrige Steinbühltunnel.



NBS Wendlingen-Ulm mit Boßlertunnel, Filstalbrücke und Steinbühltunnel  
Bild: Deutsche Bahn



Tunnelsystem mit je einer Fahrröhre und Verbindungsbauwerken alle 500 m  
Bild: Deutsche Bahn

### Vorgeschichte

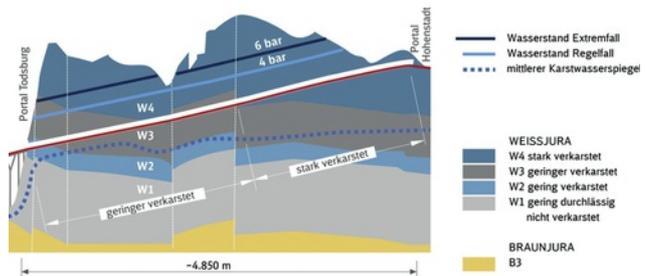
Im Februar 2012 wurde von der DB Netze AG die Baumaßnahme „NBS Wendlingen–Ulm, Planfeststellungsabschnitt 2.2 Albaufstiegstunnel“ im Verhandlungsverfahren zur Ausschreibung gebracht. Das Projekt, aufgliedert in drei Baulose, umfasst die jeweils zweiröhrigen Tunnelbauwerke Boßlertunnel, mit einer Gesamtlänge von 8.806 m (Baulos 1 und 2) und Steinbühltunnel, mit einer Gesamtlänge von 4.847 m (Baulos 3).

Mit Angebotslegung im Mai 2012 wurden von der österreichischen Arbeitsgemeinschaft „Tunnel Albaufstieg (ATA)“, unter Federführung der PORR alle drei Baulose angeboten. Im folgenden Verhandlungsverfahren, das sich bis in den Oktober 2012 erstreckte, wurde die ATA mit einem Sondervorschlag, „gemeinsame Beauftragung aller

drei Baulose mit Einsatz einer TVM im Baulos 1 innerhalb der vom AG festgelegten Vortriebsstationen“, beauftragt.

### Der Steinbühltunnel

Der Steinbühltunnel durchfährt ausschließlich Schichten des Weißjura, beginnend am Filstal mit dem Oxfordium 2, anschließend das Kimmeridgium 1, das Kimmeridgium 2 und die Unteren Massenkalk. Insbesondere im Bereich der Massenkalk war von starken Verkarstungen auszugehen.



Geologischer Längenschnitt Steinbühltunnel  
Bild: Deutsche Bahn

Die Bauarbeiten am Steinbühltunnel wurden plangemäß im Frühjahr 2013 mit den Aushubarbeiten an der Baugrube Pfaffenäcker nahe Hohenstadt begonnen. Mit dem feierlichen Tunnelanschlag am 19. Juli 2013 erfolgte der Startschuss der untertägigen Arbeiten für die zwei Vortriebsröhren nach Norden und die zwei kurzen Vortriebsäste nach Süden in der Baugrube Pfaffenäcker. Der Vortrieb – Ausbruch und Sicherung – basierend auf den Grundlagen der Neuen Österreichischen Tunnelbaumethode (NÖT), erfolgte im Steinbühltunnel zur Gänze im konventionellen, zyklischen Spreng- und Baggervortrieb. Die auf der sicheren Seite liegenden Annahmen der Ausschreibung zur Verkarstung wurden in deutlich geringerem Ausmaß angetroffen, sodass sich die Vortriebsarbeiten zusammenfassend ohne nennenswerte Probleme gestalteten.

Die wesentlichen Eckdaten des Tunnelbauwerkes beinhalten einen Ausbruchsquerschnitt von rund 93 m² und eine maximale Tunnellängsneigung von 25 ‰.



Konventioneller Vortrieb: NÖT am Steinbühltunnel  
Bild: ATA

Der Steinbühlentunnel wurde konventionell mit üblicher Querschnittsunterteilung in Kalotte, Strosse und Sohle aufgeföhren. Die Ausbruchmassen wurden mittels Förderband direkt vom Vortrieb auf eine planfestgestellte Seitenablagerung, ohne Belastung der örtlichen Infrastruktur, transportiert und eingebaut. Zusätzlich konnte ein maßgeblicher Anteil des Tunnelausbruchs über eine Materialaufbereitung vor Ort einer Weiterverwendung zugeführt werden.



Materialförderung und Aufbereitung am Portal Hohenstadt  
Bild: Arnim Kilgus

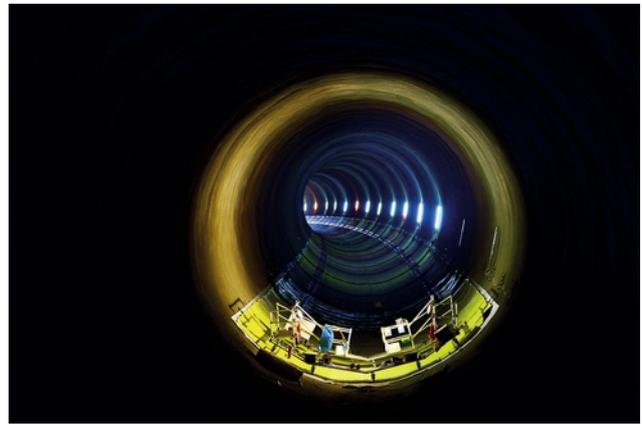
Zusätzlich zu den Tunnelröhren waren insgesamt auch noch neun Verbindungsbauwerke herzustellen. Durch die Anpassung der Verbindungsbauwerke an die Logistikparameter im Vortrieb konnten die Ausbruchsarbeiten mit Spitzenleistungen im Vortrieb umgesetzt werden.



Bahntunnel mit Verbindungsbauwerk am Steinbühlentunnel  
Bild: ATA

Der Durchschlag der beiden Tunnelröhren in das Filstal erfolgte im September 2015, mehr als sechs Monate vor dem vertraglich festgelegten Durchschlagstermin.

Der konventionell in Spritzbetonbauweise aufgeföhrene Steinbühlentunnel erhält im Anschluss an den Vortrieb, nach dem Einbau einer Kunststofffolienabdichtung, eine bewehrte Innenschale in Ortbetonbauweise mit einer jeweiligen Abschnittslänge von 12,5 m, unterteilt in einen Sohlabschnitt und dem Ringbetonabschnitt. Zur Herstellung der Innenschale werden zwei Innenausbausysteme, jeweils bestehend aus Abdichtung, Bewehrung, Beton und Nacharbeitsabschnitten eingesetzt.



Tunnelabdichtung durch IAT/PORR  
Bild: ATA

Die Fertigstellung der Innenschale in der Weströhre erfolgte bereits im Dezember 2016. Die Fertigstellung der Innenschale in der Oströhre wird bis Mitte 2017 erwartet. Nach dem nachfolgenden Ausbau der Verbindungsbauwerke, der Gehwege und dem Einbau von 425 km Kabelrohren ist die Gesamtfertigstellung der Arbeiten am Steinbühlentunnel und damit die Einhaltung des vertraglichen Fertigstellungstermins im Februar 2019, mit Mitte 2018 bereits heute sichergestellt.



Bewehrter Ringbeton: d=45 cm, Blocklänge=12,5 m  
Bild: ATA



4,8 km fertiggestellte Innenschale vor dem Fahrbahnausbau  
Bild: ATA

**Der Boßlertunnel – die andere „Projektgalaxie“**  
Für das Aufföhren des Boßlertunnels

waren zwei Angriffspunkte vorgesehen, einer am Nordportal Aichelberg für das Auffahren des Bauloses 1 in Richtung Süden und ein zweiter, als 950 m langer Zugangstollen im Umpfental, für das Auffahren des Bauloses 2 – sowohl als Gegenvortrieb nach Norden als auch nach Süden zum Südportal Buch. Als Vortriebssystem war vom Auftraggeber ein Sprengvortrieb in Spritzbetonbauweise vorgegeben.

Lediglich für 2.900 Tunnelmeter im Baulos 1, ab dem Portal Aichelberg war auch ein Sondervorschlag für ein maschinelles Auffahren (TVM-Vortrieb) zugelassen. Der Einsatz einer TVM wurde jedoch bis Bau-km 42 und 100 (entspricht 2.900 m) strikt begrenzt.

**Maßgebliche Federführung der PORR: mit technischem Know-how und Innovationskraft zum Erfolg**

Mit Angebotslegung im Mai 2012 wurden von der österreichischen Arbeitsgemeinschaft „Tunnel Alaufstieg (ATA)“, unter Federführung der PORR, alle drei Baulose angeboten. Im folgenden Verhandlungsverfahren, das sich bis in den Oktober 2012 erstreckt hat, wurde die ATA mit einem Sondervorschlag, „gemeinsame Beauftragung aller drei Baulose mit Einsatz einer TVM im Baulos 1 innerhalb der vom AG festgelegten Vortriebsstationen“, beauftragt.

Die PORR war von Anbeginn überzeugt, dass mit der vorhandenen, neuesten Maschinenteknik ein TVM-Vortrieb für eine weit größere Strecke des Boßlertunnels möglich und machbar sein sollte und die bereits vorhandenen TVM- und Infrastruktureinrichtungen optimiert genutzt werden können.

Die ATA hat daher nach Auftragsvergabe 2012 unter der maßgeblichen Federführung der PORR dem Auftraggeber ein Optimierungsangebot für einen erweiterten TVM-Vortrieb in den Baulosen 1 und 2 für den gesamten Boßlertunnel vorgelegt.

Damit war der Grundstein für einen technisch innovativen, in der gemeinsamen schrittweisen Umsetzung sehr schwierigen und aufwendigen Weg gelegt, dessen besondere Herausforderung in der gemeinsamen Suche und Festlegung der notwendigen Schritte zur Sicherstellung dieses AN-Vorschlages gelegen war, der die Projektbeteiligten folgend noch vier Jahre massiv beanspruchen sollte.

Erstmals in der Projektgeschichte des Tunnelbaus wurde mit dem Optimierungsvorhaben ein über zehn Jahre hinweg entwickeltes Großprojekt, im Zuge der Baudurchführung auf eine komplett neue technische und vertragliche Projektgrundlage umgestellt.



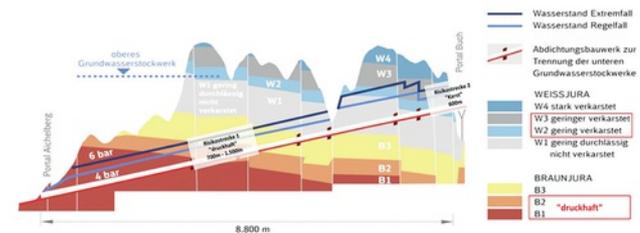
Aus 17.500 m Spritzbetonröhre ...  
Bild: ATA



... werden 17.500 m Tübbingröhre.  
Bild: ATA

**Konzept der Projektoptimierung**

Im Sommer 2013 war das vorläufige Ziel der Optimierung, den TVM-Vortrieb in der Oströhre um 900 m bis vor den druckhaften Bereich zu verlängern, dann die TVM über ca. 1,5 km durch die mit Spritzbetonbauweise vorweg hergestellte Oströhre durchzuziehen und den Rest des Tunnels in der Weißjura mit der TVM aufzufahren. In der Weströhre sollte bei Bedarf der druckhafte Gebirgsabschnitt in der Braunjura mit 880 m Länge über einen Querschlag mit der Spritzbetonbauweise aufgefahren werden. Nach dem Mitte 2013 absehbaren Bauablaufplan sollte der Zugangstollen Umpfental bis etwa Jahresende 2013 die Schichten des Braunjura erreichen, welche auch bereits gemäß Prognose für die Spritzbetonbauweise im Zugangstollen Umpfental druckhafte Verhältnisse prognostizierten. Von der Kreuzung des Zugangstollens mit der Oströhre aus war geplant, in Spritzbetonbauweise den fallenden Vortrieb in der Oströhre bis einschließlich des stark druckhaften Bereichs durch die Bajocium- und Aalenium-Schichten der Braunjura aufzufahren.

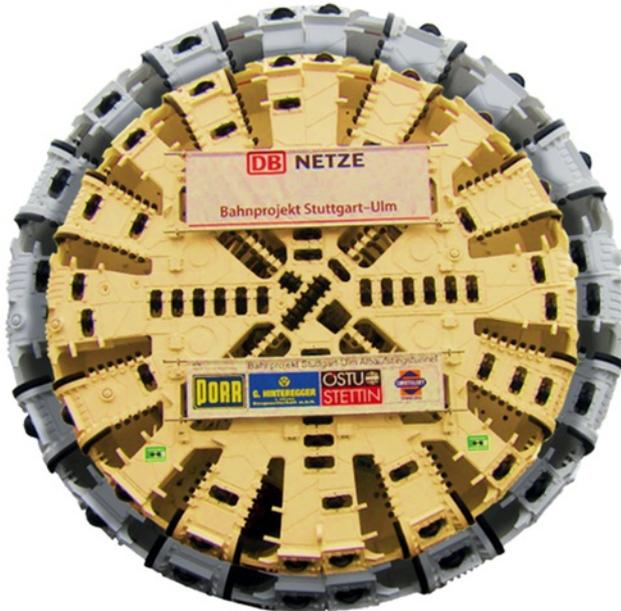


Risikobereiche der TVM-Fahrt  
Bild: ATA

Dieser Vorlauf der Spritzbetonvortriebe des Zugangstollens und eines Teils der Oströhre ermöglichte die Entwicklung eines Konzeptes zur Gewinnung von neuen Erkenntnissen

und folgender Nachjustierung der felsmechanischen Kennwerte, bevor der TVM-Vortrieb beginnen sollte, bzw. bevor die TVM den gemäß Prognose druckhaften Bereich erreichen würde.

Die Konzeptionierung und Bestellung der TVM musste bereits mit Projektbeginn auf eine später umzusetzende Optimierung auf Risiko der ATA erfolgen.



Vergrößerung des Bohrkopfdurchmesser zum Einbau von Tübbing; d=45 cm und d=65 cm  
Bild: ATA



TVM-Bohrkopf  
Bild: ATA

**TVM-Systemdaten**

<b>TVM</b>	Herrenknecht
Durchmesser	11,39 m
Type	Erddruckschild (90 mm)
Open & Close-Modus	möglich
Installierte Leistung	7.200 kW
Vorschubleistung	127.000 kN
Max. benötigt in Oströhre	70.000 kN
Schneckenförderung	1.200 kW – 120 cm
Systemsteuerung	100 % digitalisiert
Systemdokumentation	100 % digitalisiert
<b>Infrastruktur</b>	Gleisbetrieb
Rolling Stock	2x Traktion 4 % Steigung
Förderband	100 cm – Gewebeband
Förderbandlänge	9.300 m
Ringspaltverfüllung	Bikomponentensystem
Pumpleistung	Transferpumpen 48 bar
Lüfterleistung	400 kW
<b>Tübbingausbau</b>	
Tübbingproduktion	PORR/MABA
Tübbingproduktion	12 Schalsätze d=45/65 cm
Tübbingsystem	6+1
Tübbinglager	1.200 Ringe
Gesamtringe	8.750 / 61.250 Steine



Portalvorfeld Aichelberg mit Tübbingfabrikation und Projektleitung  
Bild: DB-PSU Stuttgart

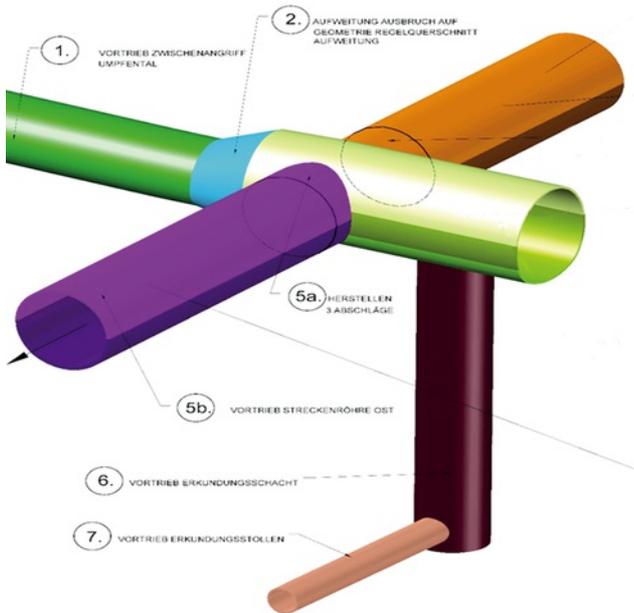


TVM am Portal Aichelberg  
Bild: ATA

**Nachweise der Machbarkeit**

In den folgenden vier Projektjahren mussten zum Nachweis der Machbarkeit umfangreiche Planungsleistungen, zum Teil Mehrfachplanungen und aufwendige Versuchsprogramme, umgesetzt werden.

Die Hauptmaßnahmen sind folgend dargestellt:



Systemskizze zum Erkundungsschacht und Stollen im Boßlertunnel zur Voraberkundung prognostizierter druckhafter Gebirgsbereiche.  
Bild: ATA



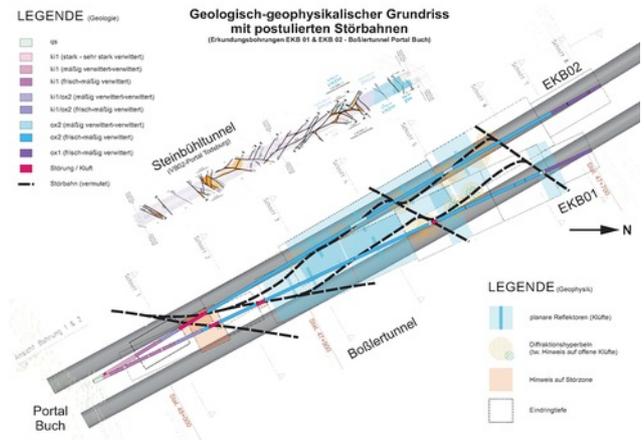
Umfangreiche messtechnische Überwachungen aller Bauabschnitte. Hier zu sehen: Messsysteme im Tübbing zur Ermittlung der Auslastung.  
Bild: ATA



TVM auf der Durchfahrt durch die zuvor konventionell aufgefahrenen Erkundungsstrecke im Zwischenangriff Umpfental  
Bild: ATA



Erkundungsschacht: Tiefe 55 m, Durchmesser 8 m  
Bild: ATA



Zwei Horizontalbohrungen mit je 360 m Länge mit anschließenden Georadar-Crosshole-Messungen zur Karsterkundung, Portal Buch  
Bild: ATA



Erkundungsstollen: Durchmesser 3,6 m am Schachtfuß zur Voraberkundung druckhaft prognostizierter Tunnelabschnitte  
Bild: ATA

**Der lange Weg zur bauvertraglichen Umsetzung der Projektoptimierung**

Neben der technischen Herausforderung einer erweiterten Schildfahrt im Boßlertunnel, galt es hierfür auch die bauvertraglichen Voraussetzungen und Vereinbarungen zu schaffen, basierte doch der Auftrag im Wesentlichen auf dem vorgesehenen Tunnelvortrieb in Spritzbetonbauweise. Obwohl Auftraggeber und Auftragnehmer bemüht waren bauvertraglich für eine „best case“ TVM-Fahrt und eine „worst case“ TVM-Fahrt vorzusorgen, waren dazu lange Verhandlungen nötig, bedingt

durch die beschriebene ständige Weiterentwicklung der wahrscheinlich machbaren TVM-Strecken mit daraus unmittelbar resultierenden bauvertraglichen Auswirkungen. Mehr als 15 Projektablaufszenarien mussten über vier Jahre hinweg bauvertraglich abgehandelt werden. Trotz zahlreicher technischer und vertraglicher Rückschläge konnten die machbaren TVM-Strecken trotzdem stetig ausgebaut werden, bis die TVM letztendlich 2016 das Südportal des Boßlertunnels erreicht hatte.

Insgesamt drei bauvertragliche Vereinbarungen zur grundsätzlichen Umsetzung der erweiterten TVM-Fahrt wurden von 2012 bis 2016 erstellt und konnten schlussendlich erst mit dem TVM-Durchschlag am Portal Buch im November 2016 finalisiert werden. In diesem langen Zeitraum musste die ATA ein technisches, vertragliches und wirtschaftliches Risiko eingehen und war, trotz des jederzeit deklarierten und tatkräftig gelebten Willens des Auftraggebers, dem Risiko des nicht gesicherten Ausganges der noch offenen Nachweisführungen ausgesetzt.

**Der Meilenstein im November 2016**

Am 6. November 2016 konnte, nach einer 18-monatigen, ungestörten Schildfahrt der Durchschlag am Südportal des Boßlertunnels erreicht werden.



Durchschlag der Oströhre am 6.11.2016  
Bild: ATA

Ausgehend von einer mutigen Entscheidung 2012 und dem Durchschlag der Oströhre, nach 8.760 m TVM-Vortrieb, kann die optimierte TVM-Fahrt am Boßlertunnel für alle Beteiligten bereits jetzt als voller Erfolg bezeichnet werden.

Mit der Optimierung des Tunnelausbruchs am Boßlertunnel konnte die PORR wiederum das technische Know-how und die Innovationskraft ihrer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter unter Beweis stellen. Hier gilt unser Dank aus dem Projektteam nicht nur unserer motivierten, teamorientierten und konditionsstarken Mannschaft in der Bauausführung, sondern auch der gesamten Konzernleitung der PORR, die durch ihr Vertrauen in ihre Mitarbeiter und mit persönlichem Einsatz diese einmalige, schwere und risikoreiche Aufgabe mit zum Erfolg geführt hat.

**Tunnelausbauten**

Nach der Fertigstellung von Ausbruch und Innenschale werden die Tunnel bis 2019 an den seitlichen Bereichen mit Notgehwegen ausgebaut, welche die erforderlichen

Kabeltrassen mit ca. 425.000 lfm Kabelrohren, die Löschwasserleitung mit rund 27.000 lfm und rund 70.000 m³ Beton beinhalten werden. Weiters umfasst das Projekt Verbindungsbauwerke im Abstand von maximal 500 m. Der Boßlertunnel erhält somit 17 Verbindungsbauwerke, der Steinbühlentunnel neun. Die Innenschale der Notausgänge wird, wie der Haupttunnel, druckwasserhaltend mit WUBK und außenliegender Kunststoffdichtungsbahn hergestellt. Die Notausgänge sind mit feuerhemmenden und rauchdichten Schleusen ausgestattet. Jedes zweite Verbindungsbauwerk erhält zusätzliche Betriebsräume für die Unterbringung von eisenbahntechnischen Betriebseinrichtungen sowie Löschwasserbehälter zur Bevorratung von Löschwasser für den Ereignisfall.

**Bauwerksübergabe – Inbetriebnahme**

Die Rohbaufertigstellung und Bauwerksübergabe der Alaufstiegstunnel an den Auftraggeber ist für das 1. Quartal 2019 vorgesehen. Die Inbetriebnahme der Gesamtstrecke des Bahnprojekts Stuttgart Ulm ist für 2021 geplant.



Querung des Filstales nach 8,8 km Tunnelfahrt  
Bild: ATA



Ausfahrt aus den Albtunneln in Hohenstadt in Richtung Ulm nach weiteren 5 km  
Bild: ATA

**Weitere Impressionen der Alaufstiegstunnel**



Tübbingausbau Boßlertunnel Oströhre 2016  
Bild: ATA



Kreuzungsbauwerk Zugangsstollen Umpfental am Boßlertunnel  
Bild: ATA



Boßlertunnel: Portal Aichelberg, Materialförderung  
Bild: ATA



Boßlertunnel: Portal Aichelberg, Tübbingproduktion und Lager PORR/MABA  
Bild: ATA



Steinbühlertunnel: Materialförderung über dem Zwischenangriff  
Bild: ATA