



PROJEKTSTUDIE

zur Machbarkeit des Tunnels Kreis Bergstraße im Zuge der ICE - NBS Rhein/Main - Rhein/Neckar

Bauvorhaben: ICE - NBS Rhein/Main - Rhein/Neckar

Auftraggeber: Kreis Bergstraße in Gemeinschaft mit den Kommunen
Bensheim, Lorsch, Einhausen und der Bürgerinitiative
„Mensch – vor – Verkehr“

beauftragt über die

Entwicklungsgesellschaft Lorsch mbH
Kaiser - Wilhelm - Platz 1
64653 Lorsch

Projekt-Nr.: 1345

Datum: 15.02.2008

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
Verwendete Unterlagen.....	2
1 Anlass und Aufgabenstellung.....	4
2 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse.....	6
3 Tunnel Kreis Bergstraße – technische Ausarbeitung	9
3.1 Bestandteile des Gesamtbauwerks und Entwurfselemente	9
3.2 Trassenverlauf und Unterfahrungen.....	10
3.3 Baustelleneinrichtung.....	11
3.4 Baustellenlogistik	12
3.5 Rettungskonzept.....	12
3.6 Entwässerung	13
3.7 Einteilung des Bauwerkes in verschiedene Bauabschnitte und Bauweisen.....	13
3.7.1 Rampenbereiche und offene Bauweise im Rechteckquerschnitt.....	13
3.7.2 Anforderungen an die Start und Zielbaugruben.....	14
3.7.3 Bergmännischer Tunnel.....	15
3.7.3.1 Vortriebskonzept	16
3.7.4 Sonderbauwerke.....	17
3.7.5 Zusatzmaßnahmen für den Vortrieb.....	18
3.7.6 Separierung	20
4 Bauzeitlicher Rahmen für die Erstellung des Rohbaus.....	22
5 Abschätzung der Rohbaukosten für den Tunnel Lorsch	23
6 Schlussbemerkungen.....	24

Verwendete Unterlagen

Literatur

- (1) Arbeitskreis ICE-Neubaustrecke Langwaden, Einhausen, Lorsch: Positionspapier zum Streckenabschnitt Bensheim-Langwaden, Einhausen, Lorsch. Unveröffentlicht.
- (2) Eisenbahn-Bundesamt (EBA): Richtlinie „Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an den Bau und den Betrieb von Eisenbahntunneln. 1997
- (3) Hessisches Landesamt für Bodenforschung: Geologische Übersichtskarte von Hessen, Maßstab 1:300.000, 4., neu bearb. Auflage, Wiesbaden 1989.
- (4) Pape v., W.-P.: Höchste Grundwasserstände im Hessischen Ried als Planungskriterium für Bauwerke. Jahresbereich 2003 des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (2004). Veröffentlicht im Internet unter:
http://www.hlug.de/medien/wasser/grundwasser/artikel/gw_artikel_HW_Ried.htm
- (5) HLUG: Hydrogeologisches Kartenwerk Hessische Oberrheinebene - Grundwasserhöhengleichen im April 1957. Maßstab 1: 100 000. Veröffentlicht im Internet unter:
http://www.hlug.de/medien/wasser/grundwasser/gw_karten/karten_hm/ried_57_apr_hl.htm
- (6) HLUG: Hydrogeologisches Kartenwerk Hessische Oberrheinebene - Grundwasserhöhengleichen im April 1988. Maßstab 1: 100 000. Veröffentlicht im Internet unter:
http://www.hlug.de/medien/wasser/grundwasser/gw_karten/karten_hm/ried_88_apr_hl.htm
- (7) HLUG: Hydrogeologisches Kartenwerk Hessische Oberrheinebene - Grundwasserhöhengleichen im April 2001. Maßstab 1: 100 000. Veröffentlicht im Internet unter:
http://www.hlug.de/medien/wasser/grundwasser/gw_karten/karten_hm/ried_01_apr_hl.htm
- (8) HLUG: Hydrogeologisches Kartenwerk Hessische Oberrheinebene - Grundwasserhöhengleichen im Oktober 2006. Maßstab 1: 100 000. Veröffentlicht im Internet unter:
http://www.hlug.de/medien/wasser/grundwasser/gw_karten/karten_hm/ried_06_okt_hl.htm
- (9) HLUG: Hydrogeologisches Kartenwerk Hessische Oberrheinebene - Grundwasserflurabstand im Oktober 2006. Maßstab 1: 100 000. Veröffentlicht im Internet unter:
http://www.hlug.de/medien/wasser/grundwasser/gw_karten/karten_hm/ried_06_okt_fl.htm
- (10) HLUG: Ganglinien der Grundwassermessstellen Einhausen (544018, 544052 und 544062) und Lorsch (544010 und 544170). Veröffentlicht im Internet unter:
http://www.hlug.de/medien/wasser/grundwasser/aktivkarten/qwm_karte.htm

Verzeichnis der Anlagen

Anlage	Inhalt
0.1	Lageplan und Längsschnitt Tunnel Kreis Bergstraße
0.2	Regelquerschnitt Rampe
0.3	Regelquerschnitt Tunnel offene Bauweise
0.4	Regelquerschnitt Streckentunnel bergmännische Bauweise
0.5	Regelquerschnitt Streckentunnel mit Querschlag
0.6	Querschnitt Autobahn – ICE-NBS

1 Anlass und Aufgabenstellung

Im Zuge der Herstellung der ICE - Neubaustrecke Rhein/Main – Rhein/Neckar (Frankfurt – Mannheim) führt die von der Bahn favorisierte Trasse durch den südhessischen Landkreis Bergstraße. Insbesondere die Stadt Lorsch sowie umliegende Gemeinden sind durch den Bau der Trasse, die dort weitestgehend oberirdisch verlaufen soll, beeinflusst. Die betroffenen Anrainergemeinden befürchten, dass mit Problemen infolge Lärm, Landschafts- sowie Baulandverbrauch und Landschaftszerschneidung zu rechnen sein wird.

Der Landkreis strebt daher eine Untertunnelung langer Streckenabschnitte an. Der Arbeitskreis „ICE-Neubaustrecke Langwaden, Einhausen, Lorsch“ fordert in einem Positionspapier einen Tunnel, „...dessen Tunnelmund im Waldbereich des Jägersburger Waldes nördlich von Langwaden beginnt und deutlich hinter der Rastanlage Lorsch endet.“

Das Ingenieurbüro PSP Beratende Ingenieure wurde daraufhin über die Entwicklungsgesellschaft Lorsch durch den Landkreis Bergstraße und die Gemeinschaft der Kommunen Bensheim, Lorsch und Einhausen sowie die Bürgerinitiative „Mensch – vor – Verkehr“ beauftragt die Machbarkeit einer langen Tunnellösung in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht zu prüfen.

Im Zuge dieses Berichtes wird, basierend auf den jahrzehntelangen Erfahrungen des beauftragten Ingenieurbüros in der Planung von Tunnelbauwerken, die Möglichkeit der Realisierung einer solchen Tunnellösung aufgezeigt.

Dazu werden zunächst die technischen Anforderungen an eine Tunnellösung in der Region textlich und zeichnerisch aufgezeigt. Die Studie berücksichtigt darüber hinaus bauleistungsrechtliche Rahmenbedingungen. Schließlich werden Betrachtungen zur Bauzeit angestellt sowie eine Kostenschätzung für die erarbeitete Strecke durchgeführt.

Grundlagen und Arbeitsweise

Als Grundlage für die gegenständlichen Ausführungen wurden durch den Auftraggeber Bohrpläne mit geringem Detaillierungsgrad aus einer Vorplanungsphase (2003) übergeben. Es wurde eine zwar fiktive, so doch auch realistische Trasse nach den Grundsätzen und Richtlinien der DB AG abgeschätzt. Auftragsgemäß wurde dabei keine trassierungstechnische Feinarbeit geleistet. Aufgrund des sehr frühen Projektstadiums und der damit nicht gebotenen Planungstiefe musste weiterhin mit Vereinfachungen und sinnvollen Abschätzungen im Hinblick auf Höhenkoten, Baugrundbedingungen und Ausbildung des Bauwerks gearbeitet werden. Die ungefähre Lage der Tunnelportale, Lampertheimer Gscheid und nördliche Grenze der Bebauung von

Langwaden, wurde durch den Auftraggeber vorgegeben. Die im Rahmen dieser Projektstudie erarbeitete Trasse wird nicht als starres Gebilde verstanden, sondern vielmehr als Trassenkorridor mit einer Ungenauigkeit von mehreren Metern, der in Teilbereichen bei veränderten Planungsvorgaben und im Rahmen der o.g. Richtlinien und Planungsgrundsätze angepasst werden kann.

2 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

Die Klärung der geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse ist eine essentielle Fragestellung im Tunnelbau. Daher werden für solche Projekte in der Regel umfangreiche Erkundungskampagnen durchgeführt. Die daraus gewonnenen Daten, Erkenntnisse sowie Hinweise und Empfehlungen für die Baumaßnahme, die in einem Geotechnischen Bericht zusammengefasst werden, standen dem Ersteller dieser Projektstudie nicht zur Verfügung.

Es erfolgte daher eine Kontaktaufnahme mit dem HLOG¹, um über den Rechercheweg zu Erkenntnissen über den Baugrundaufbau zu gelangen. Darüber hinaus bot sich über das Internet die Möglichkeit, auf umfangreiches Datenmaterial des Landesgrundwasserdienstes des HLOG zurückzugreifen. Insbesondere Ganglinien von in der Nähe der A 67 gelegenen Grundwassermessstellen sowie auf Karten mit Flurabständen und Grundwassergleichen konnten auf diese Weise genutzt werden.

Es lässt sich damit ein stark vereinfachtes Modell des Untergrundes skizzieren, das für die Bearbeitung der Projektstudie ausreichend erscheint.

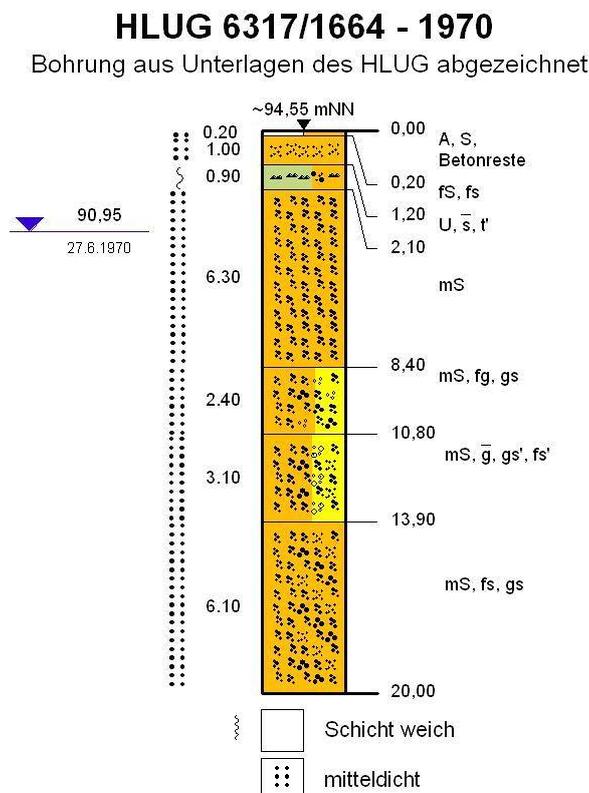


Abb. 1: Bohrprofil einer östlich Einhausen 1970 abgeteufte Bohrung. Quelle: HLOG

Geologische Verhältnisse

Demnach baut sich der Baugrund in Oberflächennähe aus quartären (pleistozänen) Terrassenablagerungen auf, die überwiegend aus nicht-bindigen Bodenarten bestehen. Es handelt sich dabei meist um Sand bzw. um Sande und Kiese. Aus den durch das HLOG zur Verfügung gestellten Bohrungen lässt sich darüber hinaus erkennen, dass die Schichten teilweise auch relativ einkörnig ausgebildet sind. Ferner werden die nicht-bindigen Schichten auch gelegentlich von bindigen Zwischenschichten aus Ton oder Schluff durchsetzt. Aus den Bohrungen kann

¹ Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie

auch geschlossen werden, dass mit fossilen Holzresten gerechnet werden muss. Dies kann unter Umständen zu Erschwernissen beim Vortrieb führen.

Die quartären Schichten werden nach unten durch das Tertiär begrenzt, das aus feinkörnigen Schichten aufgebaut sein dürfte. Die in Bereich Lorsch hergestellten Bohrungen gingen nicht über eine Teufe von 15 bis 18m hinaus. Nördlich davon, ab Einhausen, wurden auch tiefere Bohrungen hergestellt, wenngleich auch etwas weiter entfernt (700 bis 1.400 m östlich der A 67). Diese Bohrungen erreichten Tiefen von bis zu 93m.

Die Unterkante des Tertiärs wurde auch bei diesen Bohrungen dabei nicht erbohrt.

Hydrogeologische Verhältnisse

Die quartären Schichten sind der wasserwirtschaftlich genutzte Grundwasserleiter der Region. Das Wasser steht in Oberflächennähe an und ist teilweise großen Schwankungen unterworfen, die im Wesentlichen durch Niederschläge und menschliche Eingriffe verursacht sind (Aufspiegelung des Grundwassers in Teilbereichen (z.B. Jägersburger Wald) durch den Betrieb von Infiltrationsanlagen seit 1989). Die Grundwassersituation im hessischen Ried wird durch eine Vielzahl von Grundwassermessstellen seit der Nachkriegszeit engräumig überwacht, so dass Angaben zu den Grundwasserständen sehr gut möglich sind. Den Empfehlungen des HLUG folgend werden unter Zugrundelegung der Grundwassergleichenpläne von April 1957, April 1988 und April 2001 folgende Höchstwasserstände für die Portalbereiche zugrunde gelegt:

- Südportal: ca. 94,2 mNN (1957)
- Nordportal: ca. 91,2 mNN (1957)

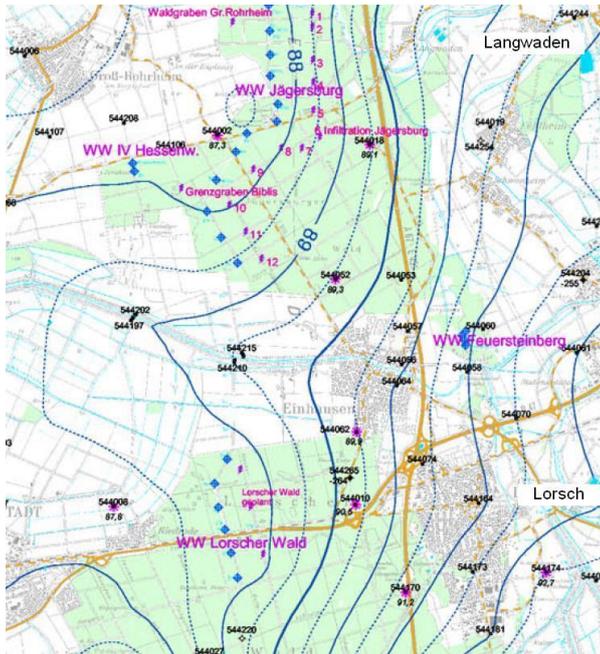


Abb. 2: Grundwassergleichen des Jahres 2001 des oberflächennahen quartären Grundwasserleiters. Quelle: HLUG [7]

Die Fließrichtung des Grundwassers erfolgt generell von Ost nach West in Richtung des Rheins.

Das Tunnelbauwerk schneidet somit senkrecht zur Fließrichtung in den Grundwasserstrom ein. Teilweise dürften gewisse Aufstaueffekte zu befürchten sein, die jedoch aufgrund der natürlichen Grundwasserschwankungen unerheblich sein dürften.

3 Tunnel Kreis Bergstraße – technische Ausarbeitung

Das erarbeitete Tunnelbauwerk „Kreis Bergstraße“ wird nachfolgend erläutert.

3.1 Bestandteile des Gesamtbauwerks und Entwurfselemente

Trassierung

Es wurde davon ausgegangen, dass die Trasse von Norden kommend westlich der A 67 verläuft. Um den Landschaftsverbrauch möglichst gering zu halten wurde die Trasse möglichst nahe und parallel zur bestehenden und auszubauenden Autobahn geführt. Um sie, diesen Vorgaben folgend, westlich der Autobahn und damit seitlich an Lorsch vorbei weiterzuleiten, wurde beim Tunnel Kreis Bergstraße eine S-Kurve mit einem Radius von ≥ 3.500 m eingeleitet. Die Trasse verläuft im Bereich von Einhausen in Teilen unterhalb bzw. knapp westlich der A 67. Gebäude werden damit in Einhausen nicht unterfahren.

Aus Naturschutzgründen ist eine Trassenführung im östlich der A 67 gelegenen Teil des Jägersburger Waldes nicht angeraten. Das Gebiet ist sowohl als Vogelschutzgebiet als auch FFH – Schutzgebiet ausgewiesen. Insbesondere für die dort gelegenen Buchenwälder besteht die Besorgnis, dass an den neu entstehenden Waldrändern mit Sonnenbrand und Windwurf zu rechnen ist².

Der Tunnel beginnt, entsprechend der hier gewählten Bau-Kilometrierung, südlich der Autobahn-Raststätte Lorsch. Das Portal liegt in Höhe des „Lampertheimer Gscheids“, der Tunnel unterquert die Anschlussstelle 9 der A 67, verläuft östlich der Wohnbebauung von Einhausen knapp unterhalb der A 67 und führt im Anschluss parallel zur A 67 auf deren westlichen Seite bis in die Höhe von Langwaden. Das Tunnelportal liegt in Höhe des nördlichen Bebauungsrandes von Langwaden. Vor beiden Portalen sind mehrere Hundert Meter lange Rampenbereiche erforderlich.

Gradienten

Das Bauwerk ist grundsätzlich wannenförmig ausgebildet. Beginnend im Süden des betrachteten Abschnitts bei Bau-km 0+000 fällt die Gradienten (Niveau der Schienenoberkante) zunächst mit -12,5 ‰ über eine Länge von rund 1580. Der Tunnel hat dann eine Überlagerung von ca. 11 m (ca. 1 Ausbruchsdurchmesser) erreicht. Von hier aus fällt die Gradienten nur noch mit -4 ‰ bis zum Wendepunkt bei Bau-km ca.

² Hinweis von Seiten des Auftraggebers

6+195. Daraufhin erfolgt ein Anstieg mit gleichfalls 4 ‰ bis etwa Bau-km 10+370. Danach, bis zum Tunnelende bei Bau-km ca. 11+900 verläuft der Anstieg der Gradienten erneut mit 12,5 ‰.

Damit kann das Bauwerk in 5 bautechnische Abschnitte unterteilt werden:

Bauabschnitt	Bau - Kilometrierung	Länge
Rampe Süd	0+000 bis 0+686	686 m
Offene Bauweise Süd	0+686 bis 1+012	326 m
Bergmännischer Tunnel	1+012 bis 10+922	9.910 m
Offene Bauweise Nord	10+922 bis 11+214	292 m
Rampe Nord	11+214 bis 11+900	686 m

Die Gesamtlänge des Bauwerkes beträgt rund 11.900 m. Die Überdeckung im Bereich der Anschlag- bzw. Durchschlagwand für die bergmännische Bauweise beträgt ca. 4 m. Die maximale Überdeckung in Tunnelmitte, liegt bei ca. 28 m. Damit hat der Tunnel über weite Strecken eine Überlagerung von ≥ 1 Tunneldurchmesser (Ausbruch), was aus tunnelbautechnischer Sicht als sinnvoll zu erachten ist.

Die oben geschilderten Bauwerksabschnitte werden durch betriebs- und rettungstechnisch erforderliche Sonderbauwerke ergänzt. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um

- 20 Verbindungsstollen zwischen den Fahrtunneln als Notausgänge (Rettungsquerschläge)
- 2 Hebewerke in offener Bauweise
- 1 Hebewerk mit Lüftungsschacht und Rettungsausgang in Tunnelmitte mit Betriebsgebäude
- Ca. 4 separate Querschläge zur Aufnahme von Technikräumen

3.2 Trassenverlauf und Unterfahrungen

Im Zuge des gewählten Trassenverlaufs werden einige markante Punkte, Bauwerke oder Gewässer unterfahren bzw. im Falle der Rampen und der offenen Tunnelbauweise durchschnitten. Von Süden kommend sind dies:

- „Lampertheimer Gscheid“ (mit Brücke über Autobahn)
- Mannheimer Straße
- Schrebergartenanlage in Lorsch
- Bahnlinie Bensheim – Bürstadt

- B 47 mit Kleeblatt der AS 9 (Lorsch)
- Landstraße L 3111 (mit Brücke über Autobahn)
- Autobahn A 67 (in schleifendem Schnitt)
- Gewässerquerung: Weschnitz
- Bensheimer Straße (Einhausen) (mit Brücke über Autobahn)
- Straße K 65 mit Brücke über Autobahn
- Unterführung der Forsthausstraße unter A 67
- Landstraße L 3261 (mit Brücke über Autobahn)
- Jägersburger Straße Langwaden (mit Brücke über Autobahn)

3.3 Baustelleneinrichtung

Die Hauptbaustelleneinrichtungsfläche könnte im Bereich südwestlich bzw. westlich der Rastanlage Lorsch platziert werden. Der nördliche Bauabschnitt hat einen geringeren Flächenumfang. Grundsätzlich besteht auch die Möglichkeit diese Verhältnisse umzukehren, insofern dies aus naturräumlicher Sicht bzw. aus baubetrieblicher Sicht, sowohl für die Andienung der Tunnelbaustelle als auch für den möglicherweise gleichzeitig laufenden Ausbau der A 67, Vorteile bietet.

Wesentliche Bestandteile der Hauptbaustelleneinrichtung (BE) für die Tunnelbaustelle sind:

- Materiallagerplätze
- Zwischenlager Tunnelausbruch
- Werkstattbereich
- Abwasseraufbereitung
- Bauleitung
- Personalunterkünfte und Sanitärbereiche
- Parkplätze

Darüber hinaus ist verfahrenstechnisch bedingt für das vorgeschlagene Vortriebskonzept (TVM-Vortrieb mit flüssigkeitsgestützter Ortsbrust) eine Erweiterung der BE u.a. um folgende Bestandteile erforderlich:

- Vergrößerung der Lagerplätze für die Aufnahme der Tübbinge
- Vergrößerung der Zwischenlager für den Tunnelausbruch, ggfs. zu dessen Entwässerung
- Mischanlagen für Ringraumverfüllung und Bentonit
- Separieranlage und Schlammsilo

Die Baustelleneinrichtungs- bzw. Baustellenfläche wurde so eingerichtet, dass den parallel zur linienhaften Baustelle der offenen Bauweise und der Rampe verlaufenden

Grenzen ein seitlicher Umgriff von rund 15 bis 40 m, gemessen an der jeweiligen Bauwerksaussenkante, eingeräumt wurde. Auf der Nordseite beträgt der maximale Umgriff max. rund 20m. Auf der östlichen Seite ist die Baustelle schmaler.

3.4 Baustellenlogistik

Die Baustelle bedarf der permanenten logistischen Andienung. Die Intensität der erforderlichen Fahrbewegungen von Lkw ist, abhängig vom Baugeschehen, unterschiedlich. Während der Vortriebszeit sind täglich erhebliche Mengen an Ausbruchmassen abzutransportieren sowie Tübbinganlieferungen und Anlieferungen anderer Baustoffe zu gewährleisten.

Da der Vortrieb im Durchlaufbetrieb (24h), sowohl werktäglich als auch an Wochenenden und Feiertagen erfolgen wird, sollten auf dem Baustellengelände Zwischendeponien vorgehalten werden, die so ausgelegt sind, dass separierte Vortriebsmassen mind. 2 Tage auf der Baustelle vorübergehend deponiert werden können. Auf der sicheren Seite liegend, sollte eine Spitzenvortriebszeit von 25m/AT für die Dimensionierung des Zwischenlagers zugrunde gelegt werden. Demnach ergäben sich Ausbruchmassen von rund $2AT * 25m/AT * 2 \text{ Vortriebe} * (\text{ca.}) 95m^2 \text{ Ortsbrustfläche} \approx 9.500 \text{ m}^3$, die mit Wiederaufnahme der Lkw-Transporte zusätzlich abzutransportieren wären. Insgesamt fallen rund 1.900.000 m³ Tunnelausbruch allein aus den TVM-Vortrieben an.

Zwischenlager werden darüber hinaus auch für die Tübbinge benötigt. Bei vergleichbaren Baustellen wurden häufig Betonfertigteilwerke für die Herstellung auf der Baustelle eingerichtet. Ein Beispiel hierfür wäre der Katzenbergtunnel (ABS / NBS Karlsruhe – Basel).

Zur Gewährleistung der Baustellenversorgung wird es daher erforderlich, bestehende Forststraßen als Baustraßen zu nutzen oder dazu auszubauen. Entsprechende Vorschläge wurden im Lageplan eingetragen (vgl. Anlagen 1.1). Ferner wird empfohlen, im Bereich der nördlichen Baustellenabschnitte Zufahrten der Baustelle zur Autobahn einzurichten, um soweit dies möglich ist, Baustellenverkehr in den betroffenen Gemeinden zu minimieren.

3.5 Rettungskonzept

Gemäß den Richtlinien der DB AG bzw. des EBA gehören Tunnel der hier betrachteten Längen zur Gruppe der langen Tunnels (≥ 1.000 bis 15.000 m). Für diese sind Notausgänge erforderlich. Bei zwei parallelgeführten und benachbarten eingleisigen Tunnels kommen hierfür Verbindungsbauwerke zwischen den beiden Fahrtunneln in

Frage. Die Verbindungsstollen zwischen den Röhren (Querschläge) werden im Abstand von 500m vorgesehen. Im Ereignisfall dienen bis zum Erreichen der sicheren Bereiche (Notausgänge und Tunnelportale) die auf der jeweils innenliegenden Seite befindlichen 1,20 m breiten Rettungswege der Entfluchtung. Die Rettungsquerschläge (Verbindungsstollen) sind nach den EBA-Richtlinien für den Brand- und Katastrophenschutz technisch auszurüsten.

In Tunnelmitte wird zudem noch ein Rettungsschacht eingerichtet. Aufgrund der Trassenführung knapp unterhalb der Autobahn im Bereich des Tunneltiefpunktes wird es erforderlich, mittels eines kurzen Fluchtstollens den Ausstiegbereich aus der Autobahnnähe herauszuführen. Die Lage des zentralen Schachtbauwerkes kann nach örtlichen Gegebenheiten ausgerichtet werden. Im vorliegenden Fall wurde es östlich der Autobahn platziert.

In unmittelbarer Nähe zu den Tunnelportalen sind Rettungsplätze anzulegen, die für Straßenfahrzeuge erreichbar sind. Deren Gesamtfläche muss mindestens 1.500 m² betragen. Um die Versorgung mit Löschwasser zu gewährleisten, werden an den Tunnelportalen Löschwasserbehälter mit einem Fassungsvermögen von rund 100m³ erforderlich werden.

3.6 Entwässerung

Die Böschungsbereiche werden mit Hilfe von Versickerungsmulden am Böschungsfuß entwässert. Das in den Rampen anfallende Niederschlags- bzw. Schleppwasser wird über Seitenabläufe innerhalb des Füllbetons der Tunnellängsentwässerung zugeführt und über Hebewerke in Richtung Vorflut gepumpt. Schleppwasser aus der offenen Bauweise und Schleppwasser bzw. Wasser, das aus Undichtigkeiten des Tunnels resultieren sollte, wird über die Sohldränage des Tunnels gesammelt und über ein im Tiefpunkt des Tunnels herzustellendes Hebewerk zur Oberfläche abgeführt (vgl. Kap. 3.7.4). Dort wäre weiterhin ein Betriebsgebäude mit Sammelbecken zu errichten. Im Ereignisfall anfallendes Löschwasser kann dort separiert und später abgefahren werden.

3.7 Einteilung des Bauwerkes in verschiedene Bauabschnitte und Bauweisen

3.7.1 Rampenbereiche und offene Bauweise im Rechteckquerschnitt

Die Rampenbereiche sollten als Grundwasserwannen aus Stahlbeton ausgebildet werden, wobei zu berücksichtigen ist, dass deren Wände höher als der höchste Grundwasserstand herzustellen sind. Oberhalb des Grundwasserspiegels ist das Ge-

lände abzuböschern. Dem Rampenbereich folgt ab dem Verschnitt der Firstlinie mit der Geländeoberkante die offene Tunnelbauweise, die in einem Rechteckquerschnitt hergestellt werden sollte. Die Rampe wird als zweigleisiger Baukörper hergestellt, die Tunnel in offener Bauweise dagegen als einzellige Querschnitte. Die Bauwerke sollten als wasserundurchlässige Konstruktion ausgebildet werden.

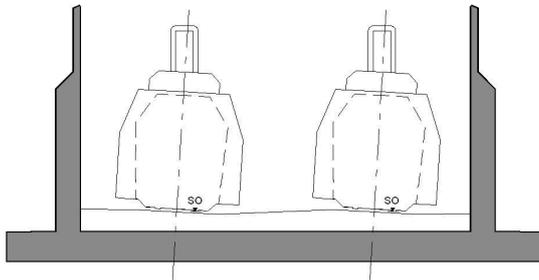


Abb.3: Schemaskizze Tunnel in Rampenlage

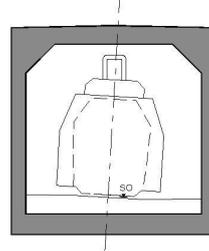


Abb.4 Schemaskizze Tunnel in offener Bauweise

Auf der Basis von Erfahrungen mit ähnlichen Projekten werden folgende Bauteildicken, unter Verwendung eines Betons C 30 / 37 angenommen:

Sohle	ca. 1,0 bis 2,5 m (Einfluss der Auftriebssicherung)
Wände	ca. 0,7 m
Decken	ca. 0,8 bis 0,9 m

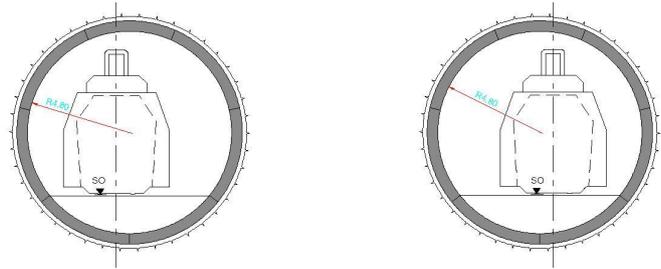
3.7.2 Anforderungen an die Start und Zielbaugruben

Die Startbaugrube ist zum Zwecke der Montage der Tunnelvortriebsmaschine und für die Durchführung des Anfahrvorganges an sich bautechnisch vorzubereiten. Ihre Länge sollte mindestens 50m betragen. Die Anschlagwand ist senkrecht auszubilden. Sie nimmt gleichzeitig auch die erforderlichen temporären und endgültigen Dichtungskonstruktionen für die Tübbingröhre (bergmännischer Abschnitt) auf. In der Startbaugrube wird weiterhin eine Spezialkonstruktion erforderlich, um die Vortriebskräfte beim Anfahrvorgang aufnehmen zu können. Zur Gewährleistung einer sicheren Schildausfahrt aus der Baugrube ist es darüber hinaus notwendig, südlich der Startwand einen Injektionskörper als Dichtblock herzustellen. In ähnlicher Weise ist auch die Zielbaugrube herzustellen. Hier entfallen jedoch spezielle Maßnahmen für die Anfahrkonstruktion. Allerdings ist eine Eintiefung für die Maschineneinfahrt zu schaffen.

Für die Baugrubensicherung im Bereich der Start- und Zielbaugrube wird ein möglichst steifer Verbau, wie er durch Schlitzwände oder Bohrpfehlwände gewährleistet werden kann, für sinnvoll erachtet.

3.7.3 Bergmännischer Tunnel

Der bergmännische Abschnitt des Tunnels, 2 Röhren von rund 9.910 m Länge, sollte aufgrund der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse maschinell, d.h. mit einer Schildmaschine, aufgefahren werden. Auf-



grund der großen Tunnellängen und vor allem aufgrund der Baugrundbedingungen kommt die konventionell bergmännische Bauweise (Spritzbetonbauweise) nicht in Frage. Die maschinelle Bauweise bedingt ein kreisrundes Profil. Dessen lichter Durchmesser wird etwa 9,60m betragen. Darin ist bereits ein Zuschlag für Herstellungstoleranzen in Höhe von 0,20 m enthalten, der sich aus den Anforderungen der Schildfahrt und möglichen Ausbauverformungen ergibt.

Abb.5: Schemaskizze Tunnel in bergmännischer Bauweise

Der Abstand zwischen den beiden Röhren ergibt sich aus Gesamttrassierungsüberlegungen heraus. Grundsätzlich ist ein größerer Abstand im Sinne einer geringeren gegenseitigen statischen Beeinflussung der beiden Röhren und somit im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit positiver zu bewerten. Wir gehen von einem lichten Abstand der Tunnelröhren von 10 – 15 m aus, in Portalnähe verringert sich dieser auf wenige Meter (3 – 5m). In diesen Bereichen werden möglicherweise bautechnische Zusatzmaßnahmen erforderlich.

Die Überdeckung über der Tunnelfirste beträgt in den Anschlag- bzw. Durchschlagbereichen mindestens ca. 4m und im Bereich maximaler Überlagerung, etwa in Tunnelmitte, rund 28 m.

Im Nachlauf zu den Vortriebsarbeiten erfolgt der Ausbau der Tunnelröhren. Hierbei wird in die Sohle des Tunnels ein Füllbeton eingebracht, in den Tunnellängsentwässerung, Sohlrdränage, Kabelleerrohre und ggfs. andere Bestandteile wie z.B. die Löschwasserleitung integriert werden. In erster Linie dient die Sohlauffüllung der Aufnahme des Gleiskörpers in Form der „Festen Fahrbahn“.

3.7.3.1 Vortriebskonzept

Vortriebsverfahren

Zur Durchörterung der anstehenden quartären Ablagerungen kommt nur ein Vortrieb mit einer Tunnelvortriebsmaschine (TVM), die mit flüssigkeitsgestützter Ortsbruststützung arbeitet (SM-V4 nach DAUB³) in Betracht. (vgl. Abb. 6). Bei einer solchen Vor-



Abb.6: Beispiel für eine TVM SM-V4. Hier Westerscheldetunnel, NL. Ø 11,33m

triebsmaschine ist die Abbaukammer mit dem Schneidrad gegenüber dem Tunnel durch eine Dichtwand abgeschottet. Dem an der Ortsbrust anstehenden Erd- und Wasserdruck wirkt eine unter Druck stehende Bentonitsuspension in der Abbaukammer entgegen. Dieser Stützdruck wird so ausgelegt, dass die Stabilität der Ortsbrust über den gesamten Vortrieb gewährleistet ist und Setzungen an der Geländeoberfläche weitgehend ausgeschlossen werden können. Nach oben wird der Stützdruck soweit begrenzt, dass es nicht zu Bodenaufbrüchen an der Geländeoberfläche kommen kann.

Ggfs. sind hier in Teilabschnitten, wie in Bereichen mit geringer Überdeckung, bautechnische Maßnahmen zu ergreifen (z.B. temporäre Geländeanschüttungen).

Der Boden wird durch das Schneidrad vollflächig abgebaut und das Boden-/ Suspensionsgemisch hydraulisch abgefördert. Übertage muss der Boden wieder aus der Suspension getrennt werden. Dies geschieht in einer Separieranlage (vgl. a. Kap. 3.7.6).

Aus bauzeitlichen Gründen empfiehlt es sich für den Vortrieb zwei Vortriebsmaschinen einzusetzen. Dies reduziert deutlich die Bauzeit (vgl. Kap. 4).

Vortriebsbegleitendes Messprogramm

Die Vortriebsarbeiten sollten durch ein umfangreiches Messprogramm begleitet werden um Verformungen früh erkennen zu können. Die Messungen sollten sowohl untertage als auch an der Geländeoberfläche in regelmäßigen Abständen durchgeführt werden. Darüber hinaus empfiehlt es sich, zusätzliche Messquerschnitte in schwieri-

³ Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen

gen Vortriebsabschnitten, z.B. bei der Unterquerung von Verkehrswegen u. dgl. einzu-
richten.

Tunnelausbau

Die Auskleidung des Tunnels mit Stahlbetontübbing-
en (vgl. Abb. 7) wird verfahrenstech-
nisch bedingt bei der maschinellen Tunnelbau-
weise unmittelbar dem Ausbruch folgend, im
Schutze des Schildmantels eingebaut. Da der
Ausbruchdurchmesser größer als der Tunne-
laußendurchmesser ist, verbleibt ein Ringraum
von ungefähr 10 – 20 cm. Dieser ist aus tunnel-
statischen Gründen (Gewährleistung der Bet-
tung, Verhinderung der Ringovalisierung) noch
während der Vortriebsarbeiten für einen weiteren Ring mit Mörtel zu verpressen. Die
einzelnen Tübbingsteine bestehen aus Beton C 35 / 45. Sie sind zur Gewährleistung
der Dichtigkeit des Tunnels mit sog. Dichtungsprofilen ausgerüstet, um den an den
Tunnel gestellten Anforderungen im Hinblick auf die Dichtigkeit gerecht zu werden.
Die Dicke des Stahlbetonsegmentrings wird ca. 50cm betragen, die Ringlänge (in
Tunnellängsrichtung) wird bei ca. 2,0 m liegen.

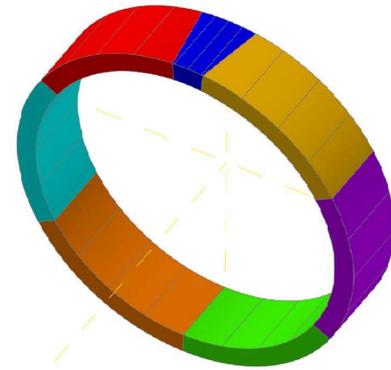


Abb.7: Idealisierte Darstellung eines
Tübbingringes, bestehend aus 6 gleichar-
tigen Tübbing- und einem Schlussstein
(blau) (Ringteilung 6+1).

Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass der Tunnel geothermisch, zur Gewinnung von
Wärme, genutzt werden kann. Teile des Tunnelbauwerkes könnten mit einem sog.
Energietübbing ausgerüstet werden. Für die offene Bauweise bieten sich sog. Ener-
gieschlitzwände bzw. Energiepfähle an.

3.7.4 Sonderbauwerke

Querschläge

Die Querschläge (Verbin-
dungsstollen) erhalten gemäß
EBA-Richtlinie zum Brand- und
Katastrophenschutz einen lich-
ten Querschnitt von 2,25 * 2,25
m. Der Abstand dieser Verbin-
dungsstollen untereinander be-

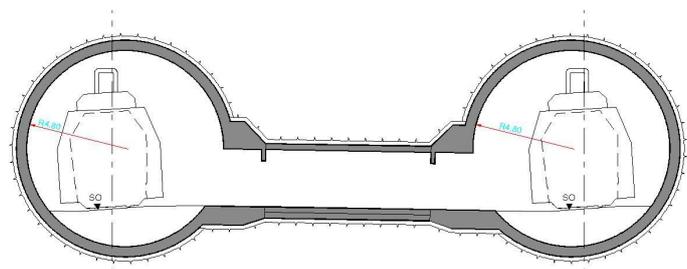


Abb.8: Schemaskizze Tunnel in bergmännischer Bauweise mit
Verbindungsstollen

trägt rund 500 m. Die Querschlaglängen sind aufgrund der geringeren Abstände zwischen den Röhren in Portalnähe unterschiedlich. Querschläge für Technikräume weisen den gleichen Regelquerschnitt auf.

Die Querschläge, unabhängig von ihrer späteren Verwendung, werden nachdem der Nachläufer der TVM den geplanten Standort passiert hat, konventionell bergmännisch, in der Spritzbetonbauweise im Baggervortrieb von Röhre zu Röhre hergestellt. Zuvor sind Zusatzmaßnahmen (vgl. Kap. 3.7.5) zu treffen, um den Vortrieb vor dem Hintergrund der Grundwasserverhältnisse und des „rolligen“ Baugrunds sicher durchführen zu können. Dazu bietet es sich an, den Baugrund zu vereisen.

Zentrales Schachtbauwerk für Entwässerung, Zuluft und Personenrettung

In Tunnelmitte wird ein Schachtbauwerk erforderlich, das im wesentlichen drei Funktionen übernimmt und konstruktiv darauf ausgerichtet werden muss. Das Tunnelbauwerk benötigt zunächst Luftzufuhr zum Abbau ggfs. vorhandener Schadstoffansammlungen. Darüber hinaus muss ggfs. anfallendes Wasser, z.B. Löschwasser, Schleppwasser oder Wasser aus Tunnelundichtigkeiten über ein Hebwerk nach übertage gefördert werden. Schließlich muss der Schacht für die Personenrettung ausgelegt sein. Für die Herstellung des Schachtes, wird eine Tiefe von ca. 28m erforderlich. Der Schacht sollte im Schutze einer vorab hergestellten überschnittenen Bohrpfahlwand oder einer Schlitzwand abgeteuft werden.

3.7.5 Zusatzmaßnahmen für den Vortrieb

Zur Gewährleistung eines sicheren Vortriebs sind in geotechnisch schwierigen Situationen bautechnische Zusatzmaßnahmen, sowohl temporär als auch permanent, zu treffen. Davon potentiell betroffen sind:

- Bereiche mit geringer Firstüberdeckung mit der grundsätzlichen Gefahr von Geländehebungen bzw. der Gefahr von sog. Ausbläsern
- Unterfahrung von Straßen und Brücken unter Verkehr
- Unterfahrung von Gebäuden und Tiefgründungen
- Unterfahrung von Gewässern
- Unterfahrung von Bahnstrecken unter Verkehr
- Unterfahrung von Abwasserleitungen mit geringer Überdeckung
- Vortrieb in Bodenformationen, die Hindernisse aufweisen (z.B. Blöcke, Holzreste)
- Vortrieb in Bereichen mit geringem Abstand zwischen den Tunnelröhren
- Bereiche unmittelbar am Start- und Zielschacht für die TVM

- Bereiche, in denen planmäßige Wartungsmaßnahmen am Bohrkopf vorgenommen werden müssen (Aufbau eines Stützdruckes mit Druckluft)
- Vortriebe der Querschläge zwischen den Streckentunneln

Aus grundbautechnischer Sicht ergeben sich mehrere Möglichkeiten der Durchführung von Zusatzmaßnahmen. Die Wahl des geeigneten Verfahrens muss allerdings auf die gutachterlich ermittelten Baugrundeigenschaften und die technische Situation vor Ort abgestimmt sein. Da diese zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht oder nur oberflächlich bekannt sind, müssen auf der Basis der Kenntnis lediglich einiger Bohrungen, sinnvolle Annahmen getroffen werden. Als Erfolg versprechende Verfahren bieten sich an:

Vereisung des Baugrunds

Dieses Verfahren könnte als Vorabmaßnahme zur Herstellung der Verbindungsstollen von Fahrtunnel zu Fahrtunnel zur Anwendung kommen. Dazu werden in den Baugrund, von Tunnelröhre zu Tunnelröhre horizontale Bohrungen eingebracht, in denen eine Flüssigkeit mit geringer Frosttemperatur (Sole) zirkuliert. Mit Hilfe von Kältemaschinen wird so allmählich der die Bohrungen umgebende Baugrund ausreichend verfestigt und abgedichtet, so dass der Einwirkung aus Wasserdruck und Erddruck entgegen und somit der Vortrieb sicher durchgeführt werden kann. Stehen den Vereisungsmaßnahmen zu hohe Grundwasserfließgeschwindigkeiten entgegen, so müsste vor Beginn der Baugrundvereisung die Fließgeschwindigkeit durch entsprechende Injektionsmaßnahmen von übertage reduziert werden.

Injektionsmaßnahmen

Zur Durchführung regelmäßiger Wartungsarbeiten am Schneidrad in gesicherten Verhältnissen muss der Bentonitpiegel in der Abbaukammer abgesenkt werden. Zur Aufrechterhaltung der Ortsbruststützung muss ersatzweise mit einem Druckluftpolster gearbeitet werden.

Hierzu könnten vorab, von übertage aus, Injektionsarbeiten mit dem Ziel der Herstellung verfestigter, weitgehend dichter Bodenkörper, ausgeführt werden. Dazu werden Bohrungen in den Baugrund eingebracht, über die an die Baugrundverhältnisse und die erforderliche Festigkeit angepasste Injektionsmittel in den Untergrund eingepresst werden können.

Injektionsmaßnahmen können weiterhin im Zuge von ggfs. erforderlich werdenden Unterfangungsmaßnahmen bei der Unterfahrung von Verkehrswegen, Gründungen Versorgungsleitungen und Gewässern bei geringer Überdeckung zum Einsatz kommen.

Injektionsmaßnahmen können grundsätzlich auch von untertage, vom Bohrkopf aus, ausgeführt werden. Dies führt jedoch unweigerlich zu Stillständen, die es aus bautechnischen und wirtschaftlichen Erwägungen zu vermeiden gilt. Eine Ausnahme bilden hierbei ggfs. auftretende Unwägbarkeiten, die aus den geologischen Verhältnissen heraus resultieren.

Schlitzwand- sowie Bohrpfahlbauweise

In portalnahen Bereichen mit geringem Abstand der Streckenröhren werden zur Sicherung des zwischen den Röhren liegenden Erdpfeilers Bohrpfahlwände vorgesehen. Dabei werden Bohrlöcher (\varnothing ca. 600 – 1200 mm) ausgehoben, bewehrt und ausbetoniert.

Temporäre Geländeaufschüttungen

In Teilabschnitten mit geringer Überdeckung kann, soweit durch die Oberflächenstruktur begünstigt, zur Vermeidung von Ausbläsern und zur Stellung der erforderlichen Auflast das Gelände temporär überschüttet werden. Dazu wird das Gelände mit einer Trennlage aus Geotextil bedeckt, anschließend überschüttet und lagenweise verdichtet.

Für die Unterfahrung von Gewässern kann eine temporäre Verrohrung erforderlich werden.

3.7.6 Separierung

Das über Förderleitungen nach übertage transportierte Gemisch aus abgebautem Boden und Bentonit muss, um die Deponierbarkeit bzw. Weiterverwendbarkeit zu gewährleisten, wieder voneinander getrennt werden. Entsprechende Flächen und eine entsprechende Maschinenteknik müssen dafür vorgehalten und betrieben werden.



Abb.9: Beispiel für eine modulare Separieranlage (Nord-Süd-Stadtbahn Köln)



Abb.10: Separiertes Material aus Sand – Kies – Ablagerungen (gleiches Projekt).

Bei grobkörnigem Erdmaterial kann von einem guten Separiererfolg und einem hohen Wiederverwendungsgrad ausgegangen werden. Die gelegentlich auftretenden bindigen Lagen können den Aufwand für die Separiermaßnahmen grundsätzlich erhöhen. In Abhängigkeit der bodenmechanischen Anforderungen an das Bodenmaterial kann ein Einsatz des Tunnelausbruchmaterials für den Ausbau der A 67 möglich sein.

4 Bauzeitlicher Rahmen für die Erstellung des Rohbaus

Die Überlegungen zur Bauzeit ergeben für den Tunnel, unter Einsatz nur einer TVM eine Gesamtrohbaubauzeit von ca. 82 Monaten (6,8 Jahre). Dies wäre allerdings deutlich zu lang, so dass sich das Erfordernis ergibt, eine zweite Maschine einsetzen zu müssen. Dadurch verkürzt sich die Bauzeit auf nur noch 49 Monate (4,1 Jahre).

Die Bauzeit beginnt mit der Bestellung der Tunnelvortriebsmaschinen. Deren Herstellung, Lieferung und Einrichtung auf der Baustelle benötigt etwa 15 bis 18 Monate. Innerhalb dieses Zeitraumes kann die Baustelle für die Maschinenfahrt vorbereitet werden. Dazu zählen Rodungsarbeiten, das Einrichten der Baustelle und die Herstellung der Baugrube zur Aufnahme von Grundwasserwanne (Rampe) und offener Tunnelbauweise sowie von Start- und Zielbaugrube. In diesen Zeitraum und später vortriebsbegleitend, jedoch mit ausreichendem Vorlauf ausgestattet, fallen auch die Durchführung von Injektionsmaßnahmen für Unterfangungen und Bodenverfestigungen (vgl. Kap. 3.7.5) sowie die Ertüchtigung des Erdpfeilers zwischen den beiden Röhren.

Nach der Montage der TVM beginnt der Vortrieb der Röhren, denen eine mittlere Vortriebsgeschwindigkeit von rund 10 m/AT zugrunde gelegt wird. Hierin sind bereits Maschinenstillstände für Wartungsarbeiten und sonstige Arbeiten berücksichtigt. Für den Tunnel ergibt sich demnach eine Vortriebsdauer von insgesamt rund 33 Monaten (2,8 Jahre).

Bei Einsatz nur einer TVM würde nach dem Erreichen der Zielbaugrube die Maschine demontiert, um nach dem Transport in den Startschacht wieder aufgebaut und den Vortrieb der zweiten Röhre in Angriff nehmen zu können. Für den zweiten Vortrieb ergeben sich analoge Zeitansätze.

Nachdem der Nachläufer der TVM im zweiten Vortrieb den Standort für den ersten Querschlag passiert hat bzw. die beiden TVM die Standorte passiert haben, können fortlaufend die Querschläge aufgefahren und ausgebaut werden.

Parallel zu den Vortriebsarbeiten können die Rampenbereiche (Grundwasserwannen) und Tunnel in offener Bauweise betoniert werden. Weiterhin können die Rettungsplätze mit Zuwegung hergestellt werden.

5 Abschätzung der Rohbaukosten für den Tunnel Lorsch

Die nachfolgend genannten Rohbaukosten für den Tunnel Kreis Bergstraße stellen lediglich grobe Abschätzungen dar. Genauere Zahlen sind nur auf der Basis detaillierter Planungstätigkeit möglich.

Es ergeben sich für die hierbei Gesamtrohbaukosten in einer Größenordnung von ca. 315 Mio €. Darin sind die Kosten für die Tunnelausrüstung (Oberleitung, Betriebstechnik etc.) nicht integriert. Die Kosten für den Innenausbau (z.B. Kabelkanäle, Füllbeton) sind im Gesamtpreis enthalten. Für die Kostenabschätzung werden 2 TVM zugrunde gelegt. Die geschätzten Gesamtkosten ergeben sich im Einzelnen aus folgenden Teilbeträgen:

Gewerk / Bauabschnitt	Tunnel „Kreis Bergstraße“
Rampen	12.400.000
Tunnel offene Bauweise	22.300.000
Tunnel maschinelle Bauweise	274.200.000 €
Querschläge und Schacht	1.800.000 €
Zusatzmaßnahmen für Vortrieb	4.800.000 €
Kosten Gesamt	315.500.000 €
Kosten je Bauwerksmeter (einschl. Rampen u. off. Bw)	26.513 €

6 Schlussbemerkungen

In dieser Projektstudie wurden die technischen Möglichkeiten für eine lange Tunnellösung im Zuge der ICE-NBS Rhein/Main – Rhein/Neckar im Kreis Bergstraße untersucht.

Der Tunnel beginnt südlich der Raststätte Lorsch. Seine Gradienten tritt westlich von Langwaden wieder in Geländegleichlage. Der Jägersburger Wald bleibt durch die längere Tunnellösung weitgehend verschont.

Die Portalbereiche sind schalltechnisch zu optimieren. Zur Realisierung einer solchen Baumaßnahme sind jedoch auch Rodungen durchzuführen.

Für die Umsetzung der Tunnellösung wird ein Maschinenvortrieb mit flüssigkeitsgestützter Ortsbrust gegenüber einem bergmännisch konventionellen Vortrieb der Vorzug gegeben. Letztgenanntes Verfahren ist für die Auffahrung von Sonderquerschnitten (Rettungsquerschläge) sehr gut geeignet. Es sind eine Reihe von Zusatzmaßnahmen auszuführen, um einen sicheren Vortrieb, sowohl für das Personal untertage als auch für Anrainer, Gebäude und Infrastruktur übertage, zu gewährleisten. Dies ist allerdings nicht außergewöhnlich, sondern tunnelbauliche Praxis. Für die Auffahrt der beiden Tunnel sollten aus bauzeitlichen Gründen 2 TVM eingesetzt werden.

Die Tunnellösung erfordert ein hohes Maß an logistischer Unterstützung, insbesondere für den Abtransport der Ausbruchmassen, als auch für die Versorgung der Baustelle mit Tübbing, Siloware etc. Hierfür müssen zusätzliche Versorgungswege gebaut werden.

Die abgeschätzten Kosten für Tunnel „Kreis Bergstraße“ liegt bei ca. 315 Mio €

Im Vergleich zu einer von Bahnseite favorisierten Lösung, bestehend aus oberirdischer Trassenführung und Tunnel in offener Bauweise⁴ tragen die hier skizzierten Tunnellösungen wesentlich dazu bei, die Zerschneidung der Landschaft aber auch Landschafts- bzw. Baulandverbrauch und Lärm zu minimieren. Allein die potentielle Belastung durch Staub bzw. Feinstaub während der Bauphase für die Stadt Lorsch samt historischem Kloster (Weltkulturerbe der UNESCO) sowie die trassennahen Wohn- und Gewerbegebiete wird bei einer oberirdischen Streckenführung bzw. Tunnel in offener Bauweise als weitaus höher eingeschätzt als bei einer bergmännischen Tunnellösung.

⁴ Mitteilung des Auftraggebers