



## Forschung am Lehrstuhl TLB – Projektkurzdarstellung

### Research at the Institute for Tunneling and Construction Management– Project Description

#### Name des Projekts / Name of the project::

**Verfahren für Kostenansätze von Straßentunnel**

**Method for costing of road tunnels**

#### Ansprechpartner / Contact persons:

Peter Hoffmann, M.Eng., [peter.hoffmann-tlb@rub.de](mailto:peter.hoffmann-tlb@rub.de), Tel.: +49 234/32-26095

#### Laufzeit / Duration::

05.2016 – 06.2019

#### Gefördert durch die / Supported by:



#### Projektpartner / Collaboration:



#### Kurzdarstellung / Project description:

Die Kostenermittlung von Tunnelbauwerken unterliegt zahlreichen Unsicherheiten, aus denen Abweichungen zwischen den geplanten und den festgestellten Kosten resultieren können. Derzeit existiert kein aktuelles Modell zur Kosten-schätzung eines Tunnelbauwerks. In diesem Forschungsvorhabens FE 15.0577/2012/FRB „Verfahren für Kostenansätze von Straßentunnel“, welches durch die BAST beauftragt und durch das BMVI begleitet wurde, untersuchte der Lehrstuhl für Tunnelbau, Leitungsbau und Baubetrieb der Ruhr-Universität Bochum, unterstützt durch die Ingenieurbüros Schüssler-Plan und BUNG, die Kostenentwicklung in den einzelnen Phasen von Straßentunnelprojekten der jüngeren Zeit. Neben einer Analyse der baubegleitenden Risiken wurden aus der Vielzahl der Daten ein stochastisches, softwaregestütztes

The cost estimation of tunnel construction is subject to numerous uncertainties that can result in deviations between the predicted and real costs. There is no up-to-date model to estimate the costs of a tunnel structure. The research project FE 15.0577/2012/FRB "Verfahren für Kostenansätze von Straßentunnel" was commissioned by BAST, accompanied by the BMVI and conducted by the Institute for Tunneling and Construction Management of the Ruhr-University Bochum, supported by the engineering offices Schüssler-Plan and BUNG, with the aim to develop such a model.

To obtain a data basis for the model creation, the cost development was investigated within the design and construction phases of road tunnel projects recently completed in Germany. Using

Rechenmodell entwickelt, mit dem künftige Kostenschätzungen und -berechnungen exakter durchgeführt werden können.

### 1. Untersuchungskonzept

Im Rahmen der Untersuchungen wurde zunächst ein Blick auf die Entstehung von Kostensteigerungen in den einzelnen Projektphasen geworfen sowie die zu untersuchenden Dokumente von 17 Straßentunnelprojekte ermittelt (Abb. 1). In einem weiteren Schritt wurden Basisvarianten sowie neue einheitliche Kostenstrukturen, in Anlehnung an die E-RABT 2016 [1], die RABT 2006 [2] i. V. m. der ZTV-ING Teil 5 [3], entwickelt. Dies ermöglichte eine projektübergreifende Analyse und war für ein allgemein einsetzbares Tool zur Prognose der Projektkosten notwendig. Vor der eigentlichen Entwicklung der Modelle und Tools wurden Vorab-Analysen durchgeführt. Zuerst wurden die wesentlichen Preisdifferenzen in den Bieterpreisen sowie die Bandbreiten der Bieterpreise für eine anschließende zielgerichtete Datenauswertung analysiert und ausgewertet. Anschließend wurde für alle Projekte die Kostensteigerung über den Projektverlauf analysiert und berechnet. Die Ergebnisse der Vorab-Analysen gingen zur Berechnung des wirtschaftlichsten Preises und des Preises einschließlich Risiko, als Kostensteigerung, in die Berechnungen des entwickelten Kostenberechnungs-Tools ein.

the large amount of data, a software-supported calculation model was developed, which stochastically considers construction-related risks. The model allow to conduct future cost estimates more precisely.

### 1. Research concept

First, the individual project phases and the design documents of 17 road tunnel projects to be investigated were determined (Fig. 1) based on the emergence of cost increases. In a further step, basic variants and new uniform cost structures were developed, based on E-RABT 2016[1], RABT 2006[2] in conjunction with ZTV-ING Part 5 [3]. On a one hand, this enabled a cross-project analysis and on the other hand, it was necessary for a generally applicable tool for forecasting project costs.

Preliminary analyses of costs were carried out before the actual development of the models and tools. The main price differences in the bid costs ranges were analysed and evaluated for subsequent targeted data evaluation. Subsequently, the cost increase over the course of the project completion was analysed and calculated for all projects. The results of the preliminary analyses were incorporated into the calculations of the developed cost prediction tool in order to calculate the most economical price taking into account the possible risk included in the price.

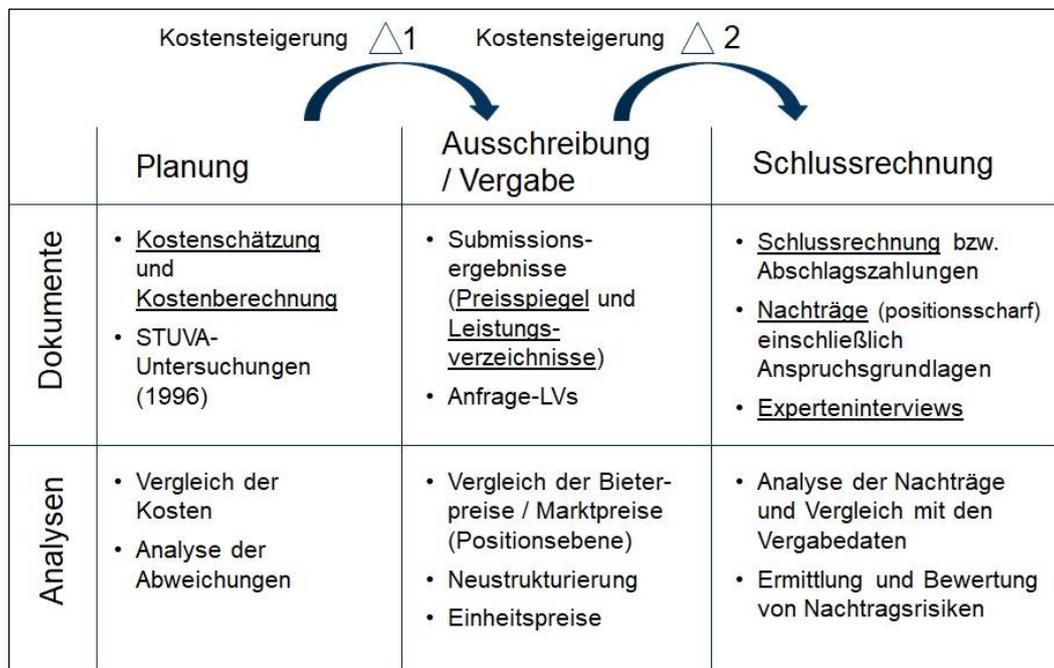


Abb. 1: Struktur der Kostenanalyse

Fig. 1: Structure of Cost Analysis

## 2. Untersuchungsergebnis

Im Rahmen der Untersuchungen wurden Hilfsmittel zur Kostenprognose, jeweils für die geschlossene und die offene Bauweise sowie für die betriebstechnische Ausstattung als Berechnungs-Tools entwickelt. Diese wurden um ein Risiko- und ein Lebenszykluskosten-Tool ergänzt.

Die ersten entwickelten Hilfsmittel sind Kostendiagramme, welche zur groben Bestimmung eines ersten Kostenrahmens eingesetzt werden können. Diese ermöglichen in Abhängigkeit der Bauweise, des Regelquerschnitts, der Tunnellänge und einer Einstufung nach Schwierigkeitsgraden die Abschätzung eines ersten groben Rohbaupreises des reinen Tunnelbauwerks als Nettopreis. Im Rahmen einer ersten Validierung wurde eine Genauigkeit von in etwa  $\pm 40\%$ , bezogen auf das Submissionsergebnis, ermittelt.

Die zweite Entwicklung sind Kostenschätz-Tools, welche für eine erste grobe Kostenschät-

## 2. Results

The tools for cost prognosis were developed separately for the cut-and-cover and mixed excavation methods as well as for the operational equipment. These were supplemented by a risk and a life cycle cost tool.

The first tools developed are cost diagrams that can be used to roughly determine an initial cost framework. The cost diagrams allow an estimate of the first price of the pure tunnel structure as net price depending on the construction method, the standard cross-section, the tunnel length and a classification according to degrees of difficulty. An accuracy of approximately  $\pm 40\%$  was determined within the scope of an initial validation, based on the awarded contracts.

The second part is represented by a cost estimation tool. The tool can be used for a first rough cost estimate. The tool is based on Excel and allows a more detailed calculation of the tunnel costs (net) compared to the cost diagrams. An

zung eingesetzt werden können. Das Tool basiert auf Excel und ermöglicht im Vergleich zu den Kostendiagrammen eine etwas detailliertere Berechnung der Tunnelrohbauposten (Netto). Im Rahmen einer ersten Validierung wurde eine Genauigkeit von in etwa  $\pm 25\%$ , bezogen auf das Submissionsergebnis, ermittelt.

Die dritte Entwicklung sind Kostenberechnungstools, welche auf Basis der Angaben aus einer Machbarkeitsstudie angewendet werden können. In diesem Tool sind jegliche analysierten Daten (Nettopreise der einzelnen Bieter) hinterlegt und werden automatisch statistisch ausgewertet. Eine zukünftige Ergänzung des Tools durch weitere Daten ist möglich und aufgrund der sich stetig ändernden Marktsituation sinnvoll. Als Ergebnis erhält der Anwender den häufigsten Preis (Netto) als Wert und als Häufigkeitsverteilung. Zudem kann der voraussichtliche wirtschaftlichste Preis sowie ein Preis einschließlich eines Risikozuschlags angezeigt werden. Im Rahmen einer ersten Validierung konnte eine Genauigkeit von  $\pm 3\%$  erreicht werden. Die in nachfolgender Abb. 2 dargestellte Häufigkeitsverteilung zeigt exemplarisch das Ergebnis. Die angegebenen Genauigkeiten basieren auf einer ersten Validierung anhand eines Projekts mit einem Regelquerschnitt 10,5 T (11t) (RABT 2006 (2016)).

accuracy of approximately  $\pm 25\%$  was determined in the course of an initial validation, based on the awarded contracts.

The third developed tool can be applied for cost prediction based on the information from a feasibility study. In this tool, all analysed data (net prices of the individual bidders) are stored and are automatically statistically evaluated. A future addition of further data to the tool is possible and sensible due to the constantly changing market situation. As a result, the user receives the most frequent price (net) as a value and as a frequency distribution. In addition, the most economical price to be expected and a price including a risk premium can be displayed. Within the scope of an initial validation, an accuracy of  $\pm 3\%$  was achieved. The frequency distribution shown in Fig. 2 below is an example of the result. The stated accuracies are based on a first validation conducted on a project with a standard cross section of 10.5 T (11t) (RABT 2006 (2016)).

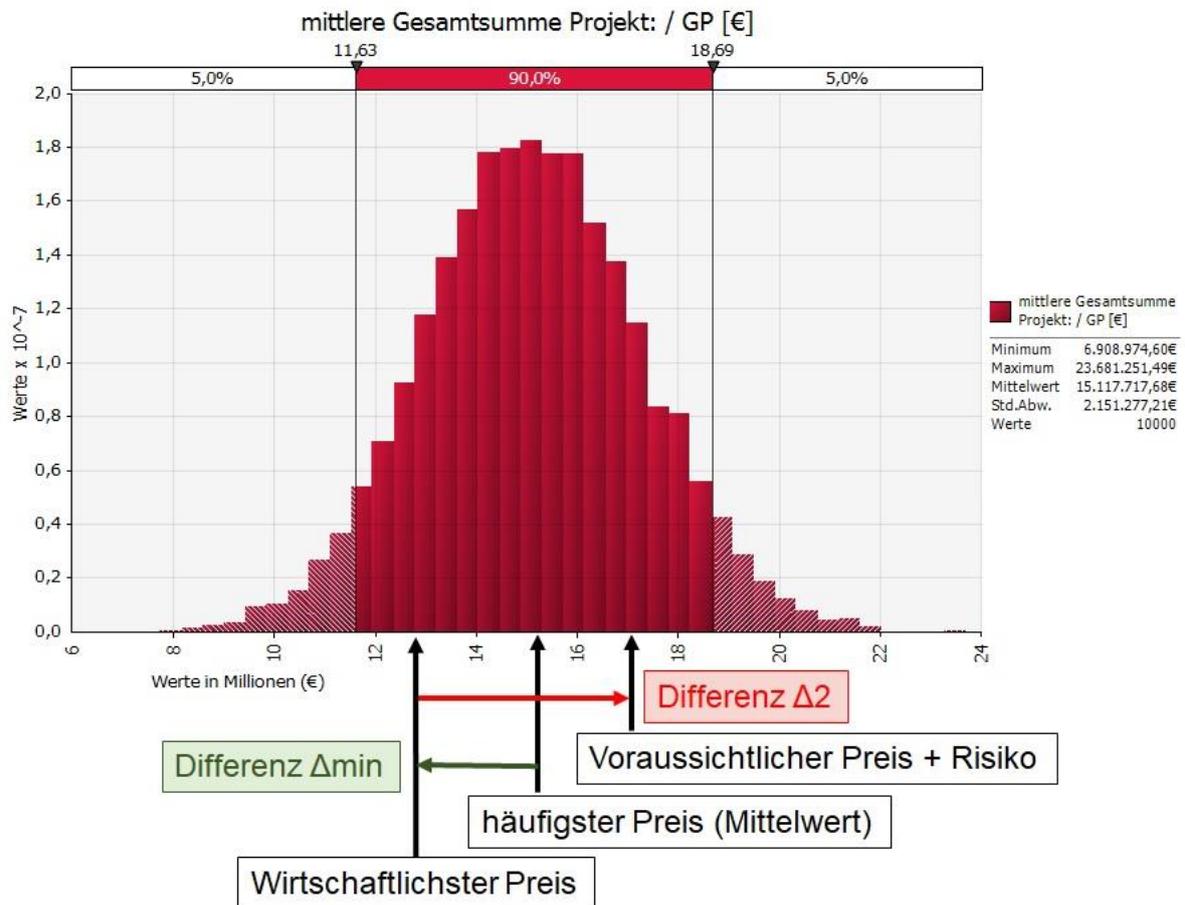


Abb. 2: Vorgehen zur Optimierung der Wartungsstrategie  
Fig. 2: Result of the calculation tool as frequency distribution

### Projektstatus:

Das Projekt befindet sich in der Ausführungsphase.

### Project status:

The project is ongoing

### Literaturverzeichnis/References

- [1] E-RABT 2016, Empfehlungen für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (Entwurf), Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). Köln, Entwurf 2016, noch nicht veröffentlicht.
- [2] RABT 2006, Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (RABT), Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV). Köln, Ausgabe 2006.
- [3] ZTV-ING Teil 5, Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten. Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Stand 2018/01.