

# MODELL ZUR PROJEKTKOSTEN- UND RISIKOABSCHÄTZUNG IM INFRASTRUKTURBAU MIT FOKUS TUNNELBAU

ANGEBOTSERSTELLUNG IM HINBLICK AUF KOSTENSICHERHEIT UND RISIKOMANAGEMENT

*Von Dipl.-Ing. Alexander Bender, Dipl.-Ing. Dr.techn. Kurt Hechenblaickner*

## INHALTSVERZEICHNIS

1 Ausgangssituation und Zieldefinition.....	122
2 Der eingeschlagene Weg zum Modell für den Bieter/AN .....	123
3 Forschungsschwerpunkte.....	126
3.1 Bestandserhebung im Tunnelbau .....	128
3.2 Projektkosten und deren Einflüsse.....	129
3.3 Risikoidentifikation .....	129
3.4 Verknüpfung mit der Angebotskalkulation .....	130
3.5 Bewertung von Einzelrisiken .....	132
4 Zusammenfassung .....	133

## 1 AUSGANGSSITUATION UND ZIELDEFINITION

Infrastruktur schafft die notwendigen Verbindungen der modernen Gesellschaft. Mit zunehmendem Wohlstand wird auch der Anspruch an die Infrastruktur immer größer. Das Wachstum urbaner Gebiete verlangt stetig nach Schaffung neuer effizienter Verbindungen im bereits bebauten Gebiet. Die Überlandverbindungen sorgen für schnelles, komfortables und – zunehmend wichtiger werdendes – ökonomisches Reisen mit öffentlichen Verkehrsmitteln. Doch auch dem motorisierten Individualverkehr wird im Zuge neuer Straßenbauten, vor allem in Flächen-Bundesländern, seine bedeutende Rolle nicht aberkannt. In der Energiegewinnung wird primär auf erneuerbare Energieträger gesetzt, in Österreich ist dabei noch großes Potential bei der Wasserkraft in alpinen Gebieten vorhanden. Heute wird bei neuen Projekten ein großer Teil dieser Bauten, sei es aus topografischen, gestalterischen oder platztechnischen Gründen, in den Untergrund verlegt. Aus der traditionsreichen Disziplin des Tunnelbaus entwickelt sich zunehmend ein innovationstreibendes Kernelement moderner Infrastruktur, ohne welches viele Projekte schlichtweg nicht in einem annehmbaren Maß realisierbar wären. Im kostenintensiven Tunnelbau sind die Projektvolumina meist hoch bemessen. Für Unternehmen gehen mit solch großen Bauprojekten oft große Risiken einher, welche schon in der Angebotslegung entsprechend berücksichtigt werden müssen.

Die Entwicklung eines anwenderfreundlichen Modells zur Projektkosten- und Risikoabschätzung für den Bieter im Zuge der Angebotsbearbeitung ist das Ziel der Forschungskoooperation zwischen Strabag SE – Unternehmensbereich International & Tunnelbau – und TU Wien – Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement. Im Rahmen der Zusammenarbeit widmet man sich den Prozessen rund um Risikoidentifikation, Risikoanalyse und Risikobewertung genauer. Dabei werden qualitative und quantitative Einflussfaktoren auf die Projektkosten im Tunnelbau erforscht. Aus den Ergebnissen sollen handhabbare Bewertungshilfen für den Angebotsprozess abgeleitet werden. Zuletzt müssen die erstellten Bewertungshilfen bei der, von der Strabag SE getätigten, Preiskommission im Rahmen der Angebotsfertigstellung einsetzbar sein, um die vorgenommene Risikobewertung zu verifizieren. Um ein entsprechendes Modell zu entwickeln, besteht reger Austausch zwischen den erfahrenen Experten der Strabag SE und der TU Wien.

## 2 DER EINGESCHLAGENE WEG ZUM MODELL FÜR DEN BIETER/AN

Die ÖGG (Österreichische Gesellschaft für Geomechanik) stellt mit der ÖGG – Richtlinie Kostenermittlung für Projekte der Verkehrsinfrastruktur [1] ein umfassendes Werk für die Ermittlung der Projektkosten unter Einbezug wesentlicher Projektrisiken aus Sicht des Auftraggebers (AG) zur Verfügung. Dabei setzen sich die Kosten, entsprechend der Abbildung 1, aus Basiskosten, Vorausvalorisierung, Gleitung und Risiko zusammen. Die prognostizierten Basiskosten erhält der AG aus dem bekannten Projektinhalt unter Berücksichtigung des Projektfortschritts. Die Vorausvalorisierung wird auf Grund langer Projektlaufzeiten von Infrastrukturbauten als Kostenstabilisator angesetzt. Sie berücksichtigt Marktpreisentwicklungen ab einem gewissen Stichtag. Im Gegensatz dazu berücksichtigen Wertanpassung und Gleitung Marktpreisentwicklungen bis zu einem definierten Stichtag. Zuletzt behandelt die Richtlinie den Kostenbestandteil Risiko ausführlich. Dabei wird zwischen identifizierten Risiken und Unbekanntem unterschieden. Identifizierte Risiken lassen sich im Zuge der Projektvorbereitung eruieren, bewerten und gegebenenfalls behandeln. Dies geschieht im Rahmen einer Risikoanalyse. Das Unbekannte setzt sich wiederum aus den Bestandteilen der nicht identifizierten Risiken, also jenen die

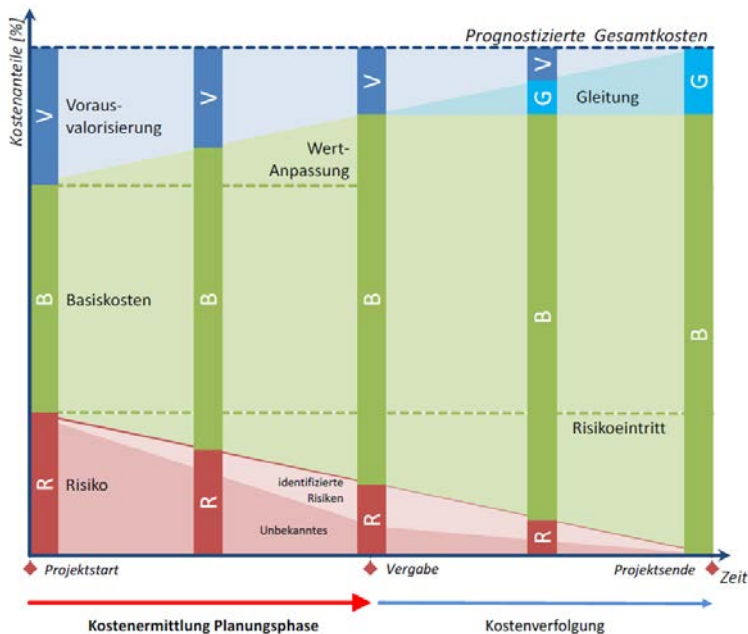


Abbildung 1: Darstellung der Anteile von Kostenbestandteilen an den Gesamtkosten unter fortschreitender Bauzeit [1]

zu einem Stichtag noch nicht bekannt sind aber im weiteren Projektlauf identifiziert werden können, und den nicht identifizierbaren Risiken zusammen. Nicht identifizierbare Risiken können schlichtweg nicht durch eine Risikoanalyse erhoben werden, sie zeigen sich erst unmittelbar beim Eintritt [1].

Für die Risikoabschätzung bietet die ÖGG-Richtlinie zwei wesentliche Verfahren, das Richtwertverfahren und das Verfahren mittels Einzelrisikobewertung. Beim Richtwertverfahren kann entsprechend dem Kenntnisstand und den ausgewiesenen Projektrahmenbedingungen (z.B. Baugrund) ein pauschaler Risikozuschlag einfach und schnell ermittelt werden. Ist dies dem AG zu ungenau, kann zusätzlich die Bewertung einzelner Risiken mit Hilfe des Verfahrens mit Einzelrisikobewertung erfolgen. Beginnend sind in einem Workshop einzelne Projektrisiken zu identifizieren. Dabei werden auch mögliche Szenarien und Auswirkungen skizziert. Anschließend erfolgt eine qualitative und, wenn möglich, quantitative Bewertung durch erfahrenes Personal. Nach der Bewertung können Maßnahmen zur Verminderung bzw. Vermeidung der Risiken erarbeitet werden. Entsprechende Maßnahmen werden dabei in die Basiskosten des Projekts überführt, da diese die Risiken vermindern und Bestandteil der auszuschreibenden Leistung sind. Da wiederum einige Risiken nicht identifizierbar bleiben, muss ein Zuschlag für Unbekanntes berücksichtigt werden [1].

Dem AG steht mit der erläuterten Richtlinie eine über den gesamten Projektverlauf durchgängige Möglichkeit zur Verfügung, Risiken zu identifizieren, zu bewerten und zu behandeln bzw. nachzuverfolgen. Der Zeithorizont eines Bauprojekts ist auf Unternehmerseite knapper bemessen. Was beim AG der Ausschreibungs- und Ausführungsphase entspricht, kann beim Bieter bzw. späteren Auftragnehmer (AN) als Projektbeschaffungs- und Projektausführungsphase angesehen werden. Für die Angebotserstellung des Bieters stehen bei Infrastrukturprojekten, im Zusammenhang mit meist öffentlichen Auftraggebern, eher knappe Angebotszeiträume zur Verfügung. Die Angebotsbearbeitung muss mit einem effizienten Risikomanagement einhergehen, um im Unternehmen keine unnötigen Ressourcen zu verschwenden. Der Prozess der Angebotskalkulation mit abgestimmtem Risikomanagement soll nachfolgend beispielhaft dargelegt werden.

Schon bei der Selektion von Projekten wird eine Einschätzung von Risiken und Chancen durchgeführt. Speziell zu betrachten sind dabei bisherige Erfahrungen mit dem AG, wirtschaftliches und rechtliches Umfeld im Projektgebiet,

politische Situation, Vertrag, Projektfinanzierung, Komplexität des Projekts, spezielle Anforderungen, Projektgröße und Baudauer sowie dafür aufzuwendende Ressourcen. Sollten dabei keine KO-Risiken identifiziert werden, kann eine Angebotsbearbeitung eingeleitet werden. Dabei gilt es neben der Erstellung einer Angebotskalkulation auch weitere wichtige Bearbeitungsschritte zu tätigen, welche immer mit der Identifikation von Risiken und Chancen verbunden sind. Dazu zählen unter anderem [2]:

- Vertragsanalyse und Ortsbesichtigung
- Prüfung auf Vollständigkeit der Unterlagen
- Prüfung des Auftraggebers und Festlegung einer Angebotsstrategie
- Erfahrungen aus ähnlichen Projekten
- Planungsleistungen bei Design & Build-Aufträgen
- Absicherungen
- Planung/Erstellung von Baustellenorganisation, Bauzeitplanung, technische Konzepte und Arbeitsvorbereitung
- Gegebenenfalls ressourcen- oder risikobedingte Gründung von Arbeitsgemeinschaften
- Darstellung der identifizierten Chancen und Risiken

Die Bewertung von Risiken und Chancen ist anschließend vorzunehmen. Als Ergebnis muss eine handhabbare quantitative Einschätzung der Risikokosten vorliegen, welche in die Angebotskalkulation eingearbeitet wird. Risiken und Chancen, die nicht in Zahlen fassbar sind, dürfen keinesfalls verworfen werden, sondern sind mit strategischen Überlegungen bewältigbar zu machen. Beispielsweise können hierzu Maßnahmen zur Vermeidung definiert werden. In der unternehmensinternen Preiskommission folgt zuletzt die Erstellung der finalen Angebotskalkulation. Dabei werden alle identifizierten, qualitativ und quantitativ bewerteten Risiken nochmals diskutiert und gegebenenfalls für das endgültige Angebot angepasst [2]. Setzt der Bieter seine Risiken zu hoch an, so bleibt der Angebotspreis schlussendlich nicht mehr konkurrenzfähig. Demnach kann ein Auftrag nur lukriert werden, wenn das Angebot den wirtschaftlichen Voraussetzungen am Markt entspricht und besser als jenes der Mitbewerber ist.

Das Risikomanagement in der Projektbeschaffungsphase muss also einfach bleiben und darf im kostenintensiven Angebotsprozess nicht zu viele Ressourcen verbrauchen. Außerdem soll die Bewertung der Risiken und Chancen möglichst treffend sein, unter der Voraussetzung der Wirtschaftlichkeit. Es liegt dabei auf der Hand, dass im Zuge der Angebotsbearbeitung die wichtigsten 5 – 10 Einzelrisiken identifiziert und angemessen bewertet werden sollen. Für alle weiteren auftretenden Unvorhersehbarkeiten kann ein pauschaler Zuschlag, welcher anhand der Projektrahmenbedingungen, wie beispielsweise Baugrund, Land, Vertrag und Bauweise, zu wählen ist, angesetzt werden. Demnach würde man dabei dem Modell der ÖGG im Sinne einer zweigeteilten Bewertung mit dem Richtwertverfahren und dem Verfahren mit Einzelrisikobewertung folgen. In der Bauausführung sind die identifizierten Risiken nachzuverfolgen. Gegebenenfalls müssen dabei auch bekannte überarbeitet bzw. verworfen und neue identifiziert werden. Interessant ist dabei das Verhältnis zwischen identifizierten und tatsächlich auch eingetretenen Chancen und Risiken zu den nicht identifizierten. Auch die Höhe der Auswirkungen muss im Rahmen der Bauabwicklung ständig verfolgt werden. Aus den Erfahrungen der Bauabwicklung können wiederum Ansätze für kommende Projekte generiert werden.

### 3 FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

Da sich das Modell im gesamten technischen Prozesslauf eines Bauunternehmens bewegt und mit allen Bereichen vernetzt werden soll, sind auch die Forschungsschwerpunkte entsprechend ganzheitlich ausgelegt. Begonnen wird mit der Abbildung des aktuellen Prozesslaufes in einem ausführenden Unternehmen, welcher die Bestandteile Selektion, Angebotsbearbeitung, Preisbildung, Auftragseingang, Bauausführung, Projektabschluss und Rückkopplung beinhaltet. Dabei werden wesentliche Meilensteine im Risikomanagement selbst identifiziert. Einen Abgleich bietet anschließend die einschlägige ÖNORM ISO 31000 Risikomanagement – Leitlinien [3]. Darin werden *Grundsätze*, der *Prozess* und das *Rahmenwerk* für die Etablierung eines Risikomanagements behandelt. Die *Grundsätze* widmen sich dabei fundamentalen Prozessen in einer Institution, welche das Risikomanagement überhaupt erst möglich machen. Das *Rahmenwerk* definiert festzulegende Aufgaben zur Etablierung wie beispielsweise Gestaltung, Bewertung, Verbesserung und Integration in einem Unternehmen. Der *Prozess* selbst stellt demnach die eigentlichen Tätigkeiten der Risikohandhabung dar [3].

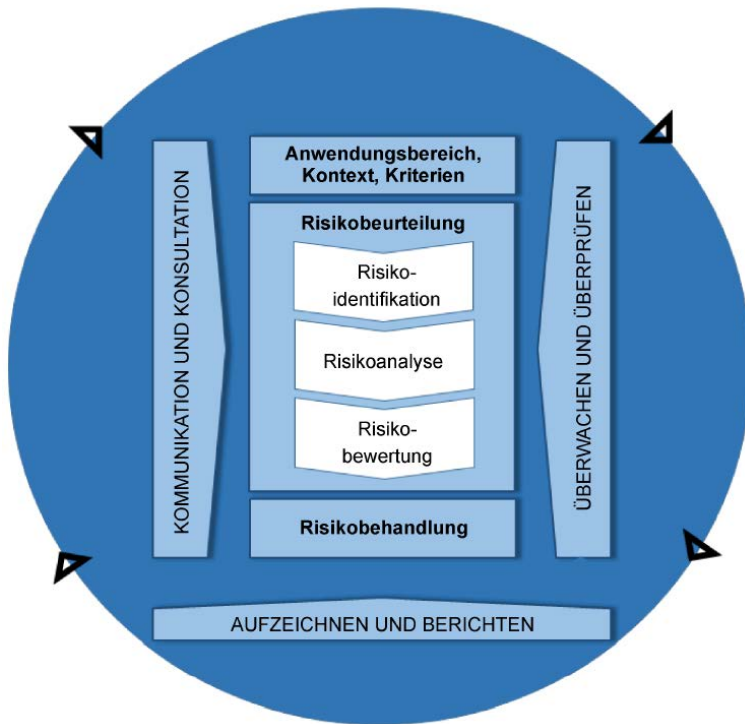


Abbildung 2: Prozess des Risikomanagements laut ÖNORM ISO 31000 [3]

Im Zentrum stehen dabei, wie aus Abbildung 2 hervorgeht, die folgenden Tätigkeiten:

1. Risikoidentifikation
2. Risikoanalyse
3. Risikobewertung
4. Risikobehandlung

Diese Punkte werden in der gegenständlichen Forschungs Kooperation näher betrachtet. Das zu entwickelnde Modell vereinheitlicht anschließend die Ergebnisse der Forschungsleistung mit den Vorgaben aus der Norm und schafft dadurch ein durchgängiges System. In den folgenden Abschnitten werden die bisherigen Analysen erläutert. Dabei stützt man sich auch auf die Erstellung facheinschlägiger Diplomarbeiten. Unter anderem werden für Analysen in Diplomarbeiten Daten der Strabag SE von bereits abgewickelten Projekten verwendet.

### 3.1 BESTANDSERHEBUNG IM TUNNELBAU

Die Bestandserhebung beschäftigt sich mit den Interessen der Auftraggeber und Auftragnehmer im nationalen und internationalen Tunnelbau. Die Interessen der AG liegen meist in einer kosten- und termingetreuen partnerschaftlichen Projektabwicklung. Außerdem soll das optimale Produkt für die geforderte Leistung erstellt werden, dazu können etablierte AN oft aus bisherigen Erfahrungen eine Hilfestellung abgeben. Für Auftragnehmer sind Kenntnis der Projektrisiken, die Reduktion des Billigstbieterprinzips und damit des Preises sowie frühzeitige Know-how-Einbringung von zentraler Bedeutung. Wesentliches Kernelement der Bestandserhebung ist dabei die vertragliche Bindung der beiden Parteien zueinander. Die sich aus der gewählten Vertragsform ergebende Sphärenzuordnung allfälliger Projektrisiken soll eingehend analysiert werden.

Näher beleuchtet werden dabei von Schoiswohl in seiner aktuell in Bearbeitung stehenden Diplomarbeit *Vertragsmodelle im Tunnelbau: Das ÖNORM Modell und das „Emerald Book“ der FIDIC im Vergleich* [4] die einschlägigen österreichischen Normen und das *Emerald Book*. Das Vertragsmodell in Österreich umfasst dabei den Verbund aus der *ÖNORM B 2118* [5], die beiden tunnelbauspezifischen Werkvertragsnormen *ÖNORM B 2203-1* [6] und *ÖNORM B 2203-2* [7] sowie die beiden *ÖGG-Richtlinien für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit zyklischem Vortrieb* [8] bzw. *kontinuierlichen Vortrieb* [9]. Diese Werke sind als einander ergänzend anzusehen, dementsprechend muss die Analyse der Sphärenzuordnung von AG und AN auch aus diesem Blickwinkel betrachtet werden. Dem nationalen Modell steht bei internationalen Tunnelbauverträgen mit dem *Emerald Book* der FIDIC ein einziges Vertragswerk gegenüber. Dieses jüngst erschienene FIDIC-Buch ist speziell auf Tunnelbauarbeiten ausgelegt und liefert neben einer definierten Risikosphärenzuordnung auch eine Berechnung der Bauzeit im SOLL und IST. Dabei dient der Geotechnical Baseline Report (GBR) als Grundlage. Aus den Analysen können Gemeinsamkeiten bzw. Unterschiede in der Risikoaufteilung und bei Bauzeitabweichungen aufgezeigt werden.

Ein drittes Vertragsmodell, welches es im Rahmen der Modellentwicklung genauer zu betrachten gilt, ist das Allianzmodell. In Österreich wird mit dem Alpenkraftwerk Kühltal bereits das zweite Tunnelbauprojekt in Form eines Allianzvertrages abgewickelt, welcher auf gemeinsamer Projektverantwortung, gemeinsamer Risikotragung und gemeinsamen Projekterfolg (Tragen von



Gewinn und Verlust) beruht. Auch hier sollen die Risiken im Laufe der Forschungskoope-ration für AG und AN analysiert werden. Aus den drei beleuchteten Vertragsformen werden anschließend die vertraglichen Risiken für die Modellbildung herangezogen.

### 3.2 PROJEKTKOSTEN UND DEREN EINFLÜSSE

Neben den vertraglichen Risiken müssen in der Angebotsphase terminliche, technische und finanzielle Risiken sowie Risiken des Managements und des Projektumfeldes berücksichtigt werden. Jegliche Umstände in Verbindung mit Risiken und Chancen schlagen sich dabei im Angebot nieder. Für den Bieter gilt es dabei die wesentlichen Risiken und Chancen während seiner Angebotsbearbeitung zu identifizieren, zu analysieren und im Angebot zu bewerten. Doch nicht nur der Einbezug von Unsicherheiten führt zu Unschärfen im Angebotspreis. Beginnt man bei einer Nullkalkulation des Bieters, so lässt sich feststellen, dass allein die Variation von beispielsweise Leistungswerten, Preisen oder Mengen schon erheblichen Einfluss auf den Angebotspreis nimmt, und damit ein Risiko birgt. Um der Kostensicherheit des ausführenden Unternehmens entgegenzukommen, wird es daher wichtig, Variationen mit den wesentlichen Werten eines vorgegebenen bzw. selbst erstellten Leistungsverzeichnisses anzustellen. Damit können Bandbreiten für den Angebotspreis aufgestellt werden. Der Bieter wird fähig, seinen Angebotspreis mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit zu verifizieren. Damit dieser Prozess nicht in unzulässigen Aufwand ausartet, werden im Rahmen der Forschungskoope-ration jene Leistungen identifiziert, deren Variation einen erheblichen Einfluss auf den Angebotspreis haben. Dabei zu beachten ist vor allem die im Tunnelbau übliche Variation der Vortriebsklassen vom Bau-SOLL zum Bau-IST.

### 3.3 RISIKOIDENTIFIKATION

Die Risikoidentifikation nimmt bei Bauprojekten auf Grund der Herstellung von Unikaten gewissermaßen eine Sonderstellung ein. In der Angebotsphase müssen sämtliche Risiken bestmöglich identifiziert und adäquat bewertet werden. Im Angebotspreis schlägt sich diese Bewertung anschließend nieder, jedoch unter der Voraussetzung der Konkurrenzfähigkeit zu anderen Bietern. Doch nicht nur in der Angebotsphase müssen Risiken und Chancen identifiziert werden, sondern eben auch in der Ausführungsphase. Vor allem beim

Tunnelbau zählt der Baugrund dabei als einer der Hauptrisikofaktoren. So können sich Risiken mit laufend fortschreitendem Tunnelvortrieb kontinuierlich abbauen, andere aber bis zum Schluss erhalten bleiben und erst auf den letzten Vortriebsmetern schlagend werden. Hierzu benötigt man Anhaltspunkte über das Verhältnis von bereits in der Angebotsphase identifizierter Risiken und Chancen zu den erst im laufenden Vortrieb aufgekommenen. Außerdem ist zu eruieren, welche identifizierten Risiken und Chancen überhaupt, und wenn ja in welcher Höhe, eingetreten sind.

Ömer und Schulter beschäftigen sich in Ihrer aktuell in Bearbeitung stehenden Diplomarbeit *Kostenanalyse im Tunnelbau – Risikoidentifikation im Zuge einer fortgeschriebenen Arbeitskalkulation* [10] mit der oben erläuterten Thematik. Dabei wird die Arbeitskalkulation – genauer gesagt die meist monatlich erstellten Arbeitskalkulationen (AKn) – zur Analyse herangezogen. In der Fortschreibung der AK können bei der Betrachtung von AKn und AK(n+1) mitunter Sprünge in den Kostenarten ausfindig gemacht werden. Dies kann sich zum Beispiel aus dem schlagend werden eines Risikos oder einer Chance ergeben oder es wird ein neues Risiko identifiziert und in die Arbeitskalkulation mitaufgenommen. Die identifizierten Sprünge im AK-Verlauf müssen anschließend mit einer Projektdokumentation abgeglichen werden, um Aufschluss über das Ereignis zu bekommen. Dabei können beispielsweise Bautagesberichte oder die Dokumentationen aus dem Projektcontrolling herangezogen werden. Die erhobenen Daten sind sodann für zukünftige Projekte und deren Risikoidentifikation bzw. -bewertung nutzbar zu machen.

### 3.4 VERKNÜPFUNG MIT DER ANGEBOTSKALKULATION

Sind in der Angebotsphase die Risiken identifiziert, gilt es diese angemessen zu bewerten und in die Angebotskalkulation aufzunehmen. In der Forschungskooperation muss dabei dargelegt werden, wie dies für den Unternehmer am zielführendsten ist. Vorstellbar wäre an dieser Stelle, wie bereits in Kapitel 2 beschrieben, ein zweigeteiltes Verknüpfen von Risiken und Chancen im Angebot. Einzelrisiken, welche der unmittelbaren Bautätigkeit angelastet werden können, beispielsweise einer Vortriebsposition, sind in diese einzurechnen. Demnach werden im Angebotsprozess für den Tunnelbau charakteristische einzelne Risiken und Chancen erhoben, bewertet und in Einzelkosten der Leistungen, Baustellengemeinkosten oder Allgemeine Geschäftskosten einbezogen. Generelle Risiken und Chancen können sodann in den Zuschlag für

Wagnis einfließen. Hier zu nennen sind politische Situation, Markt oder Vertragsart. Ein Beispiel dafür gibt Abbildung 3. Dort werden zwei Varianten von Heatmaps veranschaulicht, welche sich jeweils auf Vertragsarten beziehen. Mittels vordefinierten Risikochecklisten und einer Punktebewertung der darin angeführten Risiken könnten sodann Bewertungen für wesentliche Projekteigenschaften einfach vorgenommen werden. In die Eigenschaften fließen zum Beispiel Fragestellungen betreffend Baugrund, marktwirtschaftliche Situation, politischen Situation, riskante Projekteigenschaften, Bauverfahren, technische Bedingungen, Qualität der Ausschreibungsunterlagen oder Umwelt mit ein. Anhand der sich ergebenden Punktebewertung könnte anschließend ein erster Prozentsatz für den Risikozuschlag ermittelt oder gegebenenfalls ein KO.-Kriterium festgestellt werden. So würde sich ein erster Anhaltspunkt zur Höhe des Risikozuschlages in der Angebotsphase ergeben, welcher gegebenenfalls im Rahmen der Preiskommission modifiziert wird. Eine Kernaufgabe der Forschungskooperation liegt in der Ermittlung und Verifizierung der Zuschlagssätze.

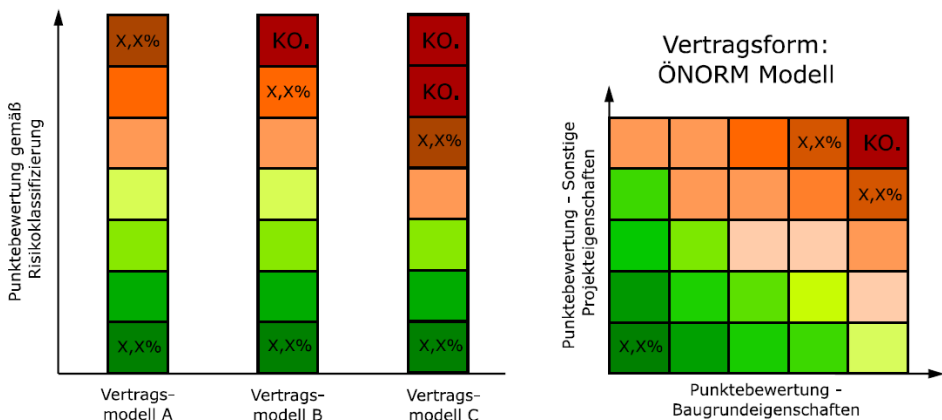


Abbildung 3: Beispielhafte allgemeine Risikozuschläge je nach Vertragsart (links: wenig detaillierte Möglichkeit, rechts: detaillierte Variante auf ein Vertragsmodell bezogen)

### 3.5 BEWERTUNG VON EINZELRISIKEN

Bei der Bewertung von Einzelrisiken sind aus Sicht der Autoren zwei Methoden zu untersuchen. Die Bewertung mittels deterministischer und probabilistischer Verfahren. Dabei ergeben sich wesentliche Fragestellungen wie folgt:

- Genauigkeit der Ergebnisse und Aussagekraft
- Berechnungsaufwand
- Kosten-Nutzen Verhältnis
- Einbindung in die Angebotskalkulation
- Nutzen für AN **und** AG bei Angebotsbewertung und Bauausführung

Erste Anhaltspunkte für die Ergebnisse beider Varianten liefert die Diplomarbeit von *Werner* mit dem Titel *Deterministische und probabilistische Risikobewertung bei komplexen Infrastrukturprojekten aus Sicht des Auftraggebers* [11]. Dabei wird anhand 18 für den innerstädtischen Tunnelbau charakteristischer Risiken eine Simulation zur Risikobewertung durchgeführt. Dies geschieht in deterministischer und probabilistischer Variante. Die einzelnen Risiken und Chancen sind dabei meist über eine Dreiecksverteilung definiert – sprich „Bester Fall“, „Erwarteter Fall“ und „Schlechtester Fall“ der monetären Auswirkung beim Schlagendwerden sowie der entsprechenden Eintrittswahrscheinlichkeit. Die erweiterte deterministische Berechnung liefert eine Risikobewertung in Form einzelner Werte für den besten, erwarteten und schlechtesten Fall. Die probabilistische Variante gibt eine Verteilung der Auswirkung mit entsprechender Unterschreitungswahrscheinlichkeit wieder. In Abbildung 4 erfolgt eine Aggregation der 18 Risiken und Chancen und eine Gegenüberstellung der beiden Berechnungsvarianten. Dabei ist ersichtlich, wie sich – anhand der definierten 18 Beispiel-Risiken und -Chancen – die drei deterministischen Werte in die probabilistische Berechnung einreihen [11].

Die probabilistische Verteilung liefert ein Spektrum an Auswirkungssummen mit entsprechender Unterschreitungswahrscheinlichkeit. Bei der deterministischen Berechnung steht dem gegenüber ein erwarteter Eintrittswert und gegebenenfalls die Erweiterung mit minimalem und maximalem deterministischem Wert. Welche Berechnungsvariante hierbei für den Bieter in der Angebotsphase am sinnvollsten ist, bedarf noch weiterer Evaluierung.



## LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Österreichische Gesellschaft für Geomechanik. ÖGG – *Richtlinie Kostenermittlung für Projekte der Verkehrsinfrastruktur – unter Berücksichtigung relevanter Projektrisiken*. Österreichische Gesellschaft für Geomechanik, 2016. 52 S.
- [2] Strabag SE. *Common Project Standards (CPS)*. Strabag SE – ZB Projektbezogenes Risikomanagementsystem/Organisationsentwicklung/Internationale BRVZ Koordination, 2019. 174 S.
- [3] ÖNORM ISO 31000: 2018-09-01 *Risikomanagement – Leitlinien*. Austrian Standards Institute. Wien.
- [4] D. Schoiswohl. *Vertragsmodelle im Tunnelbau: Das ÖNORM Modell und das „Emerald Book“ der FIDIC im Vergleich*. Diplomarbeit, TU Wien. unveröffentlicht.
- [5] ÖNORM B 2118: 2013-03-15. *ÖNORM B 2118: Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen unter Anwendung des Partnerschaftsmodells, insbesondere bei Großprojekten – Werkvertragsnorm*. Austrian Standards Institute. Wien.
- [6] ÖNORM B 2203-1: 2019-01-01. *ÖNORM B 2203-1: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 1: Zyklischer Vortrieb*. Austrian Standards Institute. Wien.
- [7] ÖNORM B 2203-2: 2021-04-28. *ÖNORM B 2203-2: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*. Austrian Standards Institute. Wien.
- [8] ÖGG. *Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit zyklischen Vortrieb*. Forschungsber. Österreichische Gesellschaft für Geomechanik, 2021. 66 S.
- [9] ÖGG. *Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit kontinuierlichem Vortrieb*. Forschungsber. Österreichische Gesellschaft für Geomechanik, 2014. 50 S.
- [10] M. Ömer, P. Schulter. *Kostenanalyse im Tunnelbau – Risikoidentifikation im Zuge einer fortgeschriebenen Arbeitskalkulation*. Diplomarbeit, TU Wien. Unveröffentlicht.
- [11] S. Werner. *Deterministische und probabilistische Risikobewertung bei komplexen Infrastrukturprojekten aus Sicht des Auftraggebers*. Diplomarbeit, TU Wien. 2021. S. 119