

Bauwirtschaftliche **Ingenieur** Beratung **Dipl.- Ing. Helmut Hesse**

Waldhausenstraße 20
30519 Hannover
☎ 0511 / 985 945 60
☎ 0511 / 985 945 59
h-hesse-ing@gmx.de
www.h-hesse-ing.de

Technische und bauwirtschaftliche Einzelheiten zur Untertunnelung des Ortes Mörlenbach nach der Variante W 4

Berechnung der Kosten

Auftraggeber

**RegioConsult
Am Weißenstein 7
35 041 Marburg**

Auftrag

vom 17.9.2015

Projektnummer

093/15 PR

Datum

16.10. 2015

Unterschrift

Das Gutachten umfasst 16 Seiten Text und 5 Anlagen



Bis 2015 durch die
Ingenieurkammer
Niedersachsen

öffentlich bestellter u. vereidigter
Sachverständiger für
Bauwirtschaft und Baubetrieb

**Technische und
bauwirtschaftliche Einzelheiten
zur Untertunnelung des Ortes Mörtenbach
nach der Variante W 4**

Inhaltsverzeichnis:

1	Aufgabe und Ergebnis.....	2
2	Grundlagen	2
2.1	Geologie	2
2.2	Bautechnik.....	2
3	Ermittlung der Baukosten	3
3.1	Begriffe	3
3.2	Berechnungstabellen.....	6
3.3	Kostenermittlung.....	7
3.3.1	Einzelkosten der Teilleistungen.....	7
3.3.2	Baustelleneinrichtung und Baustellengemeinkosten	13
3.3.3	Zuschläge.....	14
3.3.4	Ergebnis	15
4	Zusammenfassung.....	16

Verzeichnis der Anlagen (Berechnungstabellen)

Anlage 1	Querschnittsberechnungen
Anlage 2	Lohnkosten und Baustellengemeinkosten
Anlage 3	Geräte-, Verschleiß- und Betriebsstoff und Verbrauchskosten beim Vortrieb
Anlage 4	Massenermittlung
Anlage 5	Kostenermittlung

1 Aufgabe und Ergebnis

Das Ziel der Untersuchung ist eine unabhängige und wissenschaftlich fundierte Ermittlung der Baukosten nach dem allgemein anerkannten Stand der Technik.

Dazu werden die Baukosten in einer Form ermittelt, die in der Bauwirtschaft für eine Angebotskalkulation üblich ist.

Zusätzlich werden für den Auftraggeber entstehende Baukosten abgeschätzt und in der Endsumme einschließlich der Mehrwertsteuer eingerechnet.

Für den Auftraggeber entstehen bei der Untertunnelung des Ortes Mörlenbach nach der

Variante W4
Planungs-, Überwachungs- Bauherrn- und Baukosten in Höhe von 61.238.383 €.

2 Grundlagen

2.1 Geologie

Nach der vertieften Machbarkeitsstudie des Ingenieurbüros Bung vom. 14.4.2000 erfolgt der bergmännische Vortrieb auf einer Strecke von 1130 m in **Granit/Granodiorit**. Der Fels wird als klüftig und stückig beschrieben. Dabei handelt es sich um ein Tiefengestein, das in einer meist grobkörnigen Struktur die Mineralien Feldspat Quarz und Glimmer enthält.

Nach der üblichen **Gebirgsklassifikation** (Rock Mass Rating) ist der Fels als **sehr gut** zu bezeichnen. Im Vergleich mit dem Granit ist der Quarzanteil geringer. Das wirkt abmindernd auf den Verschleiß der Werkzeuge und Geräte.

2.2 Bautechnik

In der Kostenermittlung sind berücksichtigt:

360 m Rampen	mit U-förmigem Querschnitt	hergestellten Baugruben
400 m Tunnel	mit Rechteckquerschnitt	hergestellten Baugruben
930 m Tunnel	mit Maulquerschnitt	hergestellt im Vortrieb
1840 m Bauwerkslänge		
400 m freie Strecke insgesamt		2400 m Neubaustrecke

Die Baugruben sollen soweit durch die wasserführenden Deckschichten aus Lockergestein an den Berg herangeführt werden, dass der Tunnel in standfestem Gebirge angeschlagen werden kann.

In der Machbarkeitsstudie wird die zu erwartende Tunnelstrecke mit zusätzlichen Sicherheitsmaßnahmen mit 200 m angegeben. In dieser Kostenermittlung sind dafür 400 m in Ansatz gebracht worden.

Bedingt durch die geringe Entfernung zu zahlreichen Immissionsorten kommt der Überwachung, Kontrolle und Reduktion von Sprengerschütterungen eine wesentliche Bedeutung zu. In der Kostenermittlung ist berücksichtigt, bei einigen Anwohnern über Mobilfunk fern auslesbare Erschütterungsmessgeräte aufzustellen, um jederzeit eine objektive Bewertung der Sprengerschütterungen zu ermöglichen.

Außerdem ist bei der Ermittlung der Baukosten berücksichtigt worden, dass die Verformungen im Gebirge über den Tunnel und die Verformungen der Gebäude kontinuierlich mit Setzungswächtern, Extensometern und Inklinometern überwacht werden und dass die Ergebnisse der Verformungsmessungen online dem Tunnelbausachverständigen, der Bauüberwachung des Auftraggebers und der Bauleitung des Auftragnehmers zur Verfügung stehen.

Mit einem 3-Schichten Betrieb kann die Vortriebsdauer auf 71 Kalendertage beschränkt werden.

3 Ermittlung der Baukosten

3.1 Begriffe

Die Erläuterungen sollen dem allgemeinen Verständnis des bergmännischen Vortriebs und der in der Kostenermittlung verwendeten Begriffe dienen.

Aufbau des Tunnels

Der Tunnel besteht aus 2 Schalen, einer Außenschale und einer Innenschale.

Die **Außenschale** dient als vorübergehende Sicherung des Tunnels.

Die **Innenschale** dient der endgültigen Sicherung des Tunnels.

Der Tunnel soll im Spreng- und Baggerbetrieb in Spritzbetonbauweise vorgetrieben werden.

Historie

Die Spritzbetonbauweise ist ein relativ junges Bauverfahren. Das Bauverfahren wurde 1949 unter dem Namen **Neue Österreichische Tunnelbauweise (NÖT)** patentiert. Erfinder ist Dr. Ladislaus von Rabcewicz (1893 bis 1975), ein Zivilingenieur aus Österreich-Ungarn. Das Verfahren zur Sicherung von Kavernen kombinierte seinerzeit in neuartiger Form die geologischen und felsmechanischen Eigenschaften des anstehenden Gebirges mit den bautechnischen Möglichkeiten des Gebirgsausbruchs und des Spritzbetons.

Das Verfahren nutzt das anstehende Gebirge als Baustoff. Es ist dadurch besonders wirtschaftlich und hat sich aus diesem Grunde im Tunnelbau durchgesetzt.

Das nunmehr etablierte Bauverfahren ist inzwischen nicht mehr neu und wird daher seit Jahrzehnten in Deutschland nicht mehr als neue österreichische Tunnelbauweise bezeichnet, sondern als **Spritzbetonbauweise im Tunnelbau**.

Tragprinzip des Vortriebs

Das Tragprinzip des Vortriebs besteht aus Gewölben in Längs- und in Querrichtung. Dabei stützt sich in Längsrichtung das Gewölbe auf die fertig gestellte und tragfähige Außenschale und den Fels vor der Ortsbrust ab. In der Querrichtung stützt sich das Gewölbe seitlich der Tunnelröhren ab. **Ortsbrust** beim Tunnelvortrieb ist der vordere Bereich des Tunnelhohlraumes, an dem das Gestein gelöst wird.

Das Bauverfahren nutzt einen kraftschlüssigen Verbund zwischen Bauwerk und Gebirge, der dann entstehen kann, wenn das Gebirge vorübergehend standfest ist und unmittelbar nach dem Ausbruch mit Beton versiegelt wird. Je nach der Standfestigkeit des Gebirges können Hohlräume von 80 cm bis 5 m Breite (und mehr) ausgebrochen werden bevor die Sicherung mit Spritzbeton erfolgt.

Während der Spritzbeton erhärtet, kann sich das Gebirge dem entstandenen Hohlraum anpassen. Dadurch werden innerhalb des Gebirges die Stützkräfte des Gewölbes aktiviert. Rechtzeitig vor einer ungewollten Verformung des offengelegten Hohlraums muss der Spritzbeton erhärten und die verbleibende notwendige Stützkraft abtragen.

Während der Bauarbeiten muss das Verformungsverhalten von Gebirge und der Spritzbetonschale intensiv beobachtet und der Tunnelquerschnitt mit einem ausreichenden **Übermaß** ausgebrochen werden. Das gewählte Übermaß bietet den Spielraum, in dem die Außenschale durch das Gebirge zusammengedrückt werden kann, ohne das erforderliche Lichtraumprofil einzuengen.

Außenschale

Der Tunnel wird in kurzen Abschnitten (Abschläge 1,4 bis 5,0 m) aufgeföhren. Dazu wird der gewünschte Querschnitt mithilfe von Sprengungen gelockert, ausgebrochen und die freigelegte Fläche mit Spritzbeton versiegelt.

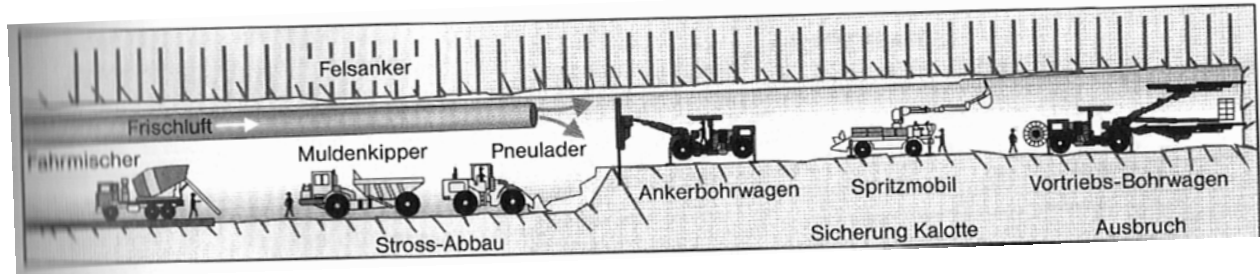


Bild 1 Baubetrieb im Sprengvortrieb

Quelle: Gotthardbasistunnel, Stand 1997

Spritzbeton ist ein Beton, der trocken eingemischt und pneumatisch in einer geschlossenen Rohr-/Schlauchleitung zur Einbaustelle gefördert wird, dort aus einer Spritzdüse austritt, mit Wasser und Abbindebeschleuniger vermischt wird und durch die Aufprallenergie verdichtet wird. Die **Außenschale** aus Spritzbeton wird in mehreren Schichten aufgetragen. Die Außenschale kann bei Bedarf durch Bewehrung, Stützbögen und Felsanker verstärkt werden.



Bild 2 Aufstellen der Stützbögen

Quelle: Tunnel Augustaburg, Stand 2004

Die **Bewehrung** besteht aus herkömmlichen Stahlbetonmatten und wird auf der Vorderseite und Rückseite der Außenschale angebracht. Die **Stützbögen** sind speziell für den Tunnelbau angefertigte dreieckförmige Schweißkonstruktionen aus Betonstahl. Sie werden vor Ort zu einem Bogen in der gewünschten Länge verbunden und ebenfalls in den Spritzbeton der Außenschale integriert.

Felsanker oder **Radialanker** sind Stäbe oder Rohre, die zumeist aus Stahl bestehen und aus dem ausgebrochenen Querschnitt heraus sternförmig in das Gebirge gebohrt und dort befestigt werden. Der Kopf der Gebirgsanker wird in den Spritzbeton der Außenschale integriert.

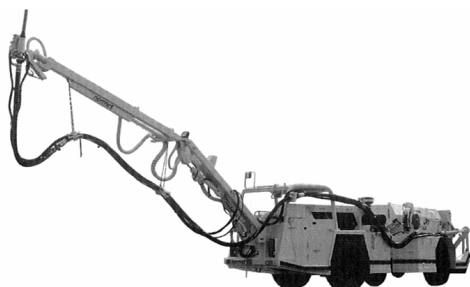


Bild 3 Spritzmobil

Quelle: Werksfoto Normet Stand 2005

Die vordringliche Aufgabe der Spritzbetonschale und der Radialanker ist es nicht den Gebirgsdruck aufzunehmen, sondern das örtliche Herausbrechen von Fels zu verhindern und sich so zu verformen, dass in Verbindung mit den Ankeren ein Druckring im Gebirge entsteht. Der vor dem Tunnelbau herrschende Gebirgsdruck innerhalb des Gebirges soll nach dem Tunnelbau im Gebirge in einem Druckring um den Tunnel herum abgetragen werden.

Häufig reicht die Festigkeit des Gebirges nicht aus, um den Tunnel in vollem Querschnitt vorzutreiben. In diesen Fällen kann die Kalotte, vorgetrieben werden und der restliche Querschnitt (Strosse) ca. 40-60 m nachlaufend ausgebrochen und gesichert werden. Im Tunnelbau ist die **Kalotte** der obere Teil des Tunnelquerschnitts.

Bei der Gefahr von Nachbrüchen im Kalottenbereich werden **Spieße** verwendet. Diese werden aus dem Tunnel heraus fächerförmig vorausseilend in vorgebohrte Löcher eingebaut und mit Mörtel oder Zementsuspension verpresst. Die Spieße bestehen aus Stahlrohren. Dadurch wird die Standfestigkeit des Gebirges verbessert und der Wasserandrang verringert.



Bild 3 Vortriebsbohrwagen

Quelle: Werksfoto Atlas Copco Stand 2012

Das in den bergmännisch vorgetriebenen Tunnel eindringende Wasser wird als **Bergwasser** bezeichnet. Aufgrund seiner Zusammensetzung muss das Bergwasser **neutralisiert** werden, damit es in die Oberflächengewässer eingeleitet werden kann.

Die eingesetzten Geräte werden hauptsächlich mit Dieselmotoren betrieben. Durch die Abgase der Dieselmotoren, den Bohrstaub, den Spritznebel und Gase die bei den Sprengungen freigesetzt werden entsteht eine starke Belastung der Atemluft. Um die Belastung der Atemluft zu vermindern werden **Ventilatoren** außerhalb des Tunnels aufgestellt und die Frischluft durch Röhren zu den jeweiligen Arbeitsbereichen geleitet. Diese Röhren für die Zuleitung der Frischluft werden als **Lutten** bezeichnet.

Abdichtung

Zwischen der Außenschale und der Innenschale wird in der gesamten Länge des Tunnels und rundum eine einlagige Kunststoffdichtungsbahn (**KDB Bahn**) eingebaut.

Innenschale

Die Innenschale dient der endgültigen Sicherung des Tunnels. Sie besteht aus Stahlbeton und wird nach der Beendigung des Vortriebs hergestellt.

3.2 Berechnungstabellen

Der Ausdruck einer Angebotskalkulation für ein Bauvorhaben von der Größenordnung der Untertunnelung des Ortes Mörtenbach umfasst, je nach dem Umfang des Leistungsverzeichnisses, mehr als 4000 Seiten. Eine derartige Kalkulation ist nur für wenige Fachleute verständlich.

In 5 Berechnungstabellen hat der Verfasser versucht, die Ermittlung der Baukosten weitgehend verständlich darzulegen. Die Berechnungstabellen sind als Anlagen beigefügt.

Anlage 1 Querschnittsberechnungen

Den Massenermittlungen und den Querschnittsberechnung wird der im Planfeststellungsbeschluss dargestellte Querschnitt des Tunnels Berkersklamm zu Grunde gelegt.

Anlage 2 Lohnkosten und Baustellengemeinkosten

Die Lohn-, und Baustellengemeinkosten werden in € pro Monat berechnet. Dabei wird unterschieden zwischen den Bauphasen Tunnelvortrieb, Bau der Innenschale, und Ausbau des Tunnels

Anlage 3 Geräte-, Verschleiß- und Betriebsstoffkosten beim Vortrieb

Die Geräte-, Verschleiß- und Betriebsstoffkosten werden in € pro Monat berechnet

Anlage 4 Massenermittlung

In der Massenermittlung werden die Mengen der maßgebenden Bauteile und Baustoffe berechnet. Außerdem wird die kostenwirksame Bauzeit berechnet.

Anlage 5 Kostenermittlung

In der Kostenermittlung werden auf der Basis der ermittelten Mengen und Zeiten und der ortsüblichen Kosten für die wesentlichen Bauleistungen berechnet,

getrennt nach 4 Kostenarten und ohne Umsatzsteuer in € für

- die reinen Baukosten (Einzelkosten der Teilleistungen), **EKT**
 - mit den Personalkosten
 - aus Löhnen
 - und Gehältern
 - den Gerätekosten
 - für Reparaturen und
 - Abschreibung und Verzinsung
 - Betriebsstoffkosten
 - für Diesel und Strom und
 - Verschleiß
- die Baustellengemeinkosten und die Kosten der Baustelleneinrichtung, **BGK+ BE**

und mit prozentualen Zuschlägen ohne Umsatzsteuer in € für

- unvorhergesehene Ereignisse und die Kosten der Planung und Überwachung,
- die Allgemeinen Geschäftskosten, **AGK**
- die Kosten für Wagnis und Gewinn **WUG**
- die Kosten der Bauaufsicht des Bauherrn und
- die Kosten der Umsatzsteuer **USt**

3.3 Kostenermittlung

Alle Ansätze entsprechen den ortsüblichen Kosten für das Jahr 2015. Bei einer Kostenermittlung zu einem späteren Zeitpunkt sind die bis dahin eingetretenen Kostensteigerungen entsprechend dem Baupreisindex zu berücksichtigen.

Die folgenden Hinweise orientieren sich an der in der Anlage 5 beigefügten Kostenermittlung. Es werden von oben nach unten zeilenweise die für die Kosten maßgebenden Werte angegeben und ihre Entstehung erläutert.

Alle Kosten werden wie in Bauweisen üblich ohne Umsatzsteuer angegeben. Zum Schluss der Kalkulation wird die Mehrwertsteuer mit dem zurzeit gültigen Satz von 19 % hinzugefügt.

3.3.1 Einzelkosten der Teilleistungen

1. Lohnkosten für den Vortrieb

Die Vortriebsleistung ist in gebräuchtem Gebirge mit 16,80 m pro Arbeitstag und in standfestem Gebirge mit 45 m pro Arbeitstag angesetzt worden. Dadurch lässt sich die Dauer des Vortriebs in ca. 55 Kalendertagen erledigen. Zusätzlich wurden 30 Kalendertage Vorlauf, 2 Kalendertage vom Auftraggeber verursachter Vortriebsstillstand und 7 Kalendertage Unterbrechung für Entwässerung berücksichtigt.

Bei der Ermittlung der Lohnkosten für den Vortrieb wurden im Einzelnen berücksichtigt:

3	Kolonnen	mit	
8	Arbeitskräften/Kolonne	in	
3	Schichten	mit	
8	Stunden	Für die Kolonnenführer sind kalkulatorisch Prämien von zu	
		sätzlich 2 Arbeitsstunden pro Schicht eingerechnet.	

32,50 €/h Kalkulationsmittellohn
7,00 €/AK für Übernachtungskosten

Die damit ermittelten **Lohnkosten für den Vortrieb** betragen **503.421 €**.

Die Lohnkosten liegen nach Ansicht des Verfassers auf der sicheren Seite, weil

- auch in Zukunft für die körperlich belastende und schwierige Arbeit unter Tage genügend Arbeitskräfte in Europa zur Verfügung stehen werden,
- der Arbeitsrhythmus mit 10 Tagen Arbeitseinsatz und 5 Tagen Urlaub und die Unterbringung in Wohnlagern den Interessen der zumeist ausländischen Arbeitskräfte im Tunnelbau entgegenkommt,
- z. Zt. auf vielen inländischen Tunnelbaustellen ein Mittellohn von weniger als 32,5 €/h erreicht wird,
- ein Sprengvortrieb anstelle von einer 8 Mann-Kolonne auch mit einer 6 Mann-Kolonne betrieben werden kann und weil
- zusätzlich zur regulären Bauzeit des Sprengvortriebs von 55 Kalendertagen 31 weitere Kalendertage für besondere Vorkommnisse und eigenverschuldeten Stillstand berücksichtigt worden sind.

Das Einsparungspotenzial der Lohnkosten beim Vortrieb beträgt ca. 100.000 €.

2. Gerätekosten beim Vortrieb

Die Gerätekosten beim Vortrieb wurden entsprechend der Baugeräteliste (BGL) ermittelt.

Die BGL ist ein Standardwerk zum Nachweis der Kosten von Baugeräten bei Streitfällen vor Gericht bzw. bei Nachträgen oder und bei Versicherungsschäden.

In der BGL sind Kreditzinsen für die Finanzierung der Geräte von 6 % per anno enthalten. Unter Berücksichtigung der niedrigen Kreditzinsen sind die Kalkulationswerte der BGL für Abschreibung und Verzinsung auf 50 % reduziert worden. Bei den Reparaturkosten wurden 90 % der Angaben der BGL berücksichtigt. Die Werte gelten für eine Schicht von 8 h pro Arbeitstag. Für 3 Schichten sind jeweils 8 h pro Arbeitstag wurden die Werte verdoppelt (nicht verdreifacht).

Im Einzelnen wurden ermittelt:

188.440 €/Mon	für Abschreibung und Verzinsung sowie für Reparatur
75.679 €/ Mon	für Betriebsstoffkosten
18.000 €/Mon	für Verschleißkosten der Werkzeuge
51.195 €/Mon	für Sprengmittel

Die **Geräte und Betriebs- und Verbrauchskosten** beim Vortrieb umfassen **962.792 €**.

Die Gerätekosten liegen nach Ansicht des Verfassers auf der sicheren Seite, weil

- häufig mit Gerätekosten weiter unterhalb der Angaben der Baugeräteliste kalkuliert wird
- und z. Z. Leihgeräte oder bereits abgeschriebene Geräte zum Einsatz kommen.

3. Betriebsstoffe beim Vortrieb

Die Kosten für Betriebsstoffe wie Diesel, Hydraulik- und Schmieröl und für Strom sind ein wesentlicher Bestandteil der Baukosten. Die Betriebsstoffkosten beim Vortrieb werden maßgeblich beeinflusst von der Motorenstärke und dem Preis für Dieselmotorkraftstoff. Bei der Kalkulation hat der Verfasser einen Auslastungsgrad der Baugeräte von 50 % der Volllast berücksichtigt und berücksichtigt, dass die Motoren 220 ml Diesel pro kWh verbrauchen. Hydrauliköl und Schmierstoffe werden mit einem Kostenzuschlag von 10 % auf den Dieserverbrauch berücksichtigt.

Für die Dieselmotorkraftstoffkosten ist ein Lieferpreis frei Baustelle in Höhe von 1,14 €/l gewählt worden. Der Preis entspricht dem durchschnittlichen Preis für Großabnehmer in den Jahren 2013 und 2014.

Die Betriebsstoffkosten liegen nach Ansicht des Verfassers auf der sicheren Seite, weil

- durch den gesunkenen Rohölpreis in den kommenden Jahren mit einem Einstandspreis von weniger als 1,14 €/l Diesel (ohne Mehrwertsteuer) zu rechnen ist,
- normalerweise mit 120 ml Diesel pro Kilowattstunde installierter Geräteleistung kalkuliert wird und in dieser Kostenermittlung entsprechend aktueller Betriebsabrechnungen für unter Tage eingesetzte Baugeräte ein Kraftstoffverbrauch von 220 ml Diesel pro Kilowattstunde berücksichtigt worden ist
- und weil der Auslastungsgrad der Baugeräte beim Sprengvortrieb häufig unter 50 % der Volllast aller Geräte liegt.

Das Einsparungspotenzial der Gerätekosten beim Vortrieb beträgt ca. 250.000 €.

4. Bodenbewegungen

Die so ermittelten Lohn-, Geräte- und Betriebsstoffkosten für das Lösen des Felsens und für den Transport zum Tunnelmund betragen in der Summe 2.220.195 €.

Umgelegt auf die Summe des Felsausbruchs von 128.047 m³ entstehen Kosten für den unter Tage Ausbruch in Höhe von 17,34 €/m³.

Zur Ermittlung der Summe Bodenbewegung wurden zusätzlich (jeweils ohne Mehrwertsteuer) berücksichtigt:

2,50 €/m ³	für das Laden des Ausbruchs am Tunnelmund
2,50 €/m ³	für den Übertageaushub
6,00 €/m ³	für das Fahren zum Zwischenlager
1,00 €/m ³	für das Kippen und Verdichten im Zwischenlager
2,50 €/m ³	für das Lösen und Laden im Zwischenlager
7,00 €/m ³	für das Fahren vom Zwischenlager in das Endlager
1,00 €/m ³	für das Kippen und Verdichten im Endlager.

Bei der Kostenermittlung wurde eine mittlere Transportentfernung von 7 km angenommen und vorausgesetzt, dass 50 % des Aushubs nicht direkt dem Endlager zugeführt werden kann, sondern zunächst auf einem Zwischenlager eingebaut und verdichtet werden müssen

Weitere Kosten für Bodenbewegung entstehen nach Abschluss der Betonbauarbeiten für die Verfüllung der Tunnelabschnitte die in Baugruben hergestellt worden sind. Für diese Leistung wurde mit einem Einheitspreis von 28 €/m³ und Gesamtkosten von 761.600 € kalkuliert.

Die Summe für Bodenbewegung beträgt 6.768.276 €

Nach Ansicht des Verfassers liegen diese Kosten auf der sicheren Seite, weil

- die Transportleistungen über örtliche Nachunternehmer oder Landwirte häufig wesentlich kostengünstiger abgewickelt werden können und weil
- vermutlich ein kleinerer Teil als 50% des Ausbruchs auf ein Zwischenlager verbracht werden muss.

Das Einsparungspotenzial bei den Bodenbewegungen beträgt ca. 1.050.000 €.

5. Außenschale, Material

Der Massenermittlung für die Außenschale wurde der Regelquerschnitt RQ 10,5 t mit den Abmessungen berücksichtigt, die im Planfeststellungsbeschluss angegeben worden sind. Im Einzelnen sind dies:

- 27,5 cm für die Spritzbetonschale und zusätzlich
- 10,0 cm für das Übermaß

Insgesamt also 37,5 cm Spritzbeton.

Die ermittelten Kosten für die Außenschale berücksichtigen im Wesentlichen die Materialkosten. Die Lohn-, Geräte- und Betriebsstoffkosten sind bereits in den Vortriebskosten enthalten. Die Materialkosten der Außenschale sind getrennt erfasst worden mit:

40 €/m ³	für die Materialkosten für den Spritzbeton
550 €/t	für die Materialkosten für die Matten Bewehrung
72 kg /m ³	für den Bewehrungsanteil der Matten Bewehrung
850 €/t	für die Materialkosten für die Stützbögen
15 kg/m	für das Gewicht der Stützbögen

Außerdem wurden für die Entsorgung des Rückpralls von 30 % der Spritzbetonmenge mit Kosten von 70 €/m³ berücksichtigt.

Die Summe für die **Materialkosten der Außenschale** beträgt **1.589.910 €**.

Nach Ansicht des Verfassers liegen die Kosten für die Außenschale auf der sicheren Seite, weil:

- die Untertunnelung von Mörlenbach auf einer Länge von 930 m in unverwittertem Granit bis Granodiorit und lediglich 200 m der Vortriebsstrecke durch verwitterten Fels geführt werden müssen. Demgegenüber ist der Tunnel Berkersklamm auf ganzer Länge im verwitterten Granit bis Granodiorit herzustellen. Aufgrund der veränderten geologischen Bedingungen ist damit zu rechnen, dass die Stärke der Spritzbetonschale halbiert werden kann.
- vermutlich der Rückprall und ein Teil des Ausbruchs als Zuschlagsstoffe für den Spritzbeton verwendet werden kann und damit die Materialkosten für den Spritzbeton deutlich gesenkt werden können. Dadurch entfallen die Entsorgungskosten und ein Teil der Materialkosten.

Das würde zu einer Kostenersparnis von ca. 500.000 € führen.

6. provisorische Sicherungen der Außenschale

Der Massenermittlung für die provisorischen Sicherungsmaßnahmen wurden im Einzelnen zu Grunde gelegt:

- 400 m für die Vortriebsstrecke mit Zusatzmaßnahmen
- 8 Stück Radialanker pro Abschlag
- 4 m Länge der Radialanker
- 20 Stück voreilende Spieße pro Abschlag
- 5 m Länge der voreilenden Spieße

Die hier ermittelten Kosten für die provisorische Sicherung berücksichtigen im Wesentlichen die Materialkosten, weil die Lohn-, Geräte- und Betriebsstoffkosten bereits im Vortrieb enthalten sind. Im Einzelnen wurden berücksichtigt:

- 20 €/m für die Materialkosten der Radialanker
- 20 €/m für die Materialkosten der voreilende Spieße
- 75 €/m für die für Verpressanker an den Anschlagflächen der Portale

Die Summe für die **Materialkosten der provisorischen Sicherungsmaßnahmen** beträgt **786.304 €**.

Nach Ansicht des Verfassers liegen die Kosten auf der sicheren Seite, weil:

- Sicherungsmaßnahmen auf einer Strecke von 400 m erfasst wurden, während demgegenüber nach der Machbarkeitsstudie des Ingenieurbüros Bung nur auf einer Strecke von 200 m Zusatzmaßnahmen zu erwarten sind.

Das Einsparungspotenzial beträgt ca. 350.000 €.

7. Lüften und Leuchten während der Bauarbeiten

Der Massen- und Kostenermittlung für das Lüften und Beleuchten des Tunnels während der Vortriebsarbeiten und dem Bau der Innenschale sind im Einzelnen zu Grunde gelegt:

350.000 €	für die Ventilatorenanlage
35 €/m	für Elektroleitungen, Lampen und Leuchtmittel
220 €/m	für Lutten

Die Summe für Lüften und Leuchten beträgt **727.750 €**.

Nach Ansicht des Verfassers liegen die Kosten auf der sicheren Seite, weil:

- Bedingt durch die nahe gelegene Bebauung die Sprengarbeiten mit äußerster Vorsicht durchgeführt werden müssen und dadurch der Verlust an Leitungen im Tunnel geringer als üblich ausfallen wird.

Das Einsparungspotenzial beträgt ca. 100.000 €.

8. Bergwasser

Der Massen- und Kostenermittlung für das Neutralisieren des Bergwassers wurde im Einzelnen zu Grunde gelegt:

4 l/s	Zuflussmenge
480 KT	Zuflussdauer
2 St	Behandlungsanlagen
0,4 €/m ³	Betriebskosten
130.000 €	Auf- und Abbaukosten für eine Behandlungsanlage

Die Summe für die Behandlung des Bergwassers beträgt **326.314 €**.

Nach Ansicht des Verfassers liegen die Kosten auf der sicheren Seite, weil:

- der Tunnel weitgehend durch kompakten Fels vorgetrieben wird und in diesem Abschnitt vermutlich kein Bergwasser oder eine wesentlich geringere Zuflussmenge eintritt.
- Die Zuflussmenge durch Abdichtungsmaßnahmen stark reduziert werden kann nachdem der Vortrieb die potenziell wasserführenden Abschnitte des verwitterten Felsens von jeweils 100 m Länge durchfahren hat.
- unter Umständen eine Behandlungsanlage ausreichend ist.

Das Einsparungspotenzial beträgt ca. 100.000 €.

9. Abdichtung

Mit Rücksicht auf die Wannelage des Tunnels kommt der Abdichtung eine besondere Bedeutung zu. Für die Abdichtung des Tunnels in bergmännischen Vortrieb mit Kunststoffdichtungsbahnen und die Abklebung der Tunneldecken in offener Bauweise wurden im Einzelnen berücksichtigt

100.000 €	für die Anschaffung eines Gerüstwagens zum Verlegen der KDB Bahnen
30 €/m	für den Mörtelausgleichsstreifen zum Auflager des Außenfugenbandes
45 €/m	für das Außenfugenband
40 €/m ²	für die KDB Bahnen inklusive Befestigungsmittel
85 €/m ²	für die Abklebung der Tunneldecken in offener Bauweise einschließlich dem Schutzbeton

Die Summe für Tunnelabdichtung beträgt **2.561.039 €**.

10. WU Beton

In diesem Abschnitt sind die Kosten für die tragende Betonkonstruktion zusammengefasst. Dies sind die Kosten für

- die Innenschale des bergmännischen Vortriebs mit 40 cm Wandstärke
- die Portale des Tunnels mit 100 cm Wandstärke
- der Fluchttreppenhäuser mit 100 cm Wandstärke und
- die Sohlen, Decken und Wände des Tunnels in offener Bauweise mit 100 cm Wandstärke.

Die Massen des Tunnels sind für den Regelquerschnitt RQ 10,5 t berechnet worden. Dies entspricht dem im Planfeststellungsbeschluss genannten Querschnitt des Tunnels.

Die ermittelten Kosten für den WU Beton berücksichtigen die Materialkosten sowie die Lohn-, Geräte- und Betriebsstoffkosten. Im Einzelnen wurden berücksichtigt:

250.000 €	für die Beton Mischanlage
55 €/m ³	für die Materialkosten des WU Betons
35 €/h	für die Lohnkosten einer Schalung (Anl. 2)
9,50 €/m ²	für die Materialkosten der Schalung in offenen Tunnel
700 €/t	für die Lohn- und Materialkosten der Bewehrung
110 kg /m ³	für den Bewehrungsanteil
100 000 €	für die Anschaffung 2 Stück Gerüstwagen für Bewehrung
250.000 €	für die Anschaffung 2 Stück Schalwagen
80.000 €	für die Anschaffung der Gerüste für die Nachbehandlung
50 €/m.	für die Mittenfugbänder der Rampen und des Rechteckquerschnitt

Die Summe für **WU Beton** beträgt **10.584.292 €**.

Nach Ansicht des Verfassers liegen die Kosten auf der sicheren Seite, weil:

- vermutlich ein Teil des Ausbruchs als Zuschlagsstoff für den WU Beton verwendet werden kann und damit die Materialkosten deutlich gesenkt werden können.
- für die Querung der Bahntrasse eine Zulage von 1.200.000 € berücksichtigt wurde und
- für die Querung der Weschnitz eine Zulage von 250.000 € berücksichtigt worden ist.

Das **Einsparungspotenzial** bei Verwendung des Tunnelausbruchs als Zuschlagsstoffe für den Konstruktionsbeton beträgt **ca.2.100.000 €**.

11. Straße

In diesem Abschnitt sind die Kosten für den Straßenbau zusammengefasst. Im Einzelnen wurden berücksichtigt:

36 €/m ³	für die Sohlverfüllung im Tunnel
300 €/m	für die Entwässerungsleitungen
85 €/m ²	für den Beton des Notgehwegs
300 €/m	für die Schlitzrinne der Strassenentwässerung
50 €/m ³	für den Straßenunterbau
65 €/m ³	für die Fahrbahndecke als offenporiger Asphalt

Die Summe für **den Straßenbau** beträgt **3.546.036 €**.

Nach Ansicht des Verfassers liegen die Kosten auf der sicheren Seite, weil:

- zusätzlich die Kosten für den Beton der Notgehwege und deren Bewehrung, und für die Schächte der Schlitzrinne berücksichtigt worden sind
- der offenporige Asphalt eine Komfortlösung ist, die dem Schallschutz dient und mit Rücksicht auf die geringe Fahrgeschwindigkeit im Tunnel auch ein normaler Asphalt als Straßenbelag ausreichend ist.

Das **Einsparungspotenzial** bei Verwendung eines normalen Asphalttes für die Fahrbahndecke anstelle eines offenporigen Asphalttes beträgt **ca.420 000 €**.

12. Tunnelausstattung

In diesem Abschnitt sind die Kosten für die Tunnelausstattung zusammengefasst. Im Einzelnen wurden berücksichtigt:

- 900.000 € für den Rohbau von 2 Tunnel Betriebsgebäuden
- 5.500 €/m für die Leit- und Sicherheitsausrüstung

Die Summe für die Tunnelausstattung beträgt **7.115.000 €**.

Nach Ansicht des Verfassers liegen die Kosten für die Tunnelausstattung auf der sicheren Seite, weil:

- möglicherweise ein Betriebsgebäude ausreichend ist und nicht 2 benötigt werden und
- der Kostenansatz für die Leit- und Sicherheitsausrüstung die Änderung der Norm für die Tunnelausrüstung und die aktuellen Vergaben berücksichtigt

Das **Einsparungspotenzial** bei einem statt zwei Betriebsgebäuden beträgt **ca. 420 000 €**.

3.3.2 Baustelleneinrichtung und Baustellengemeinkosten

In diesem Abschnitt sind die Kosten für die Einrichtung der Baustelle und für die Baustellengemeinkosten zusammengefasst. Im Einzelnen wurden für das Einrichten und Räumen der Baustelle berücksichtigt:

- 800.000 € für Baustraßen, Betriebsflächen, sowie für den Bau der Versorgungsanschlüsse für Wasser, Abwasser und Strom
- 400.000 € für Transporte
- 400.000 € für Baubüros, Tagesunterkünfte, Kantine und Wohnlager.

Außerdem sind in diesem Abschnitt die Baustellengemeinkosten zusammengefasst.

Unter den Begriff Baustellengemeinkosten (BGK) werden Kosten verstanden, die für den Betrieb der Baustelle anfallen. Dies sind Kosten für

- Gehälter der Bauleitung
- Abschreibung Verzinsung und Reparatur der Baustelleneinrichtung
- Betriebskosten der Baustelleneinrichtung

Der wesentliche Teil der Baustellengemeinkosten sind die Gehaltskosten der Bauleitung. Sie wurden je nach Tätigkeit mit folgenden Kosten pro Monat kalkuliert.

Aufgabe	Kosten	Zulagen	Kosten
	€/mon	Unterkunft	€/mon
Sekretärin	4.500 €	0 €	4.500 €
Oberbauleiter	12.000 €	1.000 €	13.000 €
Projektleiter	9.000 €	1.000 €	10.000 €
Kaufmann	7.000 €		7.000 €
Abrechner	8.000 €	0 €	8.000 €
Vermesser	8.000 €	0 €	8.000 €
Laborant	6.000 €	0 €	6.000 €
Bauleiter	8.500 €	1.000 €	9.500 €
Poliere	9.000 €	1.000 €	10.000 €
Geologe	8.000 €	1.000 €	9.000 €

In den verschiedenen Bauphasen wurden Baustellengemeinkosten berücksichtigt in Höhe von
 172.200 €/Mon für 2,9 Monate während des bergmännischen Vortriebs
 130.300 €/Mon für 13,1 Monate beim Baus von Innenschale und offenen Tunnels
 64.200 €/Mon für 11,3 Monate bei Bau von Fahrbahn und Tunnelausstattung
 Die Summe für die **Baustelleneinrichtung und Gemeinkosten** beträgt **4.531.861 €**.

Nach Ansicht des Verfassers liegen die Kosten für die Baustelleneinrichtung und Gemeinkosten auf der sicheren Seite, weil:

- die Personalkosten detailliert ermittelt wurden
- zusätzlich die Gerätekosten für die Baustelleneinrichtung je nach Bauphase mit Beträgen von 60.000 bis 15.000 €/Mon berücksichtigt wurden und
- zusätzlich die Betriebskosten für die Baustelleneinrichtung je nach Bauphase mit Beträgen von 30.000 bis 12.000 €/Mon berücksichtigt worden

Das **Einsparungspotenzial** bei Baustelleneinrichtung Gemeinkosten wird abgeschätzt mit **ca. 650.000 €**.

3.3.3 Zuschläge

13. Planungskosten und Reserven

Auf die Summe der Bauarbeiten (Einzelkosten der Teilleistung) einschließlich der Baustellenge-meinkosten (BGK) und die Summe der Baustelleneinrichtung (BE) wurden folgende allgemeinen Zuschläge gewählt:

4 %	für die Ausführungsplanung	mit	1.607.676 €
1 %	für Qualitätssicherung und Messungen	mit	401.919 €
3 %	für Nacharbeiten und Gewährleistung	mit	714.199 €
4 %	für nicht erfasste Leistungen	mit	1.607.676 €

Die Summe dieser **allgemeinen Zuschläge** beträgt **4.331.469 €**

Nach Ansicht des Verfassers liegen die Kosten für die allgemeinen Zuschläge auf der sicheren Seite, weil:

- bei der üblicherweise gründlichen Ausschreibungsplanung der Straßenbauverwaltung die Ausführungsplanung für 2-3 % erstellt werden kann und deren Kostenanteil nicht 4 % beträgt
- für Nacharbeiten im Rahmen der Gewährleistung mit ca. 700.000 € ein ausreichendes Polster geschaffen wird
- die Massen und Leistungen sehr sorgfältig ermittelt wurden und daher damit zu rechnen ist, dass der Umfang der nicht erfassten Leistungen unter 4 % liegt.

Das **Potenzial einer Reduzierung** von Planungskosten und Reserven wird abgeschätzt mit **ca. 430.000 €**.

Mit den zuvor beschriebenen allgemeinen Zuschlägen ergeben sich ohne die Umsatzsteuer

Herstellkosten in Höhe von 44.523.361 €.

14. Allgemeine Geschäftskosten, Wagnis und Gewinn

Die Herstellkosten wurden beaufschlagt mit

8 %	für die Allgemeinen Geschäftskosten	insgesamt	3.561.869 €
4 %	für Wagnis und Gewinn	insgesamt	1.780.934 €.

Nach Ansicht des Verfassers liegen die Kosten für AGK und WUG auf der sicheren Seite, weil:

- die Tunnelbaustellen Planungs- und Verwaltungsarbeiten weitgehend selbstständig erledigen und die in den Firmenzentralen anfallenden Allgemeinen Geschäftskosten bei 6-7 und nicht bei 8 % liegen .
- Durch die allgemeinen Zuschläge ausreichende Vorkehrungen getroffen ist so dass der Zuschlag für Wagnis gemindert werden kann und anstelle des verwendeten Zuschlags von 4 % auch 2 % auskömmlich sind

Die **Reserve für AGK und WUG** beträgt ca. **1.800.000 €**.

Der kalkulierte Baupreis (ohne USt) beträgt damit. 49.866.164 €.

15. Bauaufsicht, Gutachten

Für den Bauherrn, die Bundesrepublik Deutschland, können zusätzliche Kosten anfallen. Diese wurden berücksichtigt mit

1 %	für die Bauaufsicht der Bauverwaltung	mit	496.687 €
	für externe Gutachten	mit	400.000 €
	für Grunderwerb eines 20 m breiten Streifens	mit	20 €/m ²

Die Kosten für eine verstärkte Bauaufsicht und externe Gutachten zulasten des Bauherrn während der Bauzeit sind vorsorglich eingestellt.

Die **Summe dieser weiteren Vorsorge** beträgt ca. **600.000 €**.

16. Umsatzsteuer

Auf alle inländischen Umsätze wird die so genannte Mehrwertsteuer erhoben. Diese ist berücksichtigt mit 19 % für die zurzeit gültige **Umsatzsteuer** zusammen **9.777.557 €**.

3.3.4 Ergebnis

Die bei dem Bau der Untertunnelung des Ortes Mörlenbach für die Bundesrepublik Deutschland, entstehenden **Gesamtkosten** (inkl. USt) wurden in Höhe **von 61.238.383 €** berechnet.

In der Berechnung wurden auskömmliche Kostenansätze berücksichtigt. Außerdem hat der Verfasser Beträge für unvorhergesehene Leistungen und Reserven berücksichtigt.

Die Tabelle bietet einen Überblick über die berücksichtigten Kosten und die Reserven.

Ziffer im Text	Bauteil	berücksichtigte Kosten		Einsparungspotenzial	
		ohne Ust	mit Ust	ohne Ust	mit Ust
1	Lohnkosten für den Vortrieb	503.421 €		100.000 €	
2	Gerätekosten beim Vortrieb	962.792 €		250.000 €	
3	Betriebsstoffe beim Vortrieb				
4	Bodenbewegungen	6.768.276 €		1.050.000 €	
5	Außenschale, Material	1.598.910 €		500.000 €	
6	provisorische Sicherung der Außenschale	786.304 €		350.000 €	
7	Lüften und leuchten während der Bauarbeiten	727.750 €		100.000 €	
8	Bergwasser	326.314 €		100.000 €	
	Entwässerung während Vortrieb und Innenschale	204.840 €			
9	Abdichtung	2.561.039 €		0 €	
10	wasserundurchlässiger Beton tragender Bauteile	10.584.292 €		2.100.000 €	
	Zulage für Querungen	1.450.000 €			
11	Straßenbau	3.546.306 €		420.000 €	
12	Tunnelausstattung.	7.115.000 €		420.000 €	
3.3.2	Baustelleneinrichtung und Baustellengemeinkosten	4.531.861 €		650.000 €	
13	Planungskosten und Reserven	4.331.469 €		430.000 €	
14	Allgemeine Geschäftskosten	3.561.869 €		900.000 €	
14	Wagnis und Gewinn	1.780.934 €		600.000 €	
15	Bauaufsicht, Gutachten, Grunderwerb	1.594.662 €		1.000.000 €	
16	Umsatzsteuer	9.777.557 €		0 €	
	Kosten und Einsparungspotenzial	61.238.383 €		8.970.000 €	

4 Zusammenfassung

Im Rahmen der Planfeststellung sind für die Ortsumgehung Mörlenbach 17 verschiedene Varianten der Streckenführung untersucht worden.

Darunter befindet sich eine Variante (W4) mit einem Tunnel von 1480 m Länge, der die vorhandene Eisenbahnstrecke, den Fluss Weschnitz und die Bebauung des Ortes Mörlenbach unterquert.

Dabei wurden die Trassenvarianten in Bezug auf den Naturschutz, den Städtebaubau, die Inanspruchnahme landwirtschaftlicher Nutzfläche, das Landschaftsbild, den Schutz von Tieren und Pflanzen und den Schutz der Menschen bezüglich des Wohnwertes und des Erholungswertes untersucht.

Daraus ist die Trassenvariante W4 mit dem 1. Rang in der Gesamtwertung hervorgegangen. Die zur Ausführung gewählte Variante O2 wurde dabei mit dem 10. Rang bewertet. (Seite 153 des Planfeststellungsbeschlusses, PFB).

Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit ist jedoch die Variante (O2) der Variante W4 vorgezogen worden.

Die Vorhabenträgerin hat die Baukosten der Variante O2 mit **67.540.000 €** geschätzt
und die Baukosten der Variante W4 mit **100.000.000 €** abgeschätzt.
(Seite 156 des PFB)

Die Kostenschätzung der Variante W4 durch die Vorhabensträgerin ist unzutreffend.

Die detaillierte Kostenberechnung durch den Verfasser ergibt
Planungs-, Überwachungs- Bauherrn- und Baukosten in Höhe von 61.238.383 €.

Diese Summe der Baukosten ist als die obere Kostengrenze zu bezeichnen. Eine kritische Überprüfung der Kostenberechnung hat ein **Einsparungspotenzial von ca. 8.970.000 €** ergeben,

In der Kostenberechnungen des Verfassers sind ergänzend zur Machbarkeitsstudie des Büros Bung die Kosten für eine Pannen- und Rettungsbucht in der Mitte des Tunnels und für 4 Fluchtwege über separate Truppenhäuser enthalten.

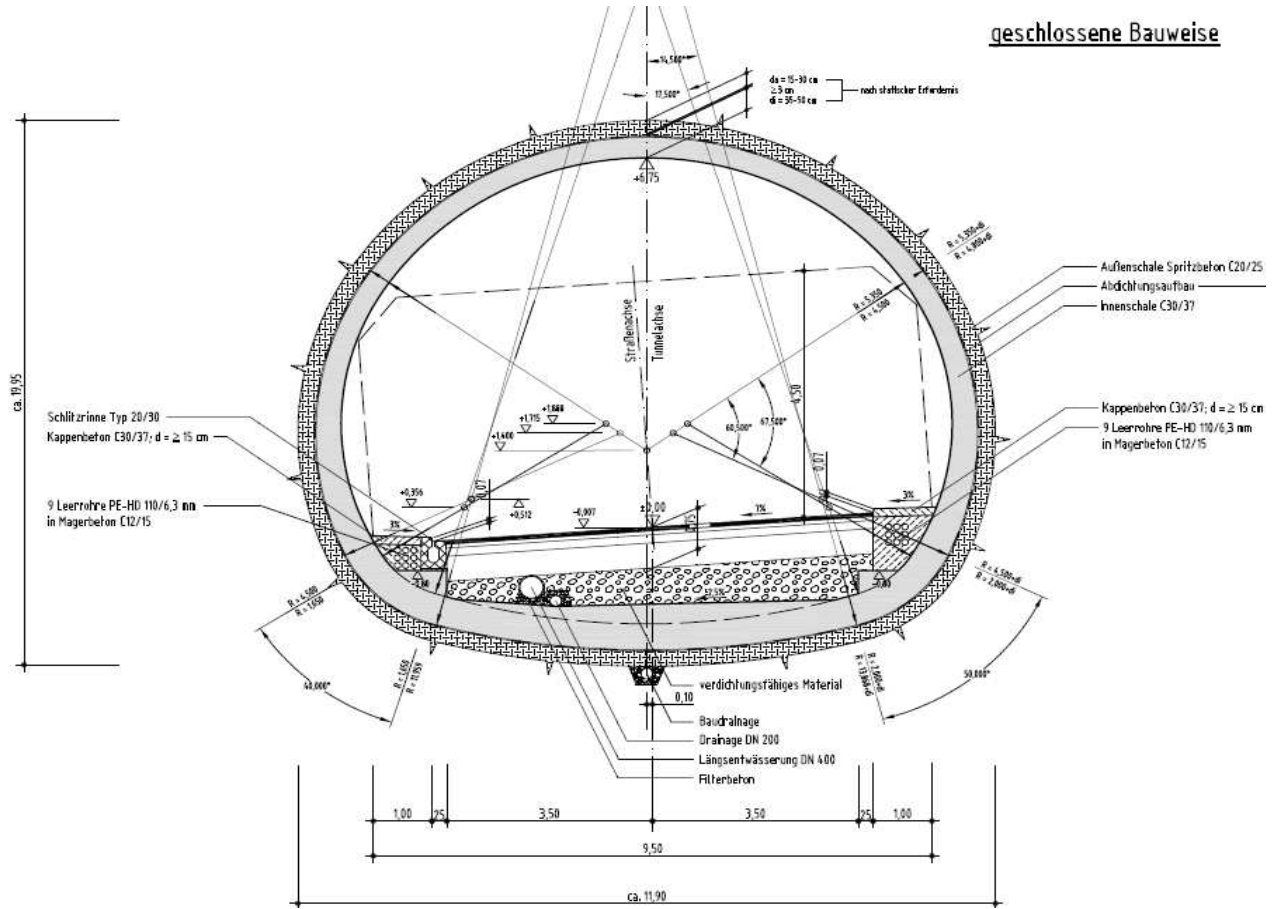
Die genannte Summe der Baukosten für die Variante O2 ist jedenfalls höher
als die aktuell berechnete Summe der Baukosten für die Variante W4.

Hannover den: 16. Oktober 2015

Dipl.-Ing. Helmut Hesse
bis 2015 öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger
für Baubetrieb und Bauwirtschaft

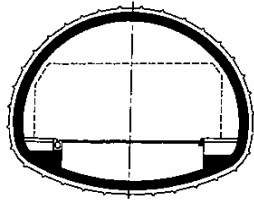
**Querschnittsberechnungen
RQ 10,5 t**

Anlage 1
09.09.2015



Tunnel	Breite	Höhe	Flächen	Längen	
Regelquerschnitt					
	m	m	m ²	m	m
Lamelle				oben	unten
1	4,00	10,40	41,60	2,10	2,00
2	4,00	9,80	39,20	2,50	2,10
3a	2,40	3,90	9,36	4,30	
3b	3,00	4,30	12,90		5,00
Fläche			103,06		
				8,90	9,10
Länge				36,00	
Ausbruchquerschnitt			103,06	m ²	Stärke
	Übermaß		3,60		0,10
			106,66		
Umfang					
	Außenschale		36,00	m	0,28
	Abdichtung		35,73	m	0,03
	Innenschale		35,30	m	0,40
Gewölbe					
	oben		10,00	m	
	unten		11,00	m	0,81

Lohnkosten und Baustellengemeinkosten



Anlage 2
 09.09.2015

Gewölbequerschnitt mit geschlossener Sohle

Kolonnenstunden Innenschale			
Anzahl	Aufgabe	h	h/AT
1	Kol.Führer	9	2
5	Betonbauer	8	40
6	Mann/ Kolonne		42
2	Kolonnen		84

Kolonnenstunden Vortrieb			
Anzahl	Aufgabe	h	h/AT
1	Kol.Führer	9	2
1	Yumbo Fahrer	8	8
1	Bagger Fahrer	8	8
1	Lader Fahrer	8	8
2	Bew. + Bögen	8	16
1	Spritzen	8	8
1	Springer	8	8
8	Mann/ Kolonne		58
3	Kolonnen		174

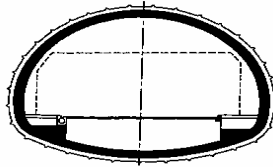
Lohnkosten		€/mon	
22	d		
1	Röhre		
1.848	h		
	Mittellohn	35,00 €	64.680,00 €
264	Übernachtungen	7,00 €	1.848,00 €
1.848	Mittellohn	35,00 €	66.528 €

Lohnkosten		€/mon	
30	d		
1	Vortriebe		
5.220	h		
	Mittellohn	32,50 €	169.650 €
720	Übernachtungen=D	7,00 €	5.040 €
			174.690 €

Baustellengemeinkosten Innenschale			/mon
1	Sekretärin	4.500 €	4.500 €
0,5	Oberbauleiter	13.000 €	6.500 €
1	Projektleiter	10.000 €	10.000 €
0,6	Kaufmann	7.000 €	4.200 €
1	Abrechner	8.000 €	8.000 €
0,2	Vermesser	8.000 €	1.600 €
1	Laborant	6.000 €	6.000 €
1	Bauleiter	9.500 €	9.500 €
1	Polier	10.000 €	10.000 €
7,3	Bauleitungskosten		60.300 €
	BE Gerätekosten		50.000 €
	BE Betriebskosten		20.000 €
	Baustellengemeinkosten		130.300 €

Baustellengemeinkosten Vortrieb			/mon
1	Sekretärin	4.500 €	4.500 €
0,5	Oberbauleiter	13.000 €	6.500 €
1	Projektleiter	10.000 €	10.000 €
1	Kaufmann	7.000 €	7.000 €
1	Abrechner	8.000 €	8.000 €
1	Vermesser	8.000 €	8.000 €
1	Laborant	6.000 €	6.000 €
1	Bauleiter	9.500 €	9.500 €
2	Poliere	10.000 €	20.000 €
0,3	Geologe	9.000 €	2.700 €
9,8	Bauleitungskosten		82.200 €
	BE Gerätekosten		60.000 €
	BE Betriebskosten		30.000 €
	Baustellengemeinkosten		172.200 €

Baustellengemeinkosten Ausbau			/mon
1	Sekretärin	4.500 €	4.500 €
0,2	Oberbauleiter	13.000 €	2.600 €
0,2	Projektleiter	10.000 €	2.000 €
0,6	Kaufmann	7.000 €	4.200 €
0,2	Abrechner	8.000 €	1.600 €
0,2	Vermesser	8.000 €	1.600 €
0,2	Laborant	6.000 €	1.200 €
1	Bauleiter	9.500 €	9.500 €
1	Poliere	10.000 €	10.000 €
4,6	Bauleitungskosten		37.200 €
	BE Gerätekosten		15.000 €
	BE Betriebskosten		12.000 €
	Baustellengemeinkosten		64.200 €



Anlage	3
	09.09.2015

Schichtbetrieb	3	8	Stunden
Einsatzdauer		30	Arbeitstage
Gestänge- und Werkzeugverschleiß		200	€/Schicht
Betriebsstoffe-Verbrauch		0,220	l/kWh
Betriebsstoffkosten		1,14 €	/l Diesel

Geräte-, Verschleiß- und Betriebsstoffkosten beim Vortrieb

	Gerät	pro Mon		Leistung kW
		Rep	A+V	
		lt. BGL 2007		
1	Vortriebsbohrwagen	4.290 €	6.950 €	
3	Arm	4.400 €	7.100 €	
3	Laffette	805 €	1.300 €	
3	Bohrhammer	1.500 €	2.430 €	
1	Zusatzausrüstung	1.200 €	2.400 €	
	Vortriebsbohrwagen	12.195 €	20.180 €	32.375 € 160
1	Ankerbohrgerät	4.400 €	7.100 €	
1	Arm	3.540 €	5.750 €	
1	Laffette	290 €	469 €	
1	Bohrhammer	1.500 €	2.430 €	
1	Zusatzausrüstung	1.000 €	2.000 €	
	Ankerbohrgerät	10.730 €	17.749 €	28.479 € 115
1	Spritzbeton-Manipulator	4.240 €	5.450 €	
1	Zusatzausrüstung	2.000 €	3.500 €	
	Spritzbeton-Manipulator	6.240 €	8.950 €	15.190 € 75
1	Arbeitsplattform	1.790 €	5.400 €	
1	Zusatzausrüstung	278 €	330 €	
	Arbeitsplattform	2.068 €	5.730 €	7.798 € 30
1	Tunnelbagger	13.100 €	16.000 €	
1	Zusatzausrüstung	2.940 €	3.600 €	
	Tunnelbagger	16.040 €	19.600 €	35.640 € 132
1	Tunnelradlader	9.350 €	13.600 €	
1	Zusatzausrüstung	200 €	350 €	
	Tunnelradlader	9.550 €	13.950 €	23.500 € 250
	Summen	56.823 €	86.159 €	762
	berücksichtigt mit	90%	50%	
	monatl. Gerätekosten			
	für eine Schicht	51.141 €	43.080 €	94.220 €
	für drei Schichten	102.281 €	86.159 €	188.440 €

Summe

188.440 €

monatl. Betriebsstoffkosten			
	1,14 € / l Diesel	Betriebsstunden h	
	0,220 l/kWh	/KT	/mon
installierte Geräteleistung	762 kW	24	720
Auslastungsgrad	50%		
kostenwirksame Geräteleistung	381 kW		
Diesel		2.293 €	68.799 €
Schmierstoffe	10,00%	229 €	6.880 €
Betriebsstoffkosten		2.523 €	75.679 €

75.679 €

monatl. Verschleißkosten			
für Bohrwerkzeuge und-gestänge	200,00 € / Schicht		3 Schichten
	30 KT		
	18.000,00 €		

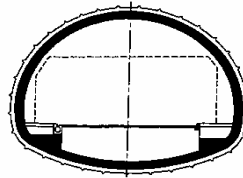
18.000 €

monatl. Kosten für Sprengmittel			
Sprengstoff	3 Abschläge	3	Schichten
	5 m/ Abschlag	30	KT
	45 m Vortrieb pro KT		
	50 Bohrungen/ Abschlag		
	0,50 kg/ Bohrungen	2.500 € /t	
	25,00 kg/ Abschlag		
	225,00 kg/ Schicht		
	6,75 t/Mon	16.875 €	
Zünder incl Sprengschüren	13.500 St		
	2.600 € /1000 Zünder	35.100 €	

51.975 €

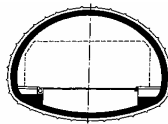
Summe der monatlichen Kosten für Geräte, Betriebsstoffe, Verschleiß und Sprengmittel

334.095 €



Massen für den Maulquerschnitt

Leistung	Menge	Maß	Faktor	Querschnitt	Stärke	Anzahl	Tunnellänge	Umfang	Breite	Höhe	Länge
Ausbruch				m ²	cm		m	m	m	m	m
Regelquerschnitt	120.526	m ³		107		1	1.130				
Übermaß	4.068	m ³				1	1.130	36,00			
Pannenbuchten	3.227	m ³		147		1					80
Kalottenfuß	226	m ³				1	1.130		0,4	0,5	
Fluchttreppenhaus	3.500	m ³				4			5	25	7
Summe Ausbruch	128.047	m³									
Rampen	32.400	m ³				2			15	6	180
offene Tunnel	54.000					1			15	9	400
Summe Aushub	86.400	m³									
feste Masse	214.447	m ³									
lose Masse	295.937	m ³	1,38								
Verfüllung außerhalb des Tunnels	27.200	m³				2			5	8	340
Außenschale Spritzbeton	11.187	m ³			27,5	1	1.130	36,00			
Übermaß	4.068	m ³									
Rückprall	4.577	m ³	30%								
Portale	432	m ³			20	2			60	18	
Summe lose Massen	300.513	m³									
Abbruch und Entsorgung	4.577	m³									
Summe Spritzbeton	15.255	m³									
Matten Bewehrung	610	t	40	kg/m ³							
Stützbögen	85	t	15	kg/m		1	1.130	10,00	2		5.650
Sichern										Abstände	
Radialanker	12.800	lfdm				8	400	16,00	2		4
voreilende Spieße	12.000	lfdm	1,5			20	400	8,00	0,4		
Vepressanker Portale	4.147	lfd m				2	16	0,12	60	18	
Bergwasser	165.786	m ³			4 l/s			480 KT			
Abdichtung	40.369	m ²	1			1	1.130	35,73			
Auflager Außenfugenband	6.297	m	0			1	1.130	35,73			10
Außenfugenbänder	6.297	m	Ring	4.037	m	1	1.130	35,73			10
			längs	2.260	m	2	1.130				
Sohldrainage verpressen	1.130	lfdm	1			1	1.130				
Elt-Leitungen	3.690	lfdm				3	1.130				100
Lutten	1.845	lfdm	1,5			1	1.130				100
prov. Entwässerungsleitungen	1.469	lfd m	1,3			1	1.130				
Entwässerungsbohrung	1.260	lfd m	50			3	350				60
Tunnelabdichtung	40.369	m ²	1			1	1.130	35,73			
Innenschale WU-Beton	31.907	m ³			40	2	1.130	35,30			
Pannenbuchten	424	m ³			10	1	120	35,30			
Portale	700	m ³			100	2			25	14	
Rampen	6.840	m ³			100	1			11	4	360
Fluchttreppenhäuser Wände	4.200	m ³			100	4			6	25	7
Sohle Decke Podeste Läufe	1.134	m ³			30	15			1		6
Tunnel in offener Bauweise	15.600	m ³			100		400		11	8,5	
Summe WU Beton	60.804	m³									
Bewehrung Konstruktionsbeton	6.688	t	110	kg/m ³							
Mittenfugenband	8.931	m	Ring	3.988	m	1	1.130	35,30			10
			längs	2.260	m	2	1.130				
			Blockfugen	2.682				760			10
Ablebung und Schutzbeton	4.400	m²						400	11		
Sohlverfüllung	8.475	m³				1	1.130		7,5	1	
Entwässerungsleitungen	1.356	lfd m	1,2			1	1.130				
Fahrbahn OPA	19.845	m²					1.890		10,5		
Beton Notgehweg	1.017	m³				2	1.130		1,8	0,25	
Betonstahl Notgehweg	142	t	140	kg/m ³							
Schlitzzrinne	1.220	m	1,08			1	1.130				
Grunderwerb	23.200	m²							20		1160
Vorlauf	30	KT									
Normalbetrieb Vortrieb	31	KT	30,0	m Vortriebsleistung		1	930				
Strecken mit gebrächem Gebirge	24	KT	16,8	m Vortriebsleistung			400				
Vortriebsstillstand	2	KT	3%	55	KT						
Unterbrechung Entwässerung	7	KT	1,0	d		1	400				60
Dauer Vortrieb	86	KT									
Blöcke	141	KT	4	Blöcke /KW		113	1.130				10
Rampen Rechteck Portale	231	KT	2	Blöcke /KW		66	660				10
Pannenbuchten	21	KT	7	KT		3					
Dauer Innenschale	393	KT									
Fahrbahnentwässerung	40	KT									
Straßenbau	30	KT									
Fahrbahnmarkierung	30	KT									
Ausstattung	240	KT									
Dauer Fahrbahn und Ausrüstung	340	KT									
Voreinschnitte	40	KT									
Dauer Vortrieb	86	KT				2,88	Monate		0,29	Jahre	
Dauer Innenschale	393	KT				13,11	Monate		1,31	Jahre	
Dauer Fahrbahn und Ausrüstung	340	KT				11,33	Monate		1,13	Jahre	
Gesamtbauteit	860	KT				28,66	Monate		2,87	Jahre	



**Kosten
Untertunnelung**

**Anlage 5
09.09.2015**

Einzelkosten der Teilleistungen				EP ohne Ust.	GP ohne Ust.	
Bagger-, Sprengvortrieb		Lohnkosten Vortrieb	2,88	Mon	174.690 €	503.421 €
Geräte- Betriebsstoff- Verschleiß- und Sprengstoffkosten im Vortrieb			2,88	Mon	334.095 €	962.792 €
						1.466.213 €
Untertage Ausbruch		Lösen	128.047	m³	11,45 €	1.466.213 €
Untertage Ausbruch		Laden	128.047	m³	2,50 €	320.118 €
Übertage Aushub		Lösen und Laden	86.400	m³	4,50 €	388.800 €
Zwischenlager	Fahren,kippen, vedichten,lösen und laden		150.257	m³	9,50 €	1.427.438 €
Endlager	Fahren		300.513	m³	7,00 €	2.103.594 €
	Kippen und verdichten		300.513	m³	1,00 €	300.513 €
Verfüllung	außerhalb des Tunnels		27.200	m³	28,00 €	761.600 €
		Summe Bodenbewegung				6.768.276 €
Außenschale	Spritzbeton		15.255	m³	70,00 €	1.067.850 €
	Matten Bewehrung		610	t	550,00 €	335.610 €
	Stützbögen		85	t	850,00 €	72.038 €
	Abbruch und Entsorgung		4.577	m³	25,00 €	114.413 €
		Summe Außenschale				1.589.910 €
Sichern	Radialanker		12.800	lfd m	20,00 €	256.000 €
	voreilende Spieße		12.000	lfd m	20,00 €	240.000 €
	Vepressanker Portale		4.147	lfd m	70,00 €	290.304 €
		Summe der provisorischen Sicherungen				786.304 €
Lüften und Leuchten	Ventilatoranlagen		1	St		350.000 €
	Elt-Leitungen		3.690	lfd m	35,00 €	129.150 €
	Lutten		1.130	lfd m	220,00 €	248.600 €
		Summe für Lüften und Leuchten während der Bauarbeiten				727.750 €
Bergwasser	Neutralisieren		165.786	m³	0,40 €	66.314 €
	Anlagen		2	St	130.000,00 €	260.000 €
		Summe für Wasserbehandlung während Vortrieb und Innenschale				326.314 €
Entwässern	prov. Entwässerungsleitungen		1.469	lfd m	60,00 €	88.140 €
	Entwässerungsbohrungen		1.260	m	45,00 €	56.700 €
	Verdämmen		2	Stk	30.000,00 €	60.000 €
		Summe Entwässerung während Vortrieb und Innenschale				204.840 €
Tunnelabdichtung	KDB Bahnen		40.369	m²	40,00 €	1.614.770 €
	Auflager Außenfugenband		6.297	lfd m	30,00 €	188.908 €
	Außenfugenbänder		6.297	lfd m	45,00 €	283.362 €
	Gerüst		1	St	100.000,00 €	100.000 €
Abklebung offene Bauweise			4.400	m²	85,00 €	374.000 €
		Summe Abdichtung				2.561.039 €
WU Beton	Mischanlage		1	St		250.000 €
	Beton	Material	60.804	m³	55,00 €	3.344.232 €
	Schalung	Lohn	11	Mon	66.528 €	705.197 €
		Material	31.200	m²	9,50 €	296.400 €
	Bewehrung	Material- und Lohnkosten	6.688	t	700,00 €	4.681.925 €
	Gerüstwagen für Bewehrung		2	Stk	100.000,00 €	200.000 €
	Schalwagen		2	Stk	250.000,00 €	500.000 €
	Gerüste für Nachbehandlung		2	Stk	80.000,00 €	160.000 €
	Mittenfugenbänder		8.931	lfd m	50,00 €	446.538 €
		Summe WU Beton				10.584.292 €
Querungen	Querung der Bahntrasse, Zulage					1.200.000 €
	Querung der Weschnitz, Zulage					250.000 €
		Summe der Querungen				1.450.000 €
Strasse	Sohlverfüllung im Tunnel		8.475	m³	36,00 €	305.100 €
	Entwässerungsleitungen		1.356	lfd m	300,00 €	406.800 €
	Beton Notgehweg		1.017	m³	85,00 €	86.445 €
	Betonstahl Notgehweg		142	t	700,00 €	99.666 €
	Schlitzrinne		1.220	m	300,00 €	366.120 €
	Strassenunterbau		19.845	m²	50,00 €	992.250 €
	Fahrbahndecke, offenporiger Asphalt		19.845	m²	65,00 €	1.289.925 €
		Summe Straße				3.546.306 €
	Rohbau Betriebsgebäude		2	St	450.000,00 €	900.000 €
	Leit- und Sicherheitsausrüstung		1.130	lfdm	5.500,00 €	6.215.000 €
		Tunnelausstattung				7.115.000 €
Zwischensumme der EKT						35.660.031 €
	Baustrassen, Betriebsflächen, Wasser-, Abwasser-, Stromanschlüsse, Transporte					800.000 €
	Baubüros, Tagesunterkünfte, Kantine, Wohnlager					400.000 €
	Baustellengemeinkosten Vortrieb		2,9	Mon	172.200 €	496.245 €
	Baustellengemeinkosten Innenschale		13,1	Mon	130.300 €	1.708.016 €
	Baustellengemeinkosten Fahrbahn und Ausrüstung		11,3	Mon	64.200 €	727.600 €
	Baustelleneinrichtung und Gemeinkosten		27,3	Mon		4.531.861 €
Zwischensumme der EKT plus BE plus BGK						40.191.892 €
	Ausführungsplanung		4	%		1.607.676 €
	Qualitätssicherung, Messungen		1	%		401.919 €
	Nacharbeiten Gewährleistung		3	%	23.806.637 €	714.199 €
	nicht erfasst Leistungen		4	%		1.607.676 €
		Summe der allgemeinen Zuschläge				4.331.469 €
Herstellkosten						44.523.361 €
	Allgemeine Geschäftskosten		8	%		3.561.869 €
	Wagnis und Gewinn		4	%		1.780.934 €
Baupreis			27.101	m		49.866.164 €
Bauherrnkosten		Bauaufsicht	1	%	49.866.164 €	498.662 €
		Gutachten				400.000 €
		Grunderwerb	23.200	m²	30 €	696.000 €
		Summe Bauherrnkosten				1.594.662 €
Baukosten für den AG	1.840	27.968	m	€ ohne Ust.		51.460.826 €
	m	Umsatzsteuer	19	% Ust.		9.777.557 €
				€ incl. Ust.		61.238.383 €