



Der **Tunnelvortrieb**

Ausbau- und Neubaustrecke Karlsruhe–Basel



Das Stadtgebiet von Rastatt wird künftig deutlich vom Schienenverkehr entlastet, denn der Großteil des Güter- und Fernverkehrs wird durch den mehr als vier Kilometer langen Tunnel Rastatt geführt. Der Bau dieses Tunnels stellt für alle Beteiligten eine große Herausforderung dar: Der Vortrieb erfolgt unter schwierigen geologischen und hydrologischen Bedingungen und die zu unterquerenden Gewässer Murg und Federbach dürfen in ihrem sensiblen ökologischen Gleichgewicht nicht beeinträchtigt werden. Mit dem Einsatz modernster Tunnelvortriebsmaschinen (TVM) sollen diese Aufgaben sicher beherrscht werden.

Lage und Verlauf

Das Nordportal des Tunnels Rastatt liegt südlich von Ötigheim. Vor dem eigentlichen Tunnel führt die Strecke durch einen 800 Meter langen Trog und unterquert anschließend auf einer Gesamtlänge von 4.270 Metern die Federbachniederung

und das Stadtgebiet Rastatt bis in den Bereich Niederbühl. Die Trasse des Trog- und Tunnelbauwerkes verläuft in einer leichten S-Kurve annähernd von Nordosten nach Südwesten, zunächst in einem Rechts- und dann in einem Linksbogen. Das Gefälle der Strecke beträgt bis zu 12,3 Promille. Je nach Gelände-

verlauf ist die Überdeckung der Tunnelröhren bis zu 20 Meter mächtig. An einigen Stellen beträgt die Überdeckung des geplanten Tunnels allerdings weniger als vier Meter, weshalb hier für einen sicheren und schonenden Vortrieb spezielle Hilfs- und Sondermaßnahmen wie Bodenverfestigungen oder Bodenvereisungen



Max Maulwurf als „Türken-Louis“: Dies ist der Spitzname des Markgrafen Ludwig Wilhelm von Baden-Baden (1655–1707). Er erbaute das Schloss in Rastatt und erlag dort nach einer Schlacht seinen Verletzungen. Sein Spitzname basiert auf seinen Errungenschaften als Feldherr in den Türkenkriegen.



Visualisierung Nordportal (Blickrichtung Süden)



Visualisierung Südportal (Blickrichtung Süden)

nötig sind. Auch am Südportal schließt sich ein Trogbauwerk an den Tunnel an, hier auf einer Länge von 895 Metern.

Rahmenbedingungen und Bauweisen

Nimmt man den höchsten bekannten Grundwasserstand als Maßstab, liegt der gesamte Tunnel unterhalb des Grundwasserniveaus. Daher ist ein Vortrieb in Spritzbetonbauweise für den Tunnel Rastatt keine Option. Eine aufwändige Grundwasserabsenkung oder -sperrung beziehungsweise eine Bodenvereisung auf der gesamten Länge ist ebenfalls nicht umsetzbar. Der Tunnelvortrieb führt zudem durch Lockergesteinsboden, der mit Sandschichten durchsetzt ist. Bei solchen nichtbindigen Böden mit zahlreichen Sandlinsen käme ein maschineller Tunnelvortrieb mit Erd-druckschild ebenfalls nur mit aufwändiger Aufbereitung des Bodens in Frage. Aus diesen Gründen fiel die Entscheidung zugunsten einer bergmännischen Bauweise mittels Schildvortrieb mit flüssigkeitsgestützter Ortsbrust. Die eingesetzte Tunnelvortriebsmaschine (TVM) muss in der Lage sein, Tone und die sich daraus ergebenden Verklebungen abzubauen sowie Gestein mit einem Durchmesser von bis zu 1,2 Metern zu brechen. Der Ausbruchquerschnitt beträgt knapp 11 Meter. Nach Einbau der Schale hat der Tunnelrohbau einen kreisrunden Querschnitt mit einem Innendurchmesser von 9,60 Metern.

Neben dem Vortrieb in geschlossener Bauweise mittels TVM im Hauptteil des Tunnels kommt bei den Trogbauwerken sowie an den Portalen auch die offene Bauweise zum Einsatz: Hier wird von der Oberfläche aus eine Baugrube ausgehoben, in der der Tunnel in Form eines rechteckigen Rahmenbauwerks errichtet wird. Anschließend wird die Grube

samt Bauwerk wieder mit Erde bedeckt. Im südlichen Tunnelbereich führen die Tunnelröhren unter der bestehenden Rheintalbahn hindurch, deren Betrieb während der Bauzeit aufrechterhalten werden muss. Weil hier zudem die Überdeckung besonders gering ist, wird der Boden in diesem Abschnitt durch eine temporäre Vereisung stabilisiert.

Tunnelvortriebsmaschine (TVM)

Die beiden Röhren des Tunnels Rastatt werden parallel mit zwei TVM vorangetrieben, die mit einem zeitlichen Versatz von etwa vier Monaten von der jeweiligen Startgrube nördlich von Rastatt aus starten. Lieferant der beiden zusammen rund 36 Millionen Euro teuren Maschinen ist die Firma Herrenknecht aus Schwanau im Ortenaukreis. Im dortigen Werk wurden die beiden jeweils rund 90 Meter langen und 1.750 Tonnen schweren Maschinen komplett mon-

tiert und anschließend wieder demontiert. So können sie in Einzelteilen zum künftigen Tunnelportal transportiert werden. Der zeitliche Ablauf im Überblick:

- 2. Halbjahr 2015: Montage im Werk
- 1. Halbjahr 2016: Transport der ersten TVM auf die Baustelle, danach Montage in der Startbaugrube
- 25. Mai 2016: Vortriebsbeginn für die Oströhre
- 2. Halbjahr 2016: Montage der zweiten TVM in der Startbaugrube
- 27. September 2016: Vortriebsbeginn für die Weströhre

Daten & Fakten

Gesamtlänge	86 m
Gesamtgewicht	1.750 t
Bohrdurchmesser	ca. 10,97 m
Ausbruchsmenge	706.000 m ³
Leistung Schneidadantrieb	1.920 kW
Anzahl Schneidwerkzeuge	33 Schneidrollen, 16 Räumler, 212 Schälmesser
Tunnelausbau	7 Tübbingsegmente pro Ring
Bauzeit pro Ring	ca. 25 min
Ringspalt (Spalt zwischen Ausbruchquerschnitt und Tübbingring)	ca. 18,5 cm breit
theoretische max. Vortriebsgeschwindigkeit	ca. 80 mm/min

Spezielle Anfahrkonstruktionen ermöglichen das kontrollierte und sichere Einfahren der TVM in den Untergrund. Stahlböcke, sogenannte Schildwiegen, halten das tonnen-schwere Gerät millimetergenau in der Position. An der stirnseitigen Schlitzwand werden Anfahrbrillen aus Stahlbeton erstellt, in die temporäre Anfahrlichtungen eingebaut werden. Im Erdboden hinter der Anschlagwand wird im Düsenstrahlverfahren für jede Tunnelröhre jeweils ein Injektionskörper als Dichtblock hergestellt. So kann auf eine Rückverankerung der Verbauwand im Durchfahrbereich und eine zusätzliche Abdichtung des Bodens verzichtet werden.

Mit einer geplanten Vortriebsgeschwindigkeit von durchschnittlich 13 Metern pro Tag arbeiten sich die beiden TVM anschließend Richtung Südwesten nach Niederbühl vor. Je nach Bodenbeschaffenheit können die beiden 4.500 Kilowatt starken Maschinen jedoch auch bis zu 25 Meter Vortrieb pro Tag leisten. Beide Maschinen arbeiten im Dreischichtbetrieb, an sieben Tagen in der Woche. Lediglich für Wartungsarbeiten wird der Vortrieb unterbrochen. Der Durchschlag ist für die erste TVM im 1. Halbjahr 2018 westlich der bestehenden Rheintalbahn bei Niederbühl vorgesehen, die zweite wird dann voraussichtlich im 2. Halbjahr 2018 wieder die Oberfläche erreichen.

Schildvortrieb mit flüssigkeitsgestützter Ortsbrust

Die TVM arbeiten im Schildvortrieb: Am Kopfe der Maschine befindet sich das Schneidrad, das mit bis zu zwei Umdrehungen pro Minute um die Tunnelachse rotiert und mit Schälmessern und Schneidrollen ausgestattet ist. Mit jedem Arbeitgang werden 94,5 Quadratmeter Tunnelquerschnitt abgetragen. Damit das Grundwasser beziehungsweise das lockere Gestein und der Sand nicht vom Umgebungsdruck unkontrolliert in das Schneidrad und die dahinter liegende Abbaukammer gedrückt werden, wird die Ortsbrust „flüssigkeitsgestützt“: Hinter dem Schneidrad wird mittels Bentonit-Suspension ein Gegendruck erzeugt, der Wasser und Gestein vor der Ortsbrust hält und so einen kontrollierten Abbau ermöglicht. Die TVM arbeitet dabei mit einem Stützdruck an der Ortsbrust von bis zu 4,5 bar.

Die Schneidräder der beiden beim Tunnel Rastatt eingesetzten TVM haben jeweils einen Außendurchmesser von 10,97 Metern und wiegen 172 Tonnen. Damit wird das vor der Maschine liegende Gestein abgebaut und fällt anschließend durch Öffnungen im Schild in die dahinter liegende Abbaukammer. In die



Die montierte Tunnelvortriebsmaschine auf dem Gelände der Firma Herrenknecht.

sem Teil der TVM wird das abgebrochene Gestein zerkleinert und vermischt sich mit der Stützflüssigkeit, die zugleich Transportmedium sowie Spülflüssigkeit ist. Anschließend wird das Gesteinsflüssigkeitsgemisch in den hinteren Teil der Maschine, den sogenannten Nachläufer, befördert und von dort über ein Transportband nach draußen gebracht.

Beim Tunnelvortrieb fallen insgesamt rund 710.000 Kubikmeter Ausbruchsmasse an. Diese wird zu einer Separier- und Aufberei-

tungsanlage im Bereich der Baustelleneinrichtungsfläche auf der Nordseite transportiert und dort für die Weiterverwendung behandelt. Im Nachläufer befinden sich die Mörtelverpressanlage, die Druckluftversorgung, das Kühl-, Industrie- und Entwässerungssystem, die Ventilationseinrichtungen, die Elektro- und Hydraulikausrüstung sowie der Steuerstand. In der TVM ist ein Steuerleitsystem integriert, das dafür sorgt, dass die TVM auf der vorgegebenen Trasse bleibt.

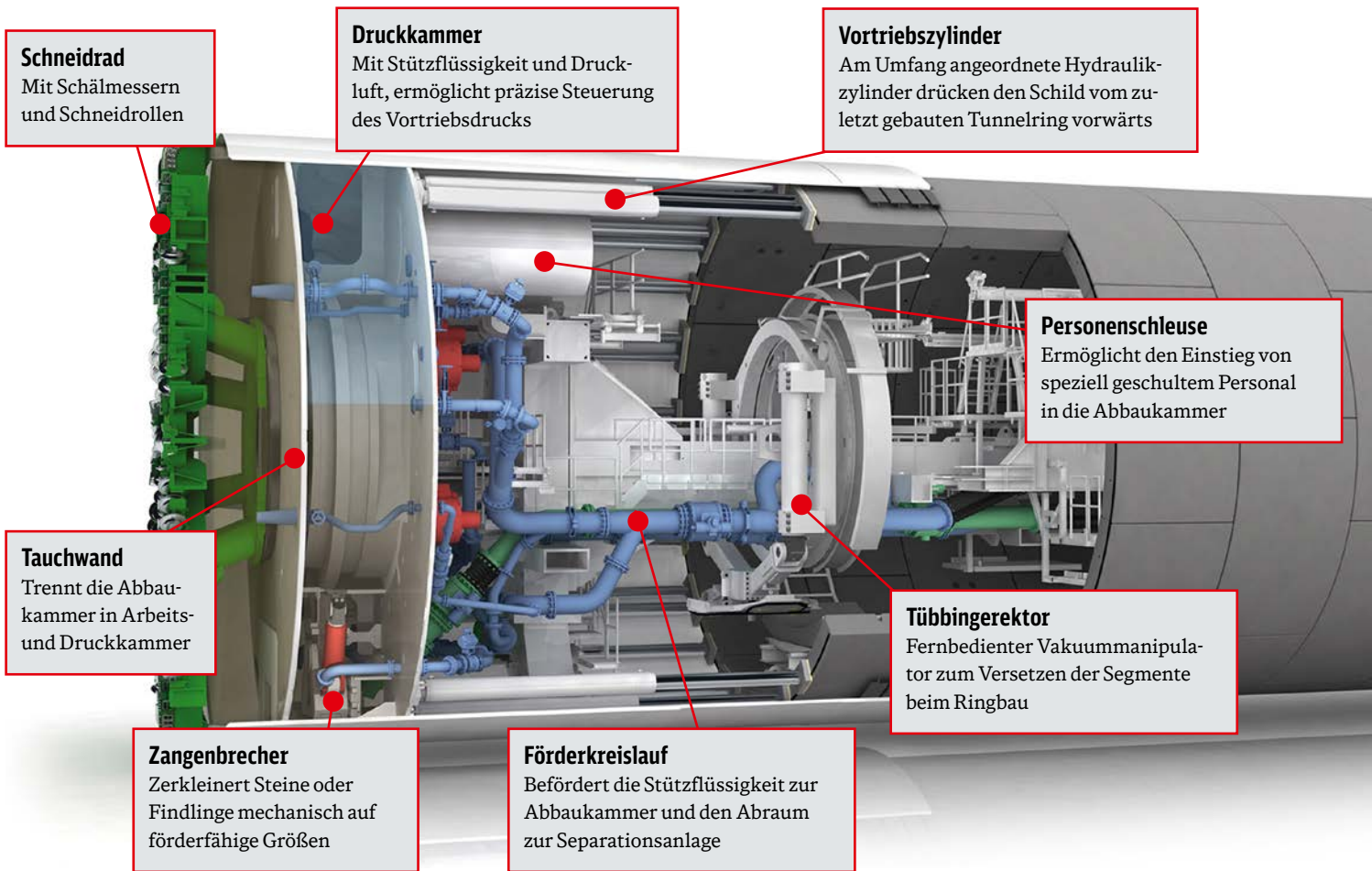
Einsatz von „Mixschild“-Technologie

Bei den hier eingesetzten Maschinen kommt zudem eine besondere technische Konstruktion zum Einsatz, der sogenannte „Mixschild“: Hinter der Abbaukammer befindet sich bei diesen TVM nicht – wie bei anderen, herkömmlichen Konstruktionen – direkt der Maschinenbereich, der unter atmosphärischem Druck steht, sondern eine weitere Druckkammer vor dem Maschinenbereich, die durch eine zusätzliche Tauchwand abgetrennt ist. Diese Druckkammer ist nur etwa bis zur Hälfte mit einer Stützflüssigkeit gefüllt, der obere Bereich besteht aus einem Luftpolster, dessen Druckverhältnisse sehr präzise geregelt werden können.

Über eine Öffnung im Sohlbereich ist die Druckkammer mit der Abbaukammer verbunden. Somit lässt sich über das Druckluftpolster der Vortriebsdruck regeln – weit genauer, als dies bei konventionellen TVM der Fall wäre. Im grundwassergesättigten Lockergesteinsboden unter Rastatt ist diese exakte Steuerung unerlässlich, um einerseits die Wasserdrücke von bis zu 3,3 bar in Verbindung mit den zu erwartenden Erddrucklasten sicher zu bewältigen und andererseits in sensiblen Bereichen mit wenig Überdeckung den Stützdruck möglichst gering halten zu können.



Auf der Webseite der Firma Herrenknecht, die über obenstehenden QR-Code abrufbar ist, können Sie sich unter anderem einen Film zur Mixschild-Maschine ansehen.



Direkt im Anschluss an den Schildvortrieb, also im vorderen Maschinenteil, wird die Tunnelnische erstellt: Die Schale besteht aus hintereinander angebrachten und wasserdicht verfügten Betonringen. Die Betonsegmente, aus denen die Ringe bestehen, werden Tübbinge genannt. Sie werden von der Baustelleneinrichtung über eine Förderanlage in einer vorher exakt festgelegten Reihenfolge in den Nachläufer der TVM befördert. Von dort nimmt sie ein fernbedienbarer Erektor auf und platziert sie so an der Tunnelwand, dass jeweils aus sieben Tübbingenein ein vollständiger Ring entsteht. An den

bereits verbauten Betonringen drückt sich die TVM ab und erzeugt damit den nötigen Druck für den Vortrieb. Die Herrenknecht-Maschinen bringen dabei eine Vortriebskraft von maximal 70.000 Kilonewton auf.

Zeitplan

2015 wurden die Baustellen an den beiden Tunnelportalen in Ötigheim und Niederbühl eingerichtet. Bereits vorher wurde im Bereich Ötigheim B36/K3717 die Baugrube für die Grundwasserwanne Nord errichtet, die den Zulauf zum Nordportal des Tunnels Rastatt bildet. Anfang und Mitte 2016 wurden die

TVM in den Startgruben montiert. Im Mai 2016 hat der Vortrieb mit der ersten Maschine begonnen. Die zweite TVM hat im September 2016 ihre Arbeit aufgenommen. Der Rohbau des Tunnels Rastatt soll dann Ende des ersten Quartals 2018 fertiggestellt sein. Anschließend erfolgt die Ausrüstung des Tunnels mit Fester Fahrbahn, Kabeltrassen und Oberleitung sowie Beleuchtung und Sicherheitstechnik. Die vollständige bautechnische Ausstattung soll 2021 beendet sein. Nach einer Prüfungsphase und einem Probetrieb geht der Tunnel voraussichtlich Ende 2022 in Betrieb.

Impressum

Herausgeber

DB Netz AG
Großprojekt Karlsruhe–Basel
Schwarzwaldstraße 82
76137 Karlsruhe
www.deutschebahn.com

Kontakt

Telefon: 0761 212-4504
E-Mail: kontakt@karlsruhe-basel.de
www.karlsruhe-basel.de

Fotos

Herrenknecht AG (S. 1), Erhard Hehl/Composing (S. 2), Jo Fichtner (S. 3)
Stand: November 2016

Von der Europäischen Union kofinanziert
Transeuropäisches Verkehrsnetz (TEN-V)
Fazilität „Connecting Europe“

