

Stellungnahme
Tunnelentwurf EIBS

16.04.2004

ILF BERATENDE INGENIEURE

Framsbergweg 16, A-6020 Innsbruck
Tel: 0512-2412-0 / Fax: 0512-2412-200
E-Mail: info@ibk.ilf.com



**BERATENDE
INGENIEURE
CONSULTING
ENGINEERS
INGENIEURS
CONSEILS**

INHALTSVERZEICHNIS

1	AUFGABENSTELLUNG UND ERGEBNIS	1
2	KOMPETENZ ILF IM BEREICH TUNNELBAU, OFFENE UND GESCHLOSSENE BAUWEISE	1
3	UNTERLAGEN	2
4	BESCHREIBUNG DER TUNNELLÖSUNG VON EIBS	3
5	TECHNISCHE BEURTEILUNG DER TUNNELLÖSUNG VON EIBS	3
5.1	Herstellungsmethode	3
5.2	Unterbeton	4
5.3	Trennung der Röhren	5
5.4	Regelquerschnitt des Tunnels	5
5.5	Lüftergebäude	7
5.6	Betriebskosten	7
6	TECHNISCHE BESCHREIBUNG EINER OPTIMierten ILF TUNNELLÖSUNG	7
6.1	Baumethode	7
6.2	Regelquerschnitt	8
6.3	Baugrubenverbau im Grundwasser	8
6.3.1	Ausführung mit Dichtwänden ohne statische Funktion	9
6.3.2	Baugrube oberhalb des Grundwasserspiegels	10
6.3.3	Verlegung / Einengung der Elbe	10
6.4	Betriebseinrichtungen	10
6.4.1	Lüftung	10
6.4.2	Sicherheit	11
7	OPTIMIERUNGSPOTENTIALE	11
7.1	Konstruktive Optimierungspotentiale	11
7.2	Energetische Nutzung	11
8	KOSTENRELEVANZ	13
9	WÜRDIGUNG	15

1 AUFGABENSTELLUNG UND ERGEBNIS

Im Auftrag der Grünen Liga Sachsen e. V. und einer Gruppe Gewerbetreibender im Waldschlößchenareal wird die Studie zur Elbquerung am Standort Waldschlößchen mit einem Tunnel des Ingenieurbüros EIBS [1] hinsichtlich ihrer technischen Machbarkeit, Kostenansätze und Optimierungspotentiale untersucht. Es wird dargelegt, dass die Lösung nach [1] nicht optimiert ist und die vorhandenen Optimierungspotentiale von EIBS nicht ausgeschöpft wurden. Infolge einer Optimierung ist eine Tunnel-Lösung mit wesentlich geringeren Kosten zu realisieren, als von EIBS ausgewiesen.

Wesentliches Ergebnis der vorliegenden Stellungnahme ist:

- Eine Tunnellösung ist wesentlich kostengünstiger zu realisieren als von EIBS vorgetragen, weil vorhandene Optimierungspotentiale von EIBS nicht ausgeschöpft wurden.
- Anerkannte Regeln der Technik werden von EIBS teilweise nicht eingehalten.
- Die Art der von EIBS vorgeschlagenen Bauausführung ist nach Einschätzung von ILF weder aus technischer noch aus wirtschaftlicher Sicht optimiert.

2 KOMPETENZ ILF IM BEREICH TUNNELBAU, OFFENE UND GESCHLOSSENE BAUWEISE

ILF ist seit über 35 Jahren international im Tief- und im Tunnelbau tätig. ILF ist ein interdisziplinäres Planungsbüro, das alle Kompetenzen im eigenen Haus hat. Für den Tunnelbau wird durch folgende Fachkompetenzen die Planung gesamthaft abgedeckt:

- Geologie
- Hydrogeologie
- Tunnelplanung
- Maschinenbau (Lüftung)
- Elektrotechnik
- Verkehrsplanung
- Umwelt

Durch diese interdisziplinäre Inhouse Bearbeitung werden von ILF insgesamt wirtschaftlichere Projekte erarbeitet, als dies bei Büros der Fall ist, bei denen wesentliche Teile der Planung wie z.B. Maschinenbau und Elektrotechnik zugekauft werden müssen. ILF legt darauf Wert, dass für den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks eine optimale Lösung gefunden wird. Dies ist aufgrund der langjährigen Erfahrung bisher zur Zufriedenheit unserer Kunden gelungen.

Wesentlich ist auch, dass neben der Planungskompetenz ILF auch die Bauleitungskompetenz für die o.a. Fachbereiche besitzt. Dadurch fließen Erkenntnisse aus dem Baustellenbereich direkt in die Planung mit ein. ILF hat bisher rd. 800 km Tunnel geplant und die Bauleitung für 300 km Tunnelstrecke durchgeführt. Die wesentlichsten, zur Ausführung gelangten, Straßentunnel sind:

- Arlbergtunnel (Österreich), Länge = 10.4 km
- Pfänder Tunnel (Österreich), Länge = 6.7 km
- Tunnel Branzoll – Bozen (Italien), Länge = 5.2 km
- Roppener Tunnel (Österreich), Länge = 5.1 km
- Tunnel Puymorens (Frankreich), Länge = 4.3 km
- Grenztunnel Füssen (Deutschland), Länge = 1.3 km
- Tunnel Bad Wildbad (Deutschland), Länge = 1.7 km
- Tunnel Rennsteig (Deutschland), Länge = 7.8 km
- Tunnel Bad Abbach (Deutschland), Länge = 0.6 km
- Einhausung Unterweißenbach (Deutschland), Länge = 0.3 km
- Einhausung Hösbach - Goldbach (Deutschland), Länge = 1.4 / 0.7 km
- Einhausung der Westumgehung Regensburg (Deutschland), Länge = 0.7 km

Eine umfangreiche Referenzliste mit Firmenprofil sowie Projektdaten von ausgewählten Projekten im Tunnelbau, Lüftungstechnik, Grundwassermodellierung sowie Umwelt liegt im Anhang bei.

3 UNTERLAGEN

- [1] Studie zur Elbquerung am Standort Waldschlößchen mit einem Tunnel
EIBS Entwurfs- und Ingenieurbüro Straßenwesen GmbH vom 11.12.2003
- [2] Stellungnahme von EIBS zur Tunnelvariante der Bürgerinitiative
Beurteilung der Elbquerung mit dem Tunnelkonzept der BI Verkehrsfluß,
Bestandteil der Nachlieferungen der Landeshauptstadt Dresden an das Regierungs-
präsidium Dresden; zugeliefert: Januar 2004

Sonstige Unterlagen

- [3] Elbtunnel Dresden am Standort Waldschlößchen, Machbarkeitsstudie
Bürgerinitiative VerkehrsFluss
ILF Beratende Ingenieure, Kaiser Architekten GbR, Baugrund Dresden, Februar 2002
- [4] Geotechnische Stellungnahme zur Machbarkeit eines Elbtunnels am Standort Wald-
schlößchen in Dresden
Baugrund Dresden vom 16.04.2004
- [5] High Speed Line South: Safety Concept – Green Heart Tunnel
H. Burger and R. J. Houben, 2002
- [6] Richtlinie für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln
RABT Ausgabe 2002
Forschungsgesellschaft für Straße und Verkehrswesen
Arbeitsgruppe Verkehrsführung und Verkehrssicherheit

- [7] Grundwassermodellierungen der Unterinntaltrasse
im Auftrag der BEG (Brenner Eisenbahn GmbH)
ILF Beratende Ingenieure, 1996 - 2000
- [8] Elbtunnel am Standort Waldschlößchen
Abschätzung zur energetischen Nutzung
Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden vom 15.05.2002

4 BESCHREIBUNG DER TUNNELLÖSUNG VON EIBS

In [1] wird anstelle der Querung der Elbe durch eine Brücke eine Tunnellösung untersucht. Der Tunnel wird in den Elbauen in offener Bauweise hergestellt und im Bereich der direkten Elbquerung werden 25 m lange, in einem Dock vorgefertigte Tunnelelemente eingeschwommen. Die links- und rechtselbischen Anschlüsse an die bestehenden und/oder neu zu errichteten Straßen werden von der Brückenlösung übernommen und sind für die Tunnellösung nicht optimiert.

5 TECHNISCHE BEURTEILUNG DER TUNNELLÖSUNG VON EIBS

5.1 Herstellungsmethode

In [1] wird der Bauablauf nur qualitativ nicht quantitativ dargelegt. Es kommen zwei unterschiedliche Baumethoden zur Anwendung:

- Herstellung des Tunnels in offener Bauweise
Dabei handelt es sich um eine Baumethode zur Herstellung eines unterirdischen Bauwerks in offener Baugrube, das heißt, dass die Baugrube ausgehoben, das Tunnelbauwerk in dieser Baugrube geschalt, betoniert, isoliert etc. wird und die Baugrube anschließend daran wieder mit Bodenmaterial bis auf das endgültige Niveau verfüllt wird.
- Herstellung des Tunnels als eingeschwommener Tunnel
Dabei werden Abschnitte des Tunnels von ca. 25 m Länge in einem sogenannten Baudock seitlich bzw. in Achse des Tunnel hergestellt. Bei einem Baudock handelt es sich im Prinzip um eine tiefe, große Baugrube mit Abmessungen von mindestens 35 m x 55 m x 10 m, deren Sohle naturgemäß weit unter dem Grundwasserspiegel bzw. dem offenen Flusswasserspiegel liegt und daher eine umfangreiche Wasserhaltung erfordert. Die Seitenwände des Baudocks sind entweder abgeböscht oder mit Spundwänden usw. verbaut. Nach Fertigstellung eines Tunnelabschnitts wird das Dock geflutet indem der Wasserspiegel in der Baugrubenumschließung dem der Umgebung an der Außenseite angepasst wird und das Tunnelstück mit Hilfe von Schleppschiffen ausgeschwommen und abgesenkt wird. Danach wird das Dock für die Herstellung weiterer Tunnelab-

schnitte wieder gelenzt, d.h. der Wasserspiegel wird unter Einsatz von Pumpen wieder unter das Niveau der Baugrubensohle abgesenkt.

Um die, in die vorab mit Flußbaggern ausgebaggerte Rinne, eingeschwommenen Tunnelabschnitte in ihrer Lage zu fixieren und eine flächige Bettung erzielen zu können, wird unter das provisorisch in der endgültigen Lage festgehaltene Tunnelstück über speziell eingebrachte Leitungen im Sohlbereich ein Wasser-Sand-Gemisch eingeblasen.

Nach Absenken alle Tunnelabschnitte werden diese wasserdicht gekoppelt und gelenzt.

Durch diese unterschiedlichen Baumethoden sind zwei unterschiedliche Baustelleneinrichtungen mit wesentlich erhöhtem Gerätebedarf erforderlich.

Gegenüber einer Lösung der Herstellung des gesamten Tunnels in offener Bauweise im Elbquerungsbereich mit temporärer Umlegung der Elbe sind folgende wesentliche zusätzliche Maßnahmen erforderlich:

- a) Herstellung eines Docks zur Vorfertigung der Tunnelabschnitte (ca. 35 m x 55 m x 10 m) in den Elbauen, welches gelenzt und geflutet werden kann. Am Ende der Baumaßnahme ist die Baugrube zurückzubauen.
- b) Schleppschiffe und Absenkvorrichtungen für die einzuschwimmenden Tunnелеlemente.
- c) Maßnahmen zur Herstellung der Baugrube im Elbbereich: Die Herstellung der Baugrube im fließenden Strom in dieser Tiefe wird als äußerst schwierig eingestuft. Insbesondere auch das längere Freihalten dieser vom Geschiebe.
- d) Herstellen einer exakten Baugrubensohle: Die Herstellung einer höhenmäßig exakt liegenden Auflagerfläche für die später einzuschwimmenden Betonfertigteile ist nur mittels Unterwasserbeton oder vorgerammter Auflager möglich. Im Fall des Unterwasserbetons sind Herstellungsprobleme im Fließgewässer zu erwarten, im Fall von eingerammten Auflagern ergibt sich das Problem der satten Unterstopfung der Fertigteile.

Für einen 150 m kurzen Abschnitt ist aus o.a. Gründen die Herstellung des Tunnels als eingeschwommener Tunnel unwirtschaftlich. Die technische Herstellung ist mit hohen Risiken behaftet und erfordert während der Bauzeit einen wesentlichen Eingriff in die Elbauen.

5.2 Unterbeton

Es ist nicht ersichtlich, aus welchen Gründen die massive Betonschicht mit einer Stärke von 1 m unter dem Tunnel angeordnet wird. Die Auftriebssicherheit im Bauzustand kann dadurch gewährleistet werden, dass die vertikalen Verbauwände (z.B. Spund- bzw. Schlitzwand) in den Grundwasserstauer (Bodenschicht des Pläner) einbinden. Die Auftriebssicherheit im Endzustand kann durch einfachere Mittel erzielt werden, z.B. durch eine überstehende Sohlplatte. Dadurch wird eine tatsächliche Auftriebssicherheit ohne die aus der vorgeschlagenen Lösung resultierenden Problematik erreicht. Bei dieser ist eine dauerhafte Ver-

bindung von Konstruktionsbeton der Sohlplatte und des Unterbetons zwingend notwendig, um die Auftriebssicherheit zu gewährleisten. Die angeführte alternative Lösung bietet zudem den Vorteil, dass weniger Aushub anfällt, weniger Beton erforderlich und damit die Lösung insgesamt günstiger ist.

Die von EIBS gewählte Lösung ist unwirtschaftlich.

5.3 Trennung der Röhren

Die Trennung der Röhren ist zur Herstellung von Schleusen nach den technischen Regeln, relevanten Vorschriften und Erfahrungen nicht erforderlich.

Die Richtlinie für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (RABT) [6] sieht bei einer Tunnellänge von ≥ 400 m Notausgänge in regelmäßigen Abständen von ≤ 300 m vor. Die Notausgänge führen entweder:

- ins Freie,
- direkt in die andere Tunnelröhre,
- über Querschläge in die andere Tunnelröhre,
- zu Rettungsschächten oder
- zu Rettungsstollen.

Von EIBS wurde eine Lösung „über Querschläge in die andere Tunnelröhre,“ gewählt. Diese Lösung bedingt die Verlegung der Tunnelröhren mit einem Abstand von 10 m. Diese Maßnahme erfordert eine Verbreiterung der Baugrube um rd. 30% und verteuert neben den Mehrmassen bei Aushub und Verfüllung auch die Herstellung der Tunnelröhren (4 anstelle von 3 Tunnelwänden) sowie der Schleusen.

Fluchttüren, welche von einer Fahrbahn in die andere führen, erfüllen die Vorgaben der RABT und gewährleisten die Evakuierung von Personen im Katastrophenfall und den Zugang von Hilfskräften. Dem von EIBS dargestellten „*unverantwortlichen Sicherheitsrisiko*“ wird durch die Verbindung der Fluchttüren mit einem elektronischen Überwachungssystem begegnet, um im Falle des Eintritts einer Katastrophe den Verkehr in der Gegenröhre sofort stoppen zu können. Diese Lösung wurde bereits in den Niederlanden erfolgreich angewandt [5] und das entspricht auch den deutschen Vorschriften.

Die von EIBS gewählte Lösung ist unwirtschaftlich.

5.4 Regelquerschnitt des Tunnels

Der Regelquerschnitt des Tunnels genügt in der in [1] dargestellten Form und Weise den Lüftungstechnischen Anforderungen eines Straßentunnels dieser Länge nicht. Eine Lüftung mit diesem Querschnitt ist technisch nicht möglich, da der Platzbedarf von Strahlenventilatoren

bei der Querschnittsgestaltung nicht berücksichtigt wurde. Außerdem entspricht der Regelquerschnitt nicht den Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln [6], bei denen gemäß Abbildung 1 eine minimale Tunnelbreite von 9.0 m zu berücksichtigen ist.

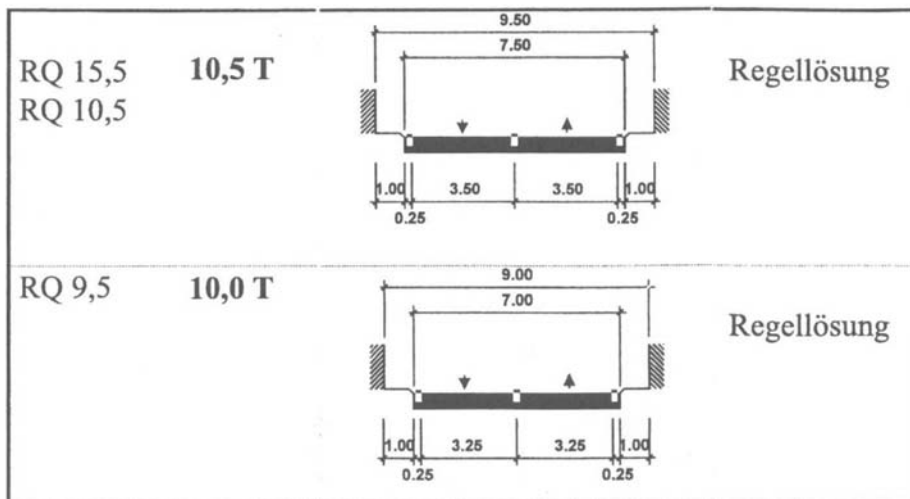


Abbildung 1: Regelquerschnitt im Tunnel, Auszug aus RABT [6]

Insbesondere Einrichtungen zur Lüftung und Wegweisung erfordern unter Umständen eine Vergrößerung des Tunnelquerschnittes. Bei einer seitlichen Anordnung von Lüftungsventilatoren ergibt sich je nach Bauartbreite der Ventilatoren eine minimale Verbreiterung des Querschnittes um 20 cm (siehe Abbildung 2).

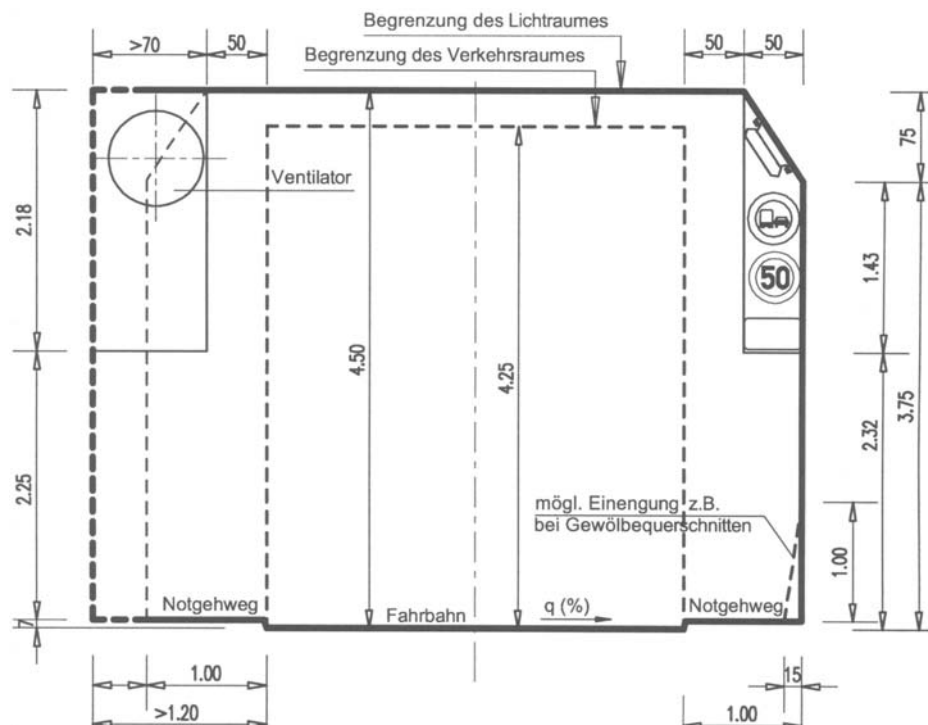


Abbildung 2: Umgrenzung des lichten Raumes in Tunneln (Regellösung), Auszug aus RABT

Die von EIBS gewählte Lösung entspricht nicht den Vorschriften und technischen Erfordernissen.

5.5 Lüftergebäude

Die Anordnung von bis zu drei dezentralen Lüftergebäuden ist nicht erforderlich. Bei entsprechender Auslegung der Lüftungstechnik ist eine Belüftung des Tunnel ohne Lüftungsbauwerk im Bereich der Elbauen möglich. Zur Reduzierung der Schadstoffkonzentration an den Portalen eignet sich eine kostengünstige Luftzu-/abfuhr durch ein zentrales Lüftergebäude auf dem rechtselbischen Hang in der Nähe des nördlichen Tunnelmundes.

Die von EIBS gewählte Lösung ist unwirtschaftlich.

5.6 Betriebskosten

Die in [1] angeführten Betriebskosten sind nicht nachvollziehbar und nicht plausibel. Sie sind aus Erfahrungswerten um den Faktor 5 – 10 zu hoch gegriffen. Dies zeigen Erfahrungen bei ähnlichen Tunnelbauwerken in Österreich und Deutschland. Nachfolgend angeführte Tunnelbauwerke in Deutschland wurden von ILF in betriebstechnischer Hinsicht (Lüftungs- und Elektrotechnik) geplant und befinden sich bereits in Betrieb:

- Grenztunnel Füssen (Deutschland), Länge = 1 x 1.3 km
- Tunnel Pfaffenstein (Deutschland), Länge = 2 x 0.9 km
- Tunnel Rennsteig (Deutschland), Länge = 2 x 7.8 km
- Tunnel Prüfening (Deutschland), Länge = 2 x 0.7 km
- Tunnel Schwarzer Berg (Deutschland), Länge = 2 x 0.8 km
- Einhausung Hösbach - Goldbach (Deutschland), Länge = 1.4 / 0.7 km

Die Angaben von EIBS zu den Betriebskosten sind wesentlich zu hoch.

6 TECHNISCHE BESCHREIBUNG EINER OPTIMierten ILF TUNNELLÖSUNG

Ausgehend von den selben Randbedingungen, wie Straßenanschlüssen und Ausfahrtsrampen, wird im Folgenden eine wirtschaftlich optimierte Baumethode zur Errichtung eines Elbetunnels beschrieben. Diese besteht im Wesentlichen darin den gesamten Tunnel in offener Bauweise zu errichten, welche im folgenden näher erläutert wird.

6.1 Baumethode

Die Herstellung des gesamten Tunnels in offener Bauweise zeichnet sich unter anderem dadurch aus, dass mehrere Zwischenangriffe von Übertag möglich sind, d.h. die Bauarbeiten können bei Bedarf gleichzeitig von mehreren Angriffspunkten aus in offenen Baugruben durchgeführt werden. Dadurch lässt sich die Bauzeit wesentlich verkürzen und ist auf der gesamten Länge durchführbar ist.

Zusatzmaßnahmen wie eine temporäre halbseitige Einengung der Elbe während der Bauzeit des entsprechenden Tunnelabschnitts werden notwendig. Damit bewegen sich die Einengung für die Wasserschifffahrt und die Eingriffe in die Aue und den Flussgrund in vergleichbarem Umfang wie bei [1].

6.2 Regelquerschnitt

Die gewählte Querschnittsform eines abgeschrägten Rechteckprofils mit durchgehender Mittelwand wird den Anforderungen hinsichtlich Lichtraumprofil und Betriebseinrichtungen, Belastung und Bauausführung bei entsprechender Dimensionierung gerecht. Den Hauptanteil der Belastung stellt der hydrostatische Wasserdruck dar, welcher bei einem hundertjährigen Hochwasser einer Wassersäule von über zehn Metern über OK Tunnel entspricht. Die Sicherheit gegen Auftrieb gewährleisten zum einen eine entsprechend dicke Sohlplatte, zum anderen seitliche Überstände der Sohlplatte, durch welche das Gewicht des darüber liegenden Bodens genutzt wird.

Unmittelbar unter der Schifffahrtsrinne der Elbe wird eine Schutzbetonschicht über dem Kastenbauwerk zum Schutz vor Ankerwurf und Havarie vorgesehen.

Der Kastenquerschnitt aus wasserundurchlässigem Ortbeton mißt ca. 23 m in der Breite und ca. 9 m in der Höhe. Die um 1.1 m größere Höhe gegenüber dem Vorschlag EIBS ist durch die zentrale Anordnung der Lüftungsventilatoren bedingt. Durch diese Querschnittserhöhung ergeben sich jedoch keine Mehrkosten, da durch eine geringere Überschüttung und die Abschrägung der Ecken (Verringerung der Stützweite) Ersparnisse bei der Deckenstärke sowie der Bewehrung erzielt werden.

6.3 Baugrubenverbau im Grundwasser

Die herzustellende Baugrube für die offene Bauweise hat eine durchschnittliche Tiefe von 18 m. Es wird unterschieden in Abschnitte, die im Grundwasser hergestellt werden müssen, und solchen, die oberhalb des Grundwassers liegen. Dadurch ergeben sich wesentliche Unterschiede hinsichtlich der Anforderungen an den Baugrubenverbau.

Für die Wahl einer geeigneten Baugrubensicherung sind folgende Kriterien maßgeblich:

- Standsicherheit
- Wasserhaltung / Dichtigkeit
- Rückbaubarkeit

6.3.1 Ausführung mit Dichtwänden ohne statische Funktion

Eine in bestimmter Entfernung von der Baugrubensohle hergestellte Dichtwand hat ausschließlich abdichtende Funktion und sperrt temporär das Grundwasser bis zum Grundwasserstauer (Bodenschicht des Pläner) ab. Dabei wird das Problem eines standsicheren, steifen Verbaus umgangen, indem der Boden nach innen geböscht wird. Ein tiefes Einbinden in den Pläner ist dazu nicht erforderlich. Nach vollständiger Umschließung der Baugrube eines Bauabschnitts und nach dem Lenzen wird die Baugrube trocken bis zur Unterkante Tunnelröhre ausgehoben. Brunnen an den Innenböschungen decken den verbleibenden Wasserzutritt ab, der allerdings in nur geringen Mengen erwartet wird.

Aufgrund der Böschungen wird die Baugrube ca. 65 m breit. Da der betreffende Bereich jedoch ausschließlich im freien Elbbecken sowie außerhalb von bebautem Gebiet liegt, bestehen keine Beschränkungen hinsichtlich der Breite der Baugrube.

Eine Schmalwand als Dichtwand ist einfach und wirtschaftlich in der Herstellung und kann nach Fertigstellung des Bauabschnitts überbohrt bzw. perforiert werden, um die Transmissivität des Aquifers wiederherzustellen. Durch das Verpressen während des Ziehens der Stahlprofile wird ein dichter Anschluss an den Grundwasserstauer erreicht.

Alternativ zur Schmalwand ist eine Einphasen-Schlitzwand möglich, diese kann bei Bedarf auch weiter in den Pläner einbinden. Eine Spundwand ist bei den gegebenen Verhältnissen keine Alternative, da die dichte Einbindung in den nicht rambaren Pläner nicht gewährleistet ist.

6.3.1.1 Alternative Ausführung mit dichtem und tragfähigen senkrechten Verbau

Überschnittene Bohrpfähle stellen sowohl einen tragfähigen als auch dichten Baugrubenverbau dar. Da auch die schmale Baugrube zu breit für eine Aussteifung ist, muss sie auf mehreren Lagen rückverankert werden. Die Bohrpfähle sind je nach Tiefenlage des Tunnels und nach Bodenverhältnissen zu dimensionieren und entsprechend zu bewehren.

Als Alternative zur Bohrpfahlwand kann auch eine bewehrte Schlitzwand ausgeführt werden.

Der Vorteil des steifen Verbaus der Bohrpfahl- bzw. Schlitzwand liegt in der – verglichen zur Schmalwandvariante – geringeren Baugrubenbreite und dem daher geringeren Aushubvolumen. Nachteilig sind die hohen Herstellungskosten der bewehrten Bohrpfähle bzw. der Schlitzwand sowie der nachträgliche aufwendige Rückbau bzw. teilweise Abtrag. Zur Bereinigung auftretender Wasserwegigkeiten können zudem Injektionen hinter der Wand notwendig werden. Die Ausführung mit dichtem und tragfähigen senkrechten Verbau aus Bohrpfählen oder Schlitzwand wird daher nicht als Standardbauweise empfohlen, sondern ist nur als Ersatzmaßnahme bei unerwartet widrigen Verhältnissen zu betrachten.

6.3.2 Baugrube oberhalb des Grundwasserspiegels

Auf den Strecken oberhalb des Grundwassers ist die Dichtigkeit nicht mehr das maßgebliche Kriterium. Wegen der beengten Verhältnisse entlang der Waldschlösschenstraße und der Stauffenbergallee kommt nur ein senkrechter Verbau in Frage. Es wird für diese Bereiche ein Spundwandverbau vorgeschlagen. Die Spundwandprofile binden nach statischer Erfordernis genügend weit unterhalb der Baugrubensohle ein und werden rückverankert. Nach Fertigstellung eines Bauabschnitts und Wiederverfüllung der Baugrube werden die Spundwandprofile gezogen und im nächsten Abschnitt wiederverwendet.

6.3.3 Verlegung / Einengung der Elbe

Bei der Querung der Elbe in offener Baugrube wird es erforderlich die Elbe um die Baugrube herum zu temporär halbseitig zu verlegen bzw. kleinräumig einzuengen. Dabei sind die Auflagen hinsichtlich Schifffahrt, Hydrologie und Ökologie zu beachten.

Folgender Bauablauf wird dazu vorgeschlagen:

1. Linksseitige Einengung der Elbe mittels Fangedamm bis ca. Flussmitte und gleichzeitige einseitige Aufweitung des Gerinnes auf der gegenüberliegenden rechten Seite, soweit dies hydraulisch und schifffahrtstechnisch notwendig ist.
2. Herstellung des Stahlbetontunnels in der trockenen Baugrube und Wiederverfüllen bis knapp an das vorderste Ende
3. Aufsetzen eines Reiterfangedamms auf das vordere Ende des fertigen Kastens und rechtsseitige Einengung der Elbe bis zum Reiterfangedamm mittels Fangedämmen. Umleitung der Elbe über die alte Baugrube.
4. Herstellen des rechtselbischen Tunnelabschnitts

6.4 Betriebseinrichtungen

Hinsichtlich der betriebstechnischen Ausstattung werden die „Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln“ (RABT, 2002) [6] zugrunde gelegt. Die entsprechenden Bestimmungen hinsichtlich Beleuchtung, Lüftung, Entwässerung, Verkehrsleitung und Sicherheit werden angewendet.

6.4.1 Lüftung

Für die Lüftung wird ein Längslüftungssystem angeordnet. Die dazugehörigen Strahlventilatoren werden oberhalb des Lichtraums angeordnet. Die langen Trogstrecken an den Portalen begünstigen die rasche Durchmischung und Verdünnung der Tunnelabluft. Zur Reduzierung der Schadstoffkonzentration an den Portalen wird eine kostengünstige Luftzu-/abfuhr

durch ein zentrales Lüftergebäude auf dem rechtselbischen Hang in der Nähe des Tunnelmundes vorgesehen.

6.4.2 Sicherheit

Die bauliche Trennung der beiden Richtungsröhren mit Fluchttüren zwischen den beiden Richtungsröhren im Abstand von ≤ 300 m ermöglichen im Notfall die Flucht über die jeweils andere Röhre. In jeder Röhre werden an beiden Seiten Notgehwege vorgesehen.

Notrufrischen, Haltebuchten in entsprechenden Abständen, Lösch-, Kommunikations-, Überwachungs- und Verkehrsleiteinrichtungen werden gemäß RABT angeordnet.

7 OPTIMIERUNGSPOTENTIALE

7.1 Konstruktive Optimierungspotentiale

Neben den sich aus Punkt 5 ergebenden Optimierungspotentialen

- Vereinheitlichung und Optimierung der Baumethode
- Entfall der Trennung der Röhren
- Veränderung der Lüftungskonzeption
- Regelquerschnittgestaltung mit Entfall Unterbeton

ergibt sich auch durch eine optimierte Anpassung der links- und rechtselbischen Anschlüsse ein Einsparungspotential. Derzeit sind die Anschlüsse auf die hohe Gradientenbrücke optimiert. In Konsequenz sind diese für die tiefliegende Gradientenlösung einer Tunnelösung nicht optimal ausgelegt. Durch entsprechende Einbindung des Elbe-Tunnels in den gesamten Linienzug ist eine kostengünstigere Gesamtlösung möglich. Dieses Optimierungspotential kann nur mit einer entsprechenden Planung für das Gesamtprojekt ermittelt werden, die die gleiche Tiefe wie die Planung der Brückenlösung aufweist.

7.2 Energetische Nutzung

Aufgrund der Machbarkeitsstudie vom März 2002 wurden Überlegungen zur energetischen Nutzung (i. e. Erdwärme) der Baukonstruktion Elbtunnel angestellt [8]. Dieser Ertragabschätzung lag der Gedanke zu Grunde, dass ein in der Nähe befindliches Gebäude diese Energiequelle zur Heizung und Klimatisierung nutzt. Dazu würde sich die Medizinische Akademie am linken Elbufer mit ihren vielen Gebäuden mit zentraler Wärmeversorgung anbieten.

Von den heizungstechnischen Erträgen sind mehrgeschossige Gebäude mit einer Nutzungsfläche von ca. 9.000 m² zu versorgen. Für die Klimatisierung in Form der Kühldecken ent-

spricht der Ertrag einer Versorgungsfläche von ca. 5.000 m². Für die Bereitstellung der Erdwärme sind Zusatzinvestitionen von 38.000 € erforderlich. Die jährlichen Einnahmen werden auf 90.000 € geschätzt.

Ein zusätzlicher positiver Effekt dieser energetischen Nutzung ist die Reduktion fossiler Energieträger durch nicht fossile Primärenergie. Auf dem Gipfel von Rio de Janeiro (1992) wurde mit dem Abschluss der Klima-Rahmenkonvention der erste Schritt für einen weltweiten Klimaschutz getan. 1997 wurden im Kyoto – Protokoll quantitative Ziele zur Emissionsminderung festgesetzt. Die Bundesrepublik hat sich demnach verpflichtet ihre Emissionen bis 2012 um 21 % (Basis 1990) zu senken. In Anbetracht der begrenzten Ressourcen bzw. Aufwendungen die zur Minderung der CO₂ – Emissionen zur Verfügung stehen und um möglichst schnell wirksam werdende Minderungen zu erreichen, kommt Kosten – Nutzen Überlegungen eine besondere Bedeutung zu. Schwerpunkt sind also CO₂ – Reduktionsprojekte mit niedrigen Grenzkosten der Emissionsvermeidung.

Bei der Entscheidung zur energetischen Nutzung des Elbtunnels am Standort Waldschlösschen sind unter anderem die (positiven) externen Effekte – i. e. vermiedene Emissionen - zu berücksichtigen. Die angewandte Methode beruht auf dem Konzept der spezifischen Vermeidungskosten. Diese bestimmen sich als Antwort auf die Frage: Wie hoch müssten die spezifischen Kosten pro Tonne CO₂ – Äquivalent sein, damit die Mehrkosten einer klimaschonenden Alternative (in unserem Fall Geothermik) gegenüber einer Option mit höheren Treibhausgas – Emissionen (z.B. fossil gefeuertes Kraftwerk) bei Anrechnung dieses Schadens kompensiert werden.

Die Forderung nach Kosten – Effektivität hinsichtlich des Beitrages zum Klimaschutz impliziert, dass die erwünschten Wirkungen auf die kostengünstige Weise zu erreichen sind. Aufgrund des derzeitigen Kenntnisstandes lässt sich ein großes Potenzial an kostengünstigen Klimaschutzinvestitionen feststellen. Dies bedeutet, dass in unserem Fall ein Richtwert von 10 €/t CO₂ – Äquivalent für Vermeidungskosten anzusetzen ist.

8 KOSTENRELEVANZ

Eine Überprüfung der in [1] angeführten Kosten kann aufgrund fehlender Unterlagen (Mengen, Einheitspreise etc.) nicht durchgeführt werden.

Um jedoch abzuschätzen, in welcher Größenordnung sich die Herstellkosten einer optimierten Tunnellösung bewegen, wird in Anlehnung an [3] eine Kostenschätzung für eine gesamthafte Tunnellösung für den Tunnel unter der Elbaue (in [1] als „Haupttunnel“ bezeichnet), den Tunnel unter dem Fluss (in [1] als „Haupttunnel unter der Elbe“ bezeichnet) sowie den Tunnel unter der Waldschlößchenstrasse durchgeführt. Dabei werden die unter Punkt 7 angeführten Optimierungspotentiale berücksichtigt.

<u>Baustellengemeinkosten, Baustelleneinrichtung</u>	5,95 Mio €
<u>Baugrubensicherung:</u>	12,33 Mio €
Baugrubenverbau mit Schmalwand und Innenböschung im Tiefpunkt inkl. Wasserhaltung während der Bauphase	
<u>Erdbau:</u>	4,75 Mio €
Baugrubenaushub, etappenweises Lenzen, Wieder-verfüllen; Munitionsbeseitigung	
<u>Wasserbau:</u>	7,36 Mio €
Verlegung / Einengung der Elbe	
<u>Betonarbeiten:</u>	24,29 Mio €
Kastenprofil und Einfahrtströge aus wasser-undurchlässigem Beton sowie Lüftergebäude, inkl. Schalung, Bewehrung und Abdichtung	
<u>Ausstattung</u>	16,79
Lüftungsanlage für Längslüftung und Lüftergebäude, elektrotechnische Einrichtungen, Druckwasserversorgung, Fahrbahn	Mio €
Summe Herstellungskosten:	<u>71,47 Mio. €</u>

Die Kosten der Anschlüsse sowie weiterführenden Baumaßnahmen werden aus Gründen der Vergleichbarkeit aus dem Brückenprojekt bzw. aus [1] übernommen. Die der Kostenschätzung zugrundegelegten Baumethoden sind in [3] dargelegt. Die Gegenüberstellung der ermittelten Kosten mit der Brückenvariante und der Studie EIBS [1] ist in nachfolgender Tabelle dargestellt.

Position	Objekt	Brücke	Tunnel EIBS [1]	Tunnel optimiert
		in Mio. €	in Mio. €	in Mio. €
AKS 1.1	Fetscherstr., Pfortenhausstr. Einschl. Knotenpunkt 1 u. 2	2.900	2.900	2.900
AKS 1.2	Ostrampe u. Westrampe sowie Umbau der Neubartstr.	6.950	6.950	6.950
AKS 1.3 / mit Brücke	Brücke Aue und Fluss mit Freianlage linkseibisch	38.506		
AKS 1.3 / EIBS Tu.	Tunnel Aue und Fluss		69.970	
AKS 1.3 / ILF Tu.	Tunnel Walschlösschenstr., Aue und Fluss			71.470
AKS 1.4	rechtseib. Brückenseite mit rechtseibischer Freianlage	1.817	0.900	0.900
AKS 2.1	Haupttunnel einschl. Knoten 7 (unten)	28.501	28.501	in AKS 1.3
AKS 2.2	Nebentunnel westlich Bautzner Straße	2.321	4.321	4.321
AKS 2.3	Nebentunnel östlich Bautzner Straße	7.147	8.097	8.097
AKS 2.4	Gleichrichterunterwerk	1.309	1.309	1.309
AKS 2.5	Waldschlösschenstr. u. Stauffenbergalle (oberirdisch) einschl. Knoten 6 u. 7 (oben)	3.628	3.628	3.628
AKS 2.6	Radebergerstr., Charlottenstr. Einschl. Knoten 11 u. 12	1.024	1.024	1.024
AKS 2.7	Bautznerstr. Einschl. Knoten 5	9.230	10.730	10.730
AKS 2.8	Freiflächengestaltung rechtseibisch	2.786	2.786	2.786
AKS 3	Stauffenbergalle	7.569	7.569	7.569
AKS 4	Ergänzende Verkehrsanlagen Bautznerstr./Fischhausstr.	5.067	5.067	5.067
AKS 5		2.952	2.952	2.952
AKS 6		1.633	1.633	1.633
	Planungsleistungen	13.600	13.600	13.600
	Baunebenkosten	5.100	5.100	5.100
		142.039	177.036	150.036

Tabelle 1: Kostenvergleich

Wie in Tabelle 1 ersichtlich, betragen die Herstellkosten einer Tunnellösung, wie in [1] ermittelt rd. 177 Mio. €. Der Schwankungsbereich liegt üblicherweise bei dieser Planungstiefe bei $\pm 20\%$. Damit ergeben sich Herstellkosten von 142 Mio. € bis 212 Mio. €. Diese Aussage setzt voraus, dass als Einheitspreise für die Kostenschätzung Mittelpreise herangezogen wurden.

Unter Berücksichtigung der unter Punkt 7 angeführten Optimierungspotentiale, insbesondere einer auf die speziellen Erfordernisse angepassten und sowohl technisch als auch wirtschaftlich optimierten Baumethode, ist eine Reduktion der Kosten einer Tunnellösung auf rd. 150 Mio. € möglich. Unter Berücksichtigung eines Schwankungsbereiches von $\pm 20\%$ belaufen sich die Herstellkosten zwischen 120 Mio. € und 180 Mio. €.

Die Energiegewinnung durch Geothermik ist ein weiterer, noch nicht berücksichtigter positiver Aspekt gegenüber der Brückenlösung.

Die Brückenlösung weist Kosten von 142 Mio. € auf. Die Schwankungsbreite beträgt aufgrund der detaillierten Planung $\pm 15\%$, womit sich ein Bereich von 121 Mio. € bis 163 Mio. € ergibt. Die gegenüber der Tunnellösung geringere Schwankungsbreite erklärt sich aus dem vertieften Planungsstand der Brücke.

9 WÜRDIGUNG

Die vorgelegte Tunnellösung von EIBS ist in sich nicht schlüssig und weist erhebliches Optimierungspotential auf. Die gewählten Lösungen sind teilweise technisch nicht machbar bzw. nur mit hohem Risiko realisierbar, obwohl andere günstigere Lösungen mit weniger Risiko möglich wären.

In der vorliegenden Stellungnahme wird aufgezeigt, welche Optimierungspotentiale vorhanden sind, wo technisch nicht einwandfreie Lösungen gewählt wurden, und dass die Einschränkungen gegen eine Tunnellösung in [1] nicht zutreffend sind.

Darauf aufbauend wurden die Kosten für eine optimierte, realistische Tunnelvariante erarbeitet. Die Kosten der Brücken- und der optimierten Tunnellösung sind in etwa vergleichbar (vgl. Abbildung 3). Unberücksichtigt blieben in dieser grafischen Darstellung die Kosten einer energetischen Nutzung des Elbtunnels. Im Sinne der Abwägung aller Varianten im Zuge des Planfeststellungsverfahrens ist eine optimierte Tunnellösung mit zu berücksichtigen. Dies insbesondere auch deshalb, weil bei annähernd gleichen Investitionskosten die Tunnellösung im nicht monetären Bereich, welcher im Variantenabwägungsverfahren mit zu bewerten ist, erhebliche Vorteile aufweist.

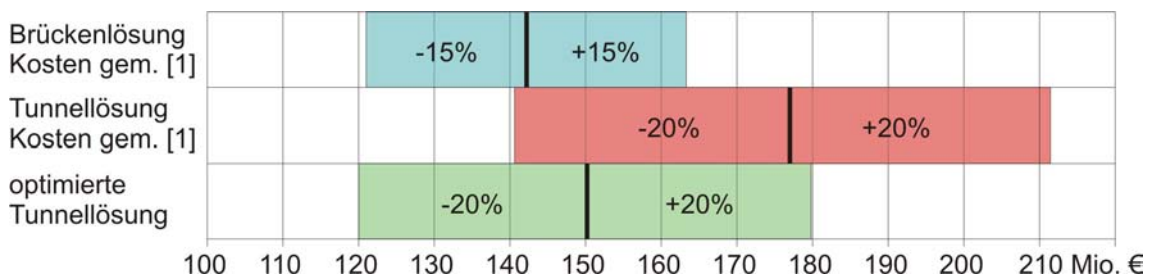


Abbildung 3: Grafische Darstellung Kostenvergleich

* * *

Anhang:

Firmenprofil und Referenzliste mit Projektdaten von ausgewählten Projekten im Tunnelbau,
Lüftungstechnik, Grundwassermodellierung