



Der Tunnelrohbau

Ausbau- und Neubaustrecke Karlsruhe–Basel



Rund 4,3 Kilometer Länge, knapp 10 Meter Durchmesser: Mit diesen Dimensionen ist der Tunnel Rastatt das drittgrößte Einzelbauwerk der Ausbau- und Neubaustrecke Karlsruhe–Basel. Schwierige geologische und hydrologische Bedingungen machen den Bau zu einer besonderen Herausforderung. Nach der Fertigstellung wird der Tunnel die Stadt Rastatt deutlich vom Schienenverkehr und dem damit verbundenen Lärm entlasten.

Lage und Verlauf

Das Nordportal des Tunnels Rastatt liegt südlich von Ötigheim. Vor dem eigentlichen Tunnel führt die Strecke durch eine 800 Meter lange Grundwasserwanne und unterquert anschließend auf einer Gesamtlänge von 4.270 Metern die Federbachniederung, das Stadtgebiet Rastatt und die Rheintalbahn im Bereich Rastatt-Niederbühl. Im Süden schließt sich dann eine 895 Meter lange Grundwasserwanne an. Je nach Geländeverlauf beträgt die Überdeckung der Tunnelröhren bis zu 20 Meter. An einigen Stellen – zum Beispiel unterhalb des Federbachs – liegen lediglich vier Me-

ter über der Tunnelröhre, weshalb in solchen Bereichen für einen sicheren und schonenden Vortrieb spezielle Hilfs- und Sondermaßnahmen wie Bodenverfestigungen oder Bodenvereisungen nötig waren.

Rahmenbedingungen

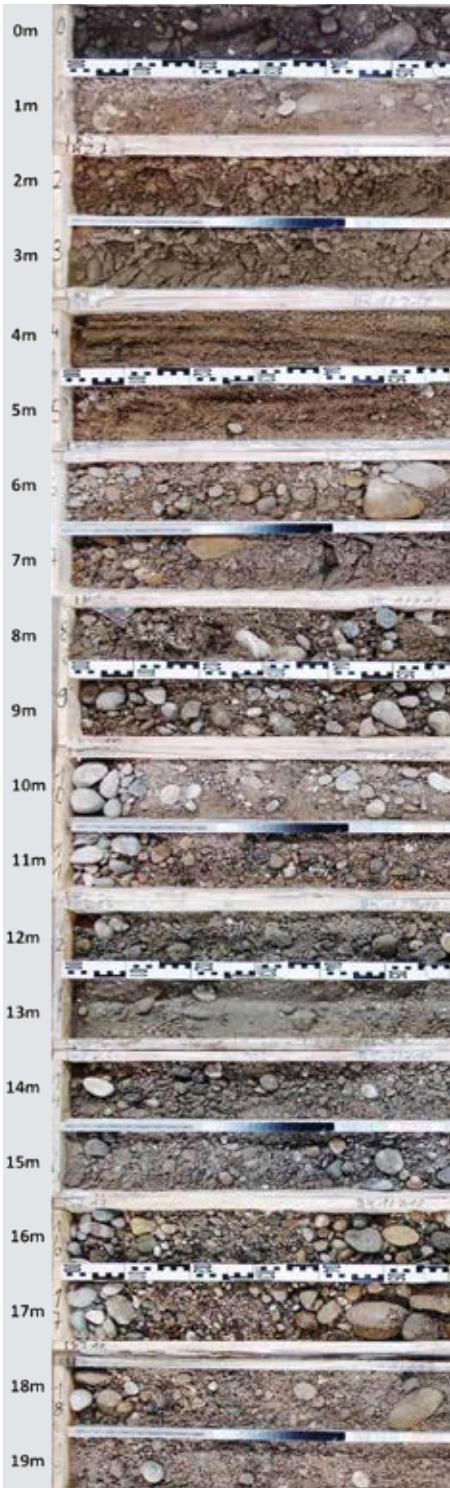
Für den Bau eines Tunnels ist die Untersuchung des Untergrundes von elementarer Bedeutung. Sie liefert wichtige Daten und Hinweise über die Gesteinsschichten und die mechanischen Eigenschaften des Bodens. Ergänzende hydrologische Untersuchungen werfen einen Blick auf die Grundwasserstände und die Wasserchemie.

Rastatt liegt im Bereich der Niederterrasse des Oberrheingrabens, der vor allem aus erdgeschichtlich sehr jungen Lockersedimenten besteht. Diese Erdschichten – überwiegend Kiese, Sande und Lehme – machen den Boden instabil. Auf seiner gesamten Länge liegt das Bauwerk zudem im Grundwasser.

Unter diesen Rahmenbedingungen entfallen traditionelle Tunnelbauweisen, wie etwa der Vortrieb mit Sprengungen, Baggern oder Fräsen. Daher entschied man sich für einen Vortrieb durch Tunnelvortriebsmaschinen (TVM). Diese mussten 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.



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.



Der Tunnel Rastatt befindet sich naturräumlich betrachtet innerhalb der sogenannten Rastatter Zwischenscholle. Im Westen begrenzt die Rastatter Verwerfung diese tektonische Einheit, im Osten der Raentaler Bruch. Dabei durchfährt der Tunnel Gesteinsschichten, die teilweise aus dem Tertiär stammen – diese Schichten sind zwischen 65 und 2,6 Millionen Jahre alt.

Die Tunnelvortriebsmaschinen (TVM)

Der größte Teil des Tunnels Rastatt wurde in bergmännischer Bauweise errichtet; die Röhren werden also unter Tage durch das Erdreich vorgetrieben. Diese Aufgabe übernehmen zwei TVM der Firma Herrenknecht aus Schwanau. Beide Maschinen starteten um vier Monate versetzt in Ötigheim:

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

Bei den rund 90 Meter langen und etwa 1.750 Tonnen schweren TVM handelt es sich um Maschinen vom Typ Mixschild – eine besondere technische Konstruktion, bei der direkt hinter der Abbaukammer eine Druckkammer angeschlossen ist. Erst dann folgt der Maschinenbereich, der unter atmosphärischem Druck steht. Die Druckkammer ist etwa bis zur Hälfte mit einer Stützflüssigkeit gefüllt; der obere Bereich besteht aus einem Luftpolster, dessen Druckverhältnisse sehr präzise geregelt werden können. Dank dieser zusätzlichen Kammer kann der Vortriebsdruck der TVM exakt gesteuert werden, was im grundwassergesättigten Boden unter Rastatt unverzichtbar ist.

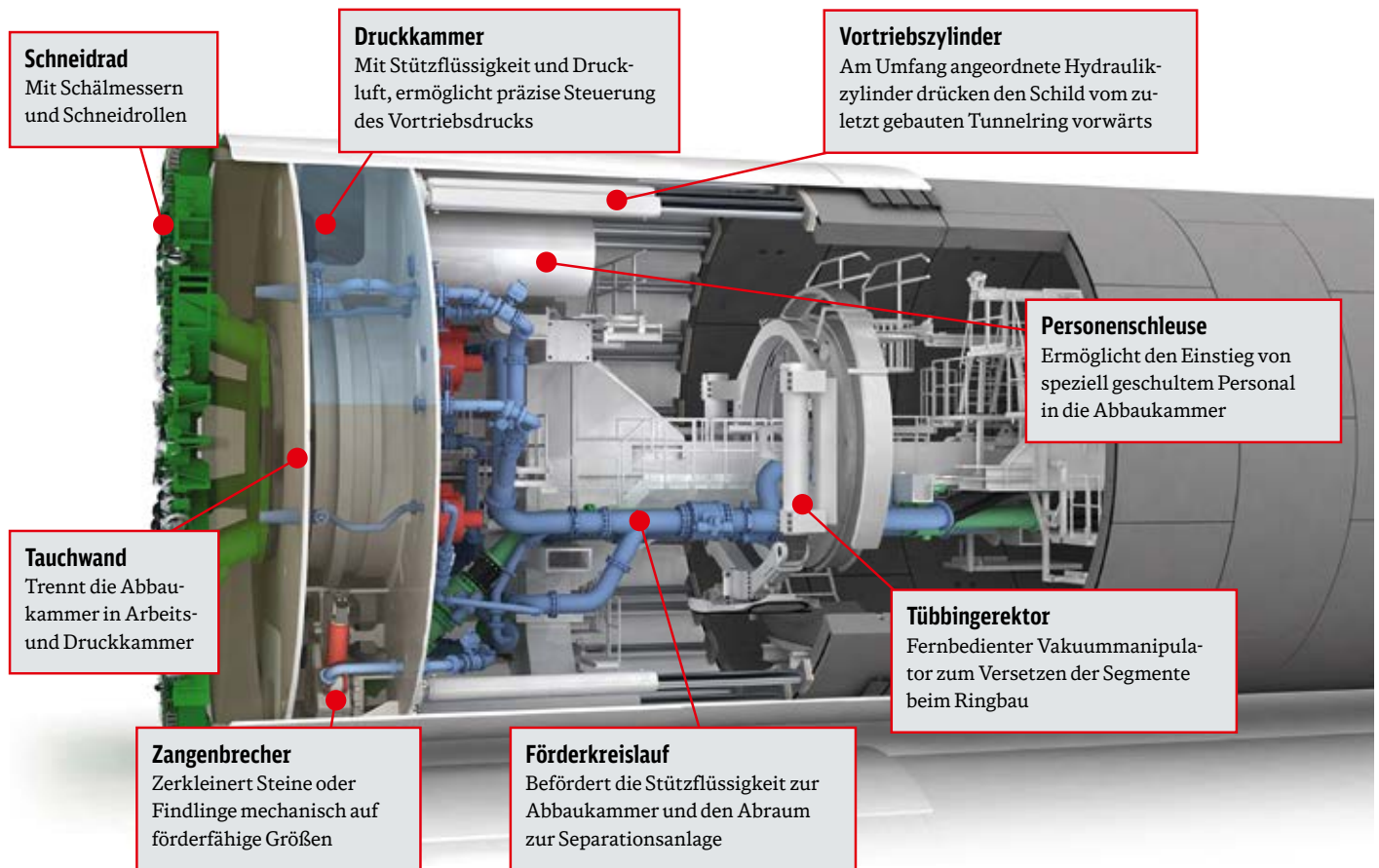
Eine TVM treibt den Tunnel voran, indem sie mit dem Schneidrad am Kopf der Maschine Erde abträgt. Das Rad rotiert mit bis zu zwei Umdrehungen pro Minute und löst dabei den Boden mit einem Querschnitt von circa 95 Quadratmeter. Dabei erzeugt eine Bentonit-Suspension (ein flüssiges Mineralgemisch) hinter dem Schneidrad einen Gegendruck von bis zu 4,5 bar, sodass das Grundwasser und das lockere Gestein nicht vom Umgebungsdruck unkontrolliert in die Abbaukammer gedrückt werden kann.

Das Gestein, welches das Schneidrad abbaut, fällt durch Öffnungen im Vortriebschild in die Abbaukammer dahinter. In diesem Teil der TVM wird das abgebrochene Gestein zerkleinert und vermischt sich mit der Stützflüssigkeit, die zugleich Transportmedium sowie Spülflüssigkeit ist. Das Gemisch wird dann in den hinteren Teil der Maschine, den sogenannten Nachläufer, befördert. Von dort wird das Gemisch über Rohre zu einer Separier- und Aufbereitungsanlage im Bereich der Baustelleneinrichtungsfläche in Ötigheim gepumpt und für die Weiterverwendung behandelt.

Durchschnittlich gruben sich beide TVM mit einer Geschwindigkeit von rund 13 Metern am Tag durch das Erdreich. Den Rekord hält die TVM „Sibylla-Augusta“ in der Weströhre: Sie schaffte am 18. März 2017 einen Vortrieb von 23,3 Metern. Insgesamt konnte die westliche TVM 3.672 Meter der Tunnelröhre erstellen, bis sie Ende Dezember 2017 die Stelle erreichte, von der sie die Rheintalbahn unterfahren soll. Im Osten waren 3.974 Meter der Röhre erstellt.



Einheben des Schneidrads an der westlichen TVM „Sibylla-Augusta“



Querschnitt einer TVM

Neben dem Vortrieb des Tunnels mittels TVM wurden die Bereiche zwischen den Tunnelröhren und -portalen in offener Bauweise errichtet: Um den Bau der beiden Tunnelröhren zu ermöglichen, wurden Baugruben mittels Spund- und Bohrpfehlwänden hergestellt. Der Tunnel in diesen Abschnitten ist nicht rund sondern rechteckig.

Innenausbau mit Tübbing

Während sich am Kopf der TVM die Schneidräder ihren Weg durch den Rastatter Untergrund graben, bauen die Maschinen im unmittelbaren Anschluss an den Vortrieb direkt die Innenschale ein. Diese besteht aus speziellen Stahlbetonelementen, den sogenannten Tübbing. Sie sind maßgefertigt und müssen später millimetergenau an ihren jeweiligen Platz gesetzt werden. Sieben dieser Tübbinge ergeben einen Tübbingring, der rund 2 Meter lang ist und knapp 80 Tonnen wiegt.

Für die Montage eines kompletten Rings braucht die TVM rund 25 Minuten. Im Nachläuferbereich der Vortriebsmaschine hebt ein Kran die einzelnen Tübbinge auf eine Fördereinrichtung im Unterdeck, von wo aus sie

in den vorderen Teil transportiert werden. Mittels Vakuumkran werden die Bauteile aufgenommen, um 90 Grad gedreht und dem sogenannten Erektor zugeführt. Diese fernbedienbare Apparatur greift die Tübbinge und setzt sie an den ihnen zugewiesenen Platz.

Während der Montage werden die Tübbingringe in den Längs- und Ringfugen durch Schrägverschraubungen untereinander verspannt. Die Fixierung erfolgt nach dem kompletten Einbau eines Rings durch das Einbringen von Verpressmörtel.



Auf der Baustelleneinrichtungsfläche in Ötigheim warten die Tübbinge auf ihren Einbau.



Visualisierung der Sonic Boom-Bauwerke am Tunnelportal in Ötigheim

Querstellen

Als Teil des Sicherheitskonzepts werden alle 500 Meter Querverbindungen zwischen den Tunnelröhren geschlagen, durch die man im Ereignisfall in die sichere Tunnelröhre wechseln kann. In diesen Bereichen kommen Sondertübbinge zum Einsatz, welche Öffnungen in der Tunnelröhre ermöglichen. Der Bau der

Stollen geschieht im Vereisungsverfahren: Gefrierbohrungen vereisen das umliegende Erdreich und stabilisieren es, bevor Bagger die Gesteins- und Erdmassen im Bereich des Stollens ausbrechen. Im nächsten Schritt werden diese Flächen mit Spritzbeton überzogen und eine Innenschale eingebracht.

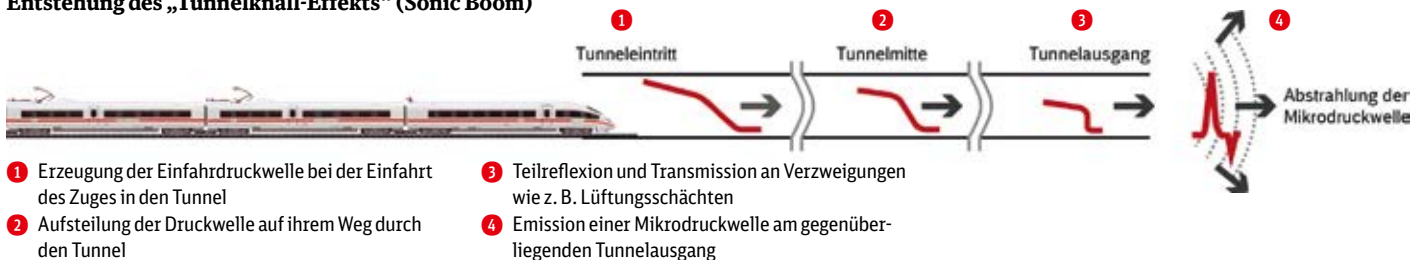
Bauwerke gegen den Sonic Boom-Tunnelknall

Der Sonic Boom-Effekt – Tunnelknall-Effekt – entsteht, wenn ein Zug mit sehr hoher Geschwindigkeit in die Tunnelröhre einfährt. Er schiebt dabei eine Druckwelle vor sich her, die ihm bis zum gegenüberliegenden Tunnelportal vorausseilt und dort mit einem lauten Knall entweicht. Während die Schallemissionen des Sonic Boom insbesondere für die unmittelbaren Anwohner der Strecke eine akustische Belastung darstellen, führt der plötzliche Druckwechsel bei den Zuginsassen zu einem unangenehmen Gefühl in den Ohren.

Der Tunnel Rastatt erfüllt mit seinen beiden eingleisigen Tunnelröhren und der darin verbauten Festen Fahrbahnen zwar die aktuellen Vorgaben im Brand- und Katastrophenschutz, unterstützt damit aber gleichzeitig die Entstehung des Sonic Boom. Aus diesem Grund werden die modernen Sonic Boom-Bauwerke eingebaut. Über breite Lüftungsschlitze an beiden Tunnelportalen, in ihrer Form Kaminen ähnlich, kann die Luft bei der Einfahrt eines Zugs entweichen. Die Druckwelle vor dem Zug wird so bereits dort stark abgeschwächt, wo sie entsteht.

Ähnliche Bauwerke wurden bereits am Katzenbergtunnel mit Erfolg eingesetzt. Am Tunnel Rastatt werden sie als 45 Meter lange Haubenbauwerke realisiert, die jeweils über Öffnungen zur Druckentlastung verfügen. Diese haben genau berechnete Größen und sind jeweils mittig über den Gleisen angeordnet.

Entstehung des „Tunnelknall-Effekts“ (Sonic Boom)



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

Jo Fichtner (S. 1), DB Netz AG (S. 2 links), DB AG/Sebastian Roedig (S. 2 rechts), Oskar Baumann (S. 3), DB Composing (S. 4)
Stand Juni 2020



Kofinanziert von der Fazilität „Connecting Europe“ der Europäischen Union