

Sonderbauverfahren beim Tunnelbau

Ausbau- und Neubaustrecke Karlsruhe–Basel



Der Tunnel Rastatt verläuft in seiner gesamten Länge von 4.270 Metern unterhalb des Grundwasserspiegels. Das umliegende Erdreich besteht hauptsächlich aus sogenanntem Lockergestein, dessen Stützwirkung sehr gering ist. Hinzu kommt, dass die beiden Tunnelröhren an einigen Stellen eine niedrige Überdeckung zu bestehenden Bauwerken, querenden Gewässern oder vorhandener Infrastruktur von teilweise weniger als vier Metern aufweisen. Aufgrund dieser hydrologischen und geologischen Voraussetzungen kommen im Zuge des Tunnelvortriebs einige Hilfsmaßnahmen zum Einsatz, um das umliegende Erdreich zu stabilisieren. Hierzu zählen Bodenverfestigungen oder Bodenvereisungen.

Hilfsmaßnahme Vereisung

Im südlichen Tunnelbereich unterfahren die Röhren die Gleise der bestehenden Rheintalbahn bei Niederbühl mit relativ geringer Überdeckung von teilweise unter fünf Metern. Deswegen muss der um- und überliegende Erdboden für den Tunnelvortrieb stabilisiert werden. Dafür werden sogenannte Vereisungsbohrungen durchgeführt.

Im ersten Schritt werden auf östlicher und westlicher Seite der Rheintalbahn je zwei Zwischenschächte errichtet. Aus diesen Schächten werden dann die Vereisungsbohrungen in horizontaler Richtung durchgeführt. Über Gefrierrohre, die als geschlossenes Kreislaufsystem in den Boden eingebracht werden, wird ein Kältemedium, Sole oder örtlich auch flüssiger Stickstoff, mit einer Temperatur von

minus 35 Grad Celsius in den Boden eingelassen. Der Gefrierstoff entzieht dem Boden die Wärme. Dadurch entsteht um die Gefrierrohre herum ein Frostkörper, der sich mit denen der anderen Rohre verbindet, sodass sich eine ganze Frostschale bildet. Das Bodenwasser wird dadurch nicht nur verfestigt, das Eis übernimmt zugleich eine wasserdichtende Funktion. Bei diesem geschlossenen System wird das Kältemedium



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.

nicht verbraucht, daher bietet es sich vor allem für größere und länger andauernde Bauvorhaben an. Die Aufrechterhaltung des Bahnbetriebs auf der Rheintalbahn kann so sichergestellt werden. Da die Eiskörper anschließend wieder rückstandslos abtauen, ist dieses Verfahren zudem besonders umwelt-schonend.

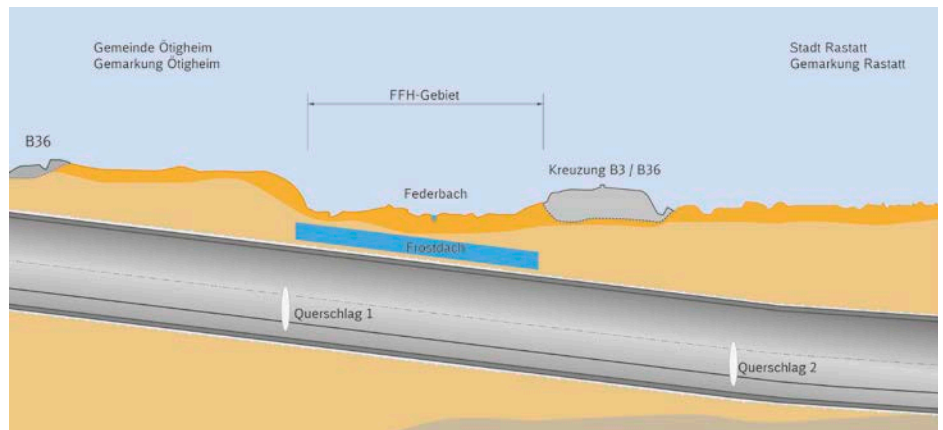
Frostdach an der Federbachniederung

Bei den Planungen des Tunnelvortriebs unter der Federbachniederung hat der Umweltschutz eine besondere Rolle gespielt, denn die Federbachniederung ist ein FFH-Gebiet: Der Naturraum ist nach der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (kurz FFH-Richtlinie), einer von der Europäischen Union beschlossenen Regelung zum Schutz von Umwelt und Natur, besonders geschützt. Die Überdeckung der beiden Tunnelröhren betrug hier nur knapp vier Meter. Für den Tunnelvortrieb mussten daher besondere Vorkehrungen getroffen werden. Eine offene Bauweise hätte zu stark in den Naturraum eingegriffen, weshalb der Tunnel in diesem Bereich im Schutze eines sogenannten Frostdachs vorangetrieben wurde. Durch diese Methode werden die Eingriffe in die Natur auf ein Minimum reduziert.

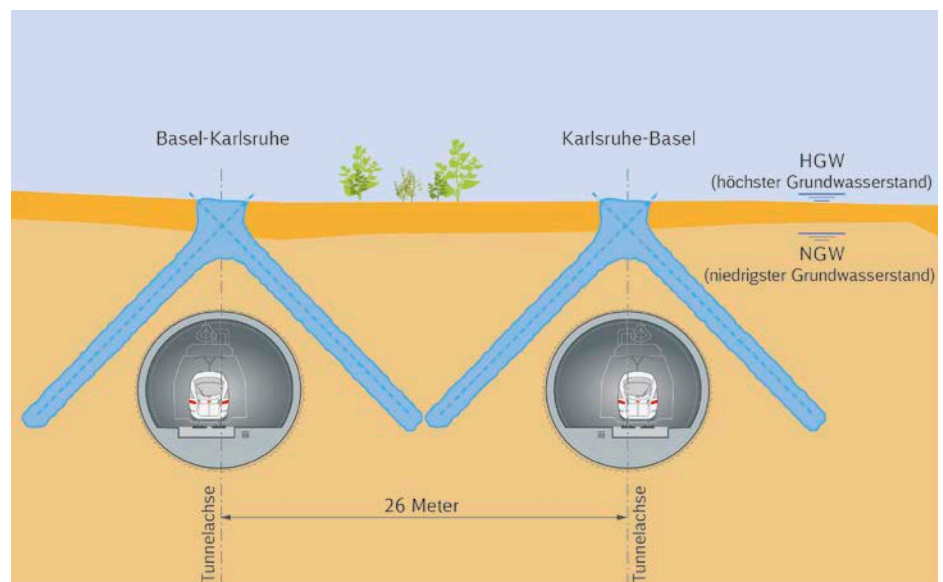
Das Frostdach erstreckte sich über die gesamte Länge der Federbachniederung, 185 Meter im Bereich der Oströhre und rund 300 Meter im Bereich der westlichen. Es wurde als geschlossene Abdeckung oberhalb der Tunnelrinne durch Schrägbohrungen von der Geländeoberfläche aus hergestellt. Die Gefrierzonen wurden bis auf die Tiefe der künftigen Schienenoberkante gebohrt und aus einem Winkel von etwa 30 bis 50 Grad eingebracht. Der dachförmige Gefrierschirm sorgte dafür, dass Geländeaufbrüche und Ausbläser (durch Überdruck erzeugte Anhebung des Bodens) verhindert wurden. Denn die unter dem Dach entstandenen Auftriebskräfte wurden über die Dachflächen nach unten zurückgedrängt. Das Frostdach musste dabei großem Druck standhalten und wurde dadurch teilweise in seiner Form verbogen. Die Seiten des Dachs waren elastisch, damit sie den Belastungen standhalten konnten. Um zu verhindern, dass eine Luftblase unterhalb des Dachs entsteht, wurden in regelmäßigen Abständen Ventile eingebracht. So konnte das Dach regelmäßig kontrolliert entlüftet werden.

Verbindungsbauwerke

Der Tunnel Rastatt wurde nach den aktuell geltenden Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes für den Bau und Betrieb



Im Bereich Federbach wurde der Tunnel mithilfe eines Frostdachs vorangetrieben.



Schema des Frostdachs

von Eisenbahntunneln mit zwei eingleisigen Röhren konzipiert. Das Sicherheitskonzept sieht vor, dass die beiden Röhren alle 500 Meter durch Verbindungsbauwerke – sogenannte Querstellen – miteinander verbunden werden. Mit einer Länge von 4.270 Metern wird es beim Tunnel Rastatt daher insgesamt acht Verbindungen geben. Nach dem Prinzip der korrespondierenden Röhren kann im Ereignisfall die nicht betroffene Röhre als Rettungsweg sowie als Zugang für Notfallkräfte dienen. Die Querstellen werden nach dem Passieren der beiden Tunnelvortriebsmaschinen hergestellt. Dazu muss das umliegende Erdreich auch hier wegen des hohen Grundwasserspiegels durch Vereisung stabilisiert werden. Dazu werden zuerst Gefrierbohrungen durchgeführt, um das Vereisen des Baugrundes um den zu erstellenden Hohlraum herum durch Gefrierlanzen zu ermöglichen.

Die Verbindungsbauwerke werden dann mithilfe der sogenannten Spritzbetonbauweise errichtet. Im Bereich der Querstellen werden beim Tunnelvortrieb Tübbinge mit erhöhter Bewehrungsmenge und speziellen Verschraubungskästen verbaut. Diese Sondertübbinge erlauben die Herstellung der Öffnung in der Tübbingröhre. Die Ausbruchsflächen werden direkt mit Stahlbögen und Baustahlgewebe versehen, denn die Außenschale aus Spritzbeton muss in der Lage sein, den Belastungen durch den Eiskörper und dem hohen Wasserdruck standzuhalten.

Bevor die Innenschale eingebaut werden kann, wird eine Abdichtung aus Kunststoffbahnen mit wasserdichten Anschlüssen an die Hauptröhren hergestellt. Anschließend wird die Innenschale aus wasserundurchlässigem Beton eingebaut. In der letzten Bauphase werden Sicherheitsein-



Verbindungsbauwerk (Beispiel Katzenbergtunnel)

richtungen installiert. Diese sind rauchsicher abschließende Schleusen, Notstromversorgung, Kommunikationseinrichtungen und feuerwehrtechnische Anlagen.

Der Innenquerschnitt der Verbindungsbauwerke ist deutlich kleiner als der der Tunnelröhren, er beträgt nur 40 Quadratmeter. Zum Vergleich: Der Querschnitt einer Tunnelröhre

ist rund 95 Quadratmeter groß. Die Querstollen haben eine Länge von gut 16 Metern. Die lichte Höhe und Breite der Stollen beträgt jeweils rund 5 Meter.

Grundwasserwannen

Im nördlichen und südlichen Bereich schließen Grundwasserwannen an das Tunnelbauwerk an. Die wasserdichten Stahlbetontröge dienen dazu, die Bahntrasse vor dem Eindringen von Grundwasser zu schützen.

Die Grundwasserwanne Nord liegt östlich von Ötigheim parallel zur B36 und unter der Straßenüberführung der K3717. Der Stahlbetontrög ist 800 Meter lang und knapp 30 Meter breit. Die südliche Grundwasserwanne liegt in Niederbühl. Sie wird 895 Meter lang und eine Breite zwischen 33 Meter am Tunnelportal beziehungsweise 16 Meter am südlichen Ende haben.

Eine weitere Grundwasserwanne befindet sich unter der A5. Die neuen Gleise müssen mindestens einen Abstand von acht Metern zur Autobahn haben, daher liegen sie rund zwei Meter tiefer als die bestehenden Gleise der Rheintalbahn. Wegen des hohen Grundwasserstandes verläuft die neue Trasse an dieser Stelle in einem wasserdichten Betontrög.



Durch Gefrierbohrungen kann das umliegende Erdreich für den Tunnelvortrieb stabilisiert werden.



Für den Bau einer Grundwasserwanne werden zuerst die Umschließungswände erstellt, in diesem Fall werden Spundwände eingerammt. Nach dem Aushub des Bodens bringen Industrietaucher unter Wasser aus wasserundurchlässigem Beton eine Bodenplatte ein. Diese wird je nach Tiefe der Wanne mit Ankern gegen Auftrieb gesichert. Das Wasser in der nun dichten Wanne wird kontrolliert abgepumpt. Beim Tunnel Rastatt gelangt es zunächst in eine Wasseraufbereitungsanlage und anschließend mit einer festgelegten Einleitmenge in den Federbach. Der nach dem gleichen Prinzip erstellte Startschacht für den Tunnelvortrieb schließt direkt an die Grundwasserwanne an. Dort wird die Tunnelvortriebsmaschine aufgebaut und der Vortrieb begonnen.

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

Erhard Hehl/Composing (S. 1), DB Netz AG (S. 3 oben),
Michael Breßmer (S. 3 unten), Ron Oruszczak (S. 4)
Stand: März 2017

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

