

Bau des Tunnels Reitersberg

Bauausführung und Besonderheiten

Von Wolfgang Hemrich, Ulm, und Niklas Hirche, München

1 Einleitung

Der Tunnel Reitersberg ist Teil der in Bau befindlichen Schienen-Schnellbahnstrecke Nürnberg–Erfurt. Die Strecke wird im Bundesverkehrswegeplan als Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Schiene Nr. 8.1 geführt.

Sie ist Teilstück der Hochgeschwindigkeitsverbindung Berlin–München und im Transeuropäischen Verkehrsnetz Bestandteil der Eisenbahntransversale von Italien nach Skandinavien. Die Schnellbahnstrecke wird Richtung Norden durch die Neubahnstrecke Erfurt–Leipzig/Halle fort-

gesetzt und Richtung Süden durch die Schnellfahrstrecke Nürnberg–Ingolstadt–München [1].

2 Projektbeschreibung

Der 2.975 Meter lange Tunnel Reitersberg ist Kernstück eines ca. 5,6 km langen Schienenstreckenabschnitts, der unter anderem Einschnitte, ein Eisenbahnüberführungsbauwerk und zwei Straßenbrücken umfasst.

Mit der Ausführung des Bauabschnitts BA 3122 VP Rödental (TU Reitersberg) wurde die Arbeitsgemeinschaft ARGE Rödental – Reitersbergtunnel beauftragt.

Der Tunnel beginnt von Süden betrachtet in Höhe der Gemeinde Oberwohlsbach und endet nördlich auf Höhe der Gemeinde Fornbach (Bild 1).

Das Tunnelbauwerk wurde als druckdichte, zweischalige Röhre ausgeführt, wobei die größte Überdeckung der Röhre ca. 90 m beträgt.



Grafik: Deutsche Bahn AG

Bild 1: Lage des Tunnels Reitersberg

3 Ausführung

Der Tunnel Reitersberg verläuft in den geologischen Einheiten des Unteren Keupers (vorwiegend Ton- und Sandsteine), des Muschelkalks (dichte Kalksteine und Mergelsteine mit eingelagerten spätigen Kalksteinbänken) und des Oberen Bundsandsteins (Röt-Folge: vorwiegend Tonsteine). Im Bereich des Muschelkalks können Verkarstungen und Karsthohlräume vorkommen.

Des Weiteren werden mit dem Vortrieb zwei parallel verlaufende Äste der Eisfeld-Kulmbacher Störungszone – ein entfestigtes und teilweise zersetztes Gebirge – durchfahren.



Foto: imagocura, Jürgen Strassius

Bild 2: Portalbereich des Tunnels Reitersberg



Foto: imagogura, Jürgen Stresius

Bild 3: Bohren der Sprenglöcher beim Kalottenvortrieb



Foto: imagogura, Jürgen Stresius

Bild 4: Schüttern der Sohle

Der Tunnel Reitersberg wird von zwei Seiten gleichzeitig aufgeföhrt. Der Südvortrieb betröhgt 1.926 m, der Nordvortrieb 1.009 m. Die restlichen 40 m werden in offener Bauweise hergestellt, jeweils 20 m an beiden Portalen (Bild 2). Hinzu kommen zwei Notausgöhnge mit Löhngen von 365 m bzw. 137 m.

Die Vortriebsarbeiten erfolgen in Spritzbetonbauweise (NÖT). Nach jedem Öffnen der Ortsbrust und Beröhmung des ungesicherten Bereichs wird sofort mit den Sicherungsarbeiten (Herstellung einer bewehrten Spritzbetonaußenschale) begonnen, um mÖglichst schnell eine Lastabtragung über den befestigten Gebirgstragring gewöhrrleisten zu kÖnnen.

Der Abbau erfolgt durch Sprengungen (Bild 3) oder mechanisch mit Tunnelbagger, im Anschluss wurde die Sohle geschuttet (Bild 4). Die Sicherungsmittel bestehen aus bewehrtem Spritzbeton, AusbaubÖgen (Bild 5), Ankern und Ortsbrustankern. Bei Bedarf erfolgte eine vorseilende Sicherung mit SpieÖen oder Rohrschirmen.

Ein grÖoer Vorteil der Spritzbetonbauweise ist die schnelle Anpas-



Foto: imagogura, Jürgen Stresius

Bild 5: Stellen der TunnelbÖgen im Bereich der Ortsbrust



Foto: imagogura, Jürgen Stresius

Bild 6: Einbau des Spritzbetons beim Sohlvortrieb

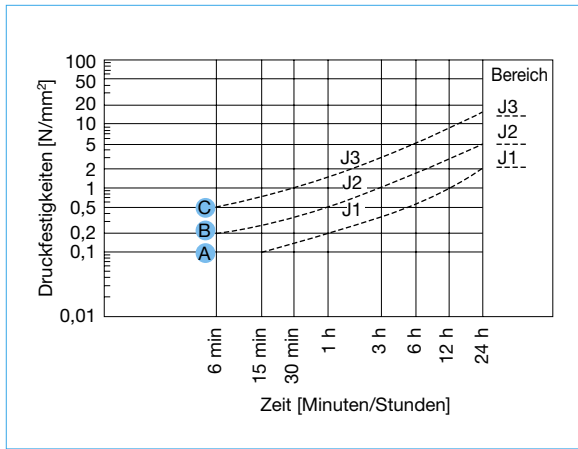


Bild 7: Frühfestigkeitsklassen nach der Richtlinie Spritzbeton des ÖVBB [5]

Tafel 1: Betontechnologische Kenndaten des Spritzbetons

Druckfestigkeitsklasse		C25/30
Konsistenzklasse		F5
Zementart und Zementgehalt	kg/m ³	CEM II/ A-S 52,5 R (sb) 380
Wasser w/z Wert	l/m ³	186 0,49
Gesteinskörnung Art		Kies
Größtkorn	mm	8
Zusatzstoff Art		Kalksteinmehl
Gehalt	kg/m ³	40
Zusatzmittel Art		PCE Fließmittel
Gehalt	% v.z	0,80

sungsfähigkeit im Hinblick auf wechselnde Baugrundverhältnisse und Querschnittsformen. Ein Wechsel der Vortriebsklasse – d.h. eine veränderte Ausbruchart oder Querschnittsunterteilung sowie eine Anpassung der Art und des Umfangs der Sicherung – ist jederzeit ohne großen Aufwand möglich.

4 Betontechnologie

Grundlage für die Anforderungen an den Beton für Eisenbahntunnel sind der „DIN Fachbericht 100“ [2] sowie die Richtlinie 853 „Eisenbahntunnel

planen, bauen und instand halten“ der Deutschen Bahn AG [3].

Für die Herstellung des Spritzbetons gilt darüber hinaus die DIN 18551 „Spritzbeton – Anforderungen, Herstellung, Bemessung und Konformität“, zur Zeit der Bauausführung in der Fassung von 2005 [4]. Weitere praxisrelevante und allgemein anerkannte Hinweise finden sich in der „Richtlinie Spritzbeton“ [5] der Österreichischen Vereinigung für Beton- und Bautechnik (ÖVBB).

Der Spritzbeton für den Tunnel Reutersberg wurde im Nassspritz-

verfahren eingebracht (Bild 6) und hatte hinsichtlich der Druckfestigkeit und Druckfestigkeitsentwicklung folgende Anforderungen zu erfüllen:

- Spritzbetonklasse: II [5]
- Betondruckfestigkeitsklasse: C25/30
- Betondruckfestigkeit nach 12 h: 5 N/mm²
- Betondruckfestigkeit nach 24 h: 10 N/mm²
- Frühfestigkeitsklasse: J2 [5] (Bild 7)

Im Rahmen von Eignungsprüfungen war zum zielsicheren Erreichen der Frisch- und Festbetoneigenschaften die Abstimmung der Betonkomponenten – insbesondere der Erstarungsbeschleuniger – auf die Applikations- und Maschinenteknik von besonderer Bedeutung.

Die Konsistenz des Betons sollte bei Übergabe auf der Baustelle zu jedem Zeitpunkt zwischen 600 mm und 670 mm betragen und die Betontemperatur sollte nicht unter 18 °C liegen. Die Betontechnologischen Kenndaten des Spritzbetons zeigt Tafel 1.

Im Zuge der Qualitätssicherung an der Baustelle durch die ständige Be-

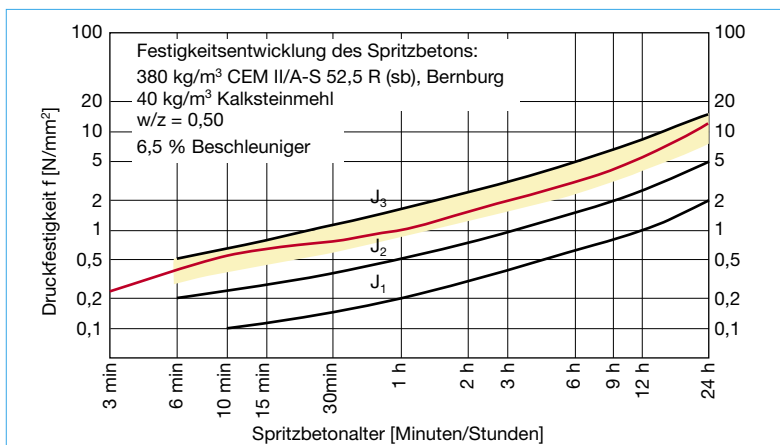


Bild 8: Festigkeitsentwicklung des jungen Spritzbetons

Tafel 2: Betontechnologische Kenndaten der Betone für die Tunnelinnenschale

Druckfestigkeitsklasse		C30/37	C35/45
Konsistenzklasse		F5	F5
Zement CEM II/ B-M (S-LL) 42,5 R	kg/m ³	300	315
Wasser	l/m ³	147	154
Gesteinskörnung (Art)		Edelsplitt	Edelsplitt
Sieblinie		A/B 16	A/B 16
w/z Wert		0,49	0,49
Zusatzstoff (Flugasche)	kg/m ³	70	55
Fließmittel PCE	% v.z	0,80	0,95



Foto: imagocura, Jürgen Stresius

Bild 9: Probebetonage der Innenschale

tonprüfstelle wurde die Festigkeitsentwicklung des Spritzbetons mit der Penetrationsnadel und dem Bolzenschussgerät bzw. parallel an Bohrkernen kontinuierlich überwacht (Bild 8).

Der Beton für die Tunnelinnenschale war entsprechend der Richtlinie 853 und den konstruktiven Anforderungen der Baumaßnahme als C30/37 bzw. bei ungünstigen Gebirgshältnissen als C35/45 auszuführen. Bei der Betonzusammensetzung war zur Reduzierung der Rissneigung auf eine moderate Festigkeitsentwicklung (max. 6 N/mm² nach 12 h) sowie eine niedrige Hydratationswärmeentwicklung zu achten. Dennoch war für einen zügigen Baufortschritt eine Ausschalfestigkeit von 3 N/mm² nach 12 h zu gewährleisten.

Um diese Eigenschaften zielsicher zu erreichen, wurde für den Beton der Tunnelinnenschale ein Zement mit mehreren Hauptbestandteilen eingesetzt: ein CEM II/B-M (S-LL) 42,5 R, der neben Portlandzementklinker Hüttensand- und Kalksteinmehl enthält. Die Betontechnologischen Kenndaten der Betone für die Tunnelinnenschale sind Tafel 2 zu entnehmen.

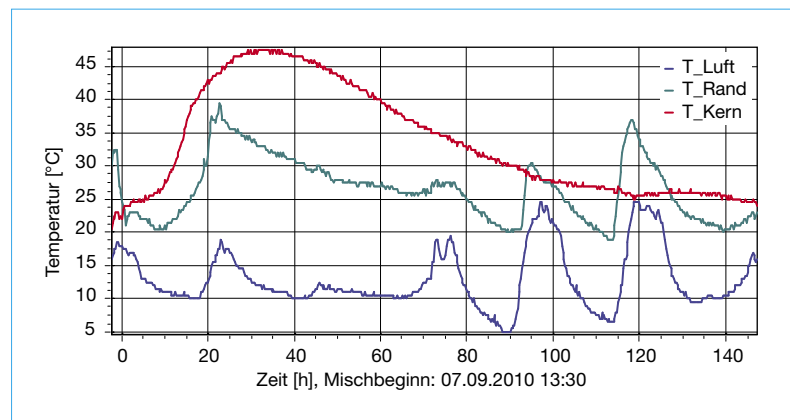


Bild 10: Hydratationswärmeentwicklung nach der Betonage der Tunnelinnenschale (Betondruckfestigkeitsklasse C30/37)

Tafel 3: Weitere beim Bau des Reitersbergtunnels verwendete Betone

Druckfestigkeitsklasse	Sohlbeton		Füllbeton	
	C30/37	C35/45	C12/15	C20/25
Konsistenzklasse	F3	F3	F3	F3
Expositionsklassen	XC4, XF1, XA1	XC4, XF1, XA1	X0	X0
Größtkorn der Gesteinskörnung	16 mm	16 mm	16 mm	16 mm

Im Vorfeld der Ausführung wurde eine Probebetonage an einem Segment der Innenschale durchgeführt (Bild 9). Dabei wurden alle für die Bauausführung wichtigen Parameter berücksichtigt. Bis hin zum Trennmittel wurden alle Arbeitsabläufe

und Baustoffe getestet. Gleichzeitig wurde auch die Hydratationswärmeentwicklung des Betons in der Schalung gemessen (Bild 10).

Darüber hinaus wurden beim Bau des Tunnels Reitersberg weitere



Foto: imagocura, Jürgen Stresius

Bild 11: Baustellenanlage zur Bereitstellung des Betons



Foto: imagocura, Jürgen Stresius

Bild 12: Sohlbrücke vor dem Tunnel



Foto: imagocura, Jürgen Stresius

Bild 13: Sohlbrücke im Tunnel

Betone verwendet, die in **Tafel 3** aufgeführt sind.

Die Bereitstellung der Betone erfolgte durch eine mobile Mischanlage vor Ort (**Bild 11**).

5 Einsatz neuer Technologien

Beim Bau des Tunnels Reitersberg kam in Deutschland erstmalig eine Sohlbrücke zum Einsatz (**Bild 12**).

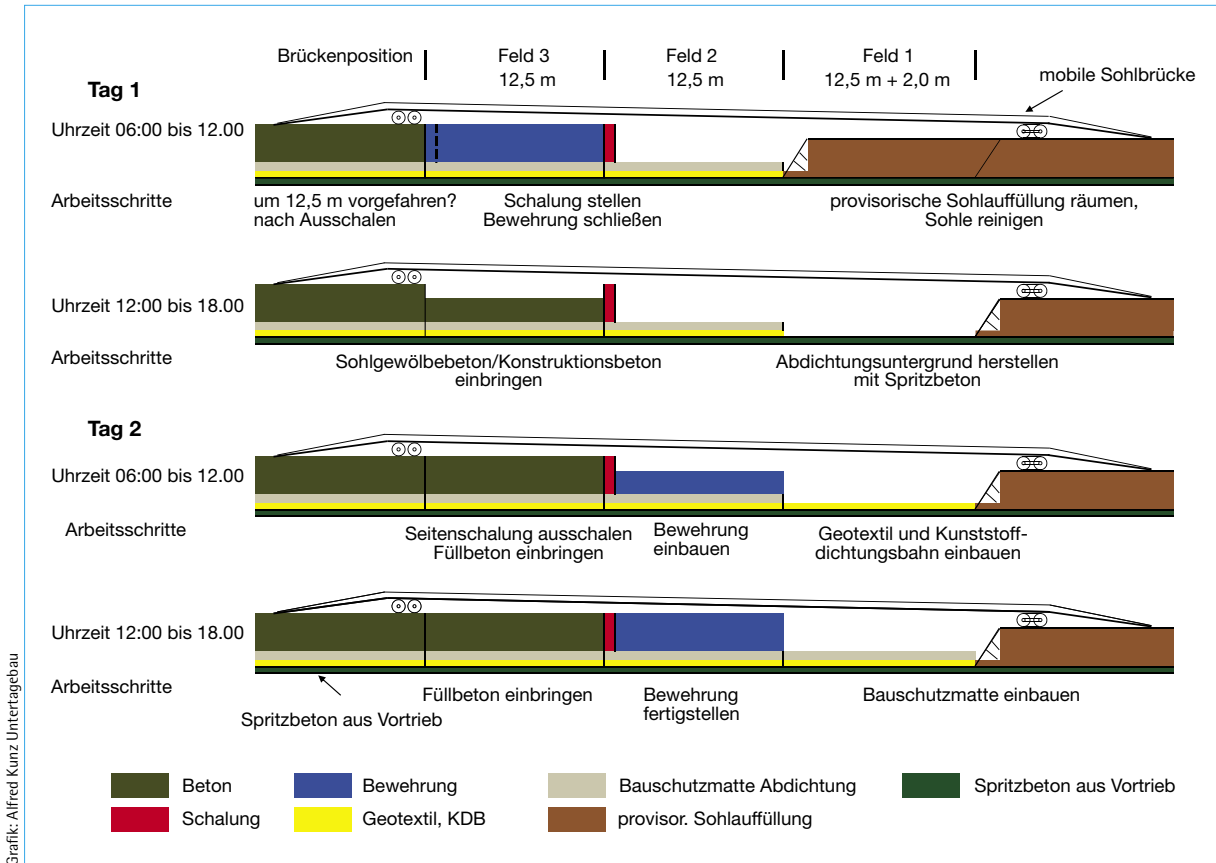
Die ursprüngliche Planung sah vor, die gesamte Innenschale nach Beendigung des Vortriebs in ca. 9 Monaten herzustellen. Hierzu wären u.a. mehrere Schalungseinheiten notwendig gewesen. Zur Qualitätssteigerung durch Entzerrung der einzelnen Betoniervorgänge und zur Gewährleistung des Fertigstellungstermins entschied sich die ausführende ARGE dazu, mit der Herstellung der Innenschale parallel zum Vortrieb zu beginnen.

Hierzu wurde eine fahrbare Sohlbrücke (**Bild 13**) eingesetzt, die es ermöglicht, unterhalb der Brücke alle Arbeiten für die Herstellung des Sohlgewölbes der Tunnelröhre



Foto: imagocura, Jürgen Stresius

Bild 14: Einbringen der Sohlbewehrung unter der Sohlbrücke



Grafik: Alfred Kunz Untertagebau

Bild 15: Schema der Arbeitszyklen unter der mobilen Sohlbrücke

durchzuführen (Bild 14) und gleichzeitig über die Brücke alle Transporte für die Ver- und Entsorgung der Vortriebsarbeiten zu gewährleisten.

Die Sohlbrücke kann mit Baufahrzeugen bis max. 50 t Gesamtgewicht überfahren werden und überspannt als frei tragende massive Stahl-

konstruktion insgesamt drei Arbeitsfelder mit je ca. 12,5 m langen Arbeitsräumen. Die Gesamtlänge der Brücke beträgt etwa 92 m.



Foto: imagocura, Jürgen Stresius

Bild 16: Abdichtung im Bereich des Gewölbes



Foto: imagocura, Jürgen Stresius

Bild 17: Bewehrung im Bereich der Innenschale des Gewölbes

Foto: imagocura, Jürgen Stresius



Bild 18: Einbau des Betons für die Innenschale des Gewölbes und Nachbehandlung

Die einzelnen Arbeitsfelder gliedern sich wie folgt (Bild 15):

Arbeitsfeld 1: Räumen provisorische Sohlauffüllung, Reinigung Sohle, Herstellung Abdichtungsuntergrund, Einbau Abdichtung (Bild 16)

Arbeitsfeld 2: Einbau Bewehrung

Arbeitsfeld 3: Einbau Konstruktionsbeton und Füllbeton

Das Verfahren der Sohlbrücke erfolgt jeden zweiten Tag – rund 16 Stunden nach Einbau des Füllbetons. Hierzu wird eine Druckfestigkeit des Füllbetons von mindestens 1,5 N/mm² benötigt.

Foto: imagocura, Jürgen Stresius



Bild 19: Fertiggestellte Innenschale

6 Baufortschritt

Der Tunnel wurde am 17. August 2009 offiziell angeschlagen, im Juni 2011 wurden die Vortriebsarbeiten erfolgreich beendet.

Von den insgesamt 2.975 m der herzustellenden Innenschale (242 Blöcke) wurden bis zum Sommer 2011 1.475 m Sohlbeton (122 Blöcke) und 1.300 m Gewölbebeton (108 Blöcke) parallel zum Vortrieb fertiggestellt.

Die Arbeiten der Innenschale (Bilder 17 bis 19) werden voraussichtlich im Sommer 2012 beendet. Die Fertigstellung des Projekts ist für Mitte 2013 vorgesehen.

Bauschild

Entwurf	Arcadis Consult GmbH, ILF Beratende Ingenieure, Obermeyer Planen und Beraten GmbH
Bauherr	Deutsche Bahn, DB ProjektBau GmbH
Baufirma	ARGE Rödental-Reitersbergtunnel bestehend aus den Firmen Alfred Kunz Untertagebau (Technische Federführung), Swietelsky Tunnelbau und Leonhard Weiss
Betonlieferant	SEMPER Beton GmbH & Co. KG
Betontechnologie	TBR Technologiezentrum GmbH & Co. KG
Zementlieferant	SCHWENK Zement KG

7 Literatur

- [1] Weitere Informationen zum Gesamtprojekt unter www.vde8.de
- [2] DIN-Fachbericht 100 – Beton. DIN Deutsches Institut für Normung. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2005
- [3] Richtlinie 853 „Eisenbahntunnel planen, bauen und instand halten“. Deutschen Bahn AG.
- [4] DIN 18551:2005-01 Spritzbeton – Anforderungen, Bemessung und Konformität. DIN Deutsches Institut für Normung. Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2005
- [5] Richtlinie Spritzbeton. Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik (ÖVBB), 2004