

# Bauherrenseitiges Projektkostencontrolling bei Großprojekten unter Verwendung probabilistischer Methoden

F. Gschösser, P. Sander, P. Lintner, A. Tautschnig, M. Entacher

**Zusammenfassung** Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit bauherrenseitigem Projektkostencontrolling (PKC) bei Großbauprojekten unter Zuhilfenahme probabilistischer Methoden. Das dargestellte PKC-Konzept ermöglicht robuste Gesamtkostenprognosen und eine kontinuierliche Überwachung des Projektbudgets während der Planungs- und Ausführungsphase. Das Konzept basiert auf der in der ÖGG-Richtlinie Kostenermittlung für Projekte der Verkehrsinfrastruktur vorgegebenen Gliederung der Gesamtkosten, welche für die zusätzliche Anwendung in der Ausführungsphase fortgeschrieben wird. Um Unschärfen in der Kostenprognose mit ausreichendem Informationsgehalt zu berücksichtigen, wird das PKC-System mit aktuellen probabilistischen Methoden der Kosten- und Risikoanalyse verknüpft.

Basierend auf den Erkenntnissen aus der praktischen Anwendung des erarbeiteten PKC-Konzepts wurde ein Leitfaden zur Gewinnung sowie zur zyklischen Aktualisierung von relevanten PKC-Daten erarbeitet. Die Anwendung des entwickelten Leitfadens wird anhand eines Beispielprojekts unter Zuhilfenahme der Kostencontrolling-Software RIAAT demonstriert.

Die Erfahrungen aus der Anwendung des PKC-Konzepts und des Leitfadens zeigen den Mehrwert der Berücksichtigung von Kosten für Risiken und Marktentwicklungen in Sinne einer robusten Gesamtkostenprognose sowie Budgetpolitik. Die Anwendung von probabilistischen Methoden zur Berücksichtigung von Unschärfen erhöht die Aussagekraft der ermittelten Ergebnisse. Die detaillierten Ausführungen sowie die klaren Abgrenzungen der Verantwortlichkeiten, welche der Leitfaden vorgibt, helfen Fehler zu vermeiden sowie die Durchführung des Projektkostencontrollings effektiver zu gestalten.

## Guideline for project cost control for large-scale projects using probabilistic methods

**Abstract** This paper focuses on cost control for large-scale construction projects from an owner's perspective. The demonstrated cost control system allows robust overall cost forecasts and continuous project budget monitoring during the planning and construction phase. The concept is based on the structure of overall cost as defined in the OeGG guideline for Cost Determination for Transportation Infrastructure Projects, which is extrapolated for additional use in the construction phase. In order to take appropriate account of uncertainties within the cost forecast, the PKC system is combined with up-to-date probabilistic cost and risk analysis methods.

Based on experiences from the practical application of the developed system a guideline for acquisition and periodical update of relevant project cost management data was developed.

The application of the developed guideline is demonstrated for a sample project using the risk and cost control software RIAAT.

The experiences gained from the application of the developed cost control system and guideline demonstrate the benefit of considering costs for risks and market developments regarding a robust cost forecast and budget policy. Consideration of uncertainties through the use of probabilistic methods increases the reliability of the determined results. Detailed instructions as well as a clear assignment of responsibilities within the developed guideline avoid possible errors and enable a more effective cost control.

## 1 Einleitung

Die Reformkommission Bau von Großprojekten des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur hält in ihrem Endbericht aus dem Jahr 2015 fest, dass prinzipiell kein Bauprojekt risikofrei ist. Dennoch werden Risiken und Unsicherheiten nur selten in Form eines frühzeitigen und kontinuierlichen Risikomanagements berücksichtigt und finden in der Regel keinen Eingang in das im Haushalt veranschlagte Projektbudget [1].

Deshalb ist im „Bau-Zeitalter“ des Nachtrags-, Claim- und Anti-Claimmanagements für Bauherren die Berücksichtigung von Risiken sowie Marktentwicklungen sowie den damit verbundenen Mehrkosten im Zuge eines Projektkostencontrollings (PKC) von immer größerer Relevanz [2]. Die Entwicklung und steigende Bedeutung des quantitativen Risikomanagements (RM) in den letzten Jahren [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], bis hin zur Implementierung des probabilistischen RM in eine integrale Kosten- und Bauzeitanalyse [10], demonstrieren den Mehrwert eines modernen PKC inklusive der Prognose und Darstellung von Unsicherheiten in Form von Risiken. Zusätzlich zur Risikoberücksichtigung hat ein modernes PKC auch die Aufgabe, bereits eingetretene Projektänderungen und dazugehörige Mehrkosten zeitnah zu erfassen und daraus entstehende Änderungen in eine neue Prognose zu überführen. Auch zukünftige sowie bereits eingetretene Marktentwicklungen sollen im Zuge des PKC mit berücksichtigt werden [11].

**Ass.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. sc. ETHZ Florian Gschösser**

florian.gschoesser@uibk.ac.at

**Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Arnold Tautschnig**

arnold.tautschnig@uibk.ac.at

Universität Innsbruck

Arbeitsbereich für Baubetrieb, Bauwirtschaft  
und Baumanagement

Technikerstraße 13, 6020 Innsbruck, Österreich

**Dipl.-Ing. Petra Lintner**

petra.lintner@strabag.com

Absolventin der Universität Innsbruck

ehemals RiskConsult GmbH

momentan STRABAG Sverige AB

Postbox 7017/ Vallgatan 9

170 67 Solna, Schweden

**Dipl.-Ing. Dr.techn. Philip Sander**

sander@riskcon.at

**Dipl.-Ing. Dr.mont. Martin Entacher**

entacher@riskcon.at

RiskConsult GmbH

Olympiastr. 39, 6020 Innsbruck, Österreich

In diesem Beitrag wird ein praxistaugliches PKC-Konzept zur Bereitstellung von robusten Kostenprognosen in der Planungs- und Ausführungsphase von Großprojekten dargestellt.

Dabei liegt der Fokus explizit auf der Prognose der Gesamtkosten unter Berücksichtigung sowohl der Vergangenheit als auch von zukünftigen Unsicherheiten, um somit einen geplanten finanziellen Projekterfolg zu sichern, insbesondere aber die Einhaltung bzw. eine entsprechende Robustheit des aktuellen Projektbudgets zu gewährleisten.

Das Ergebnis des erarbeiteten Konzepts ist ein für Großprojekte anwendbarer Leitfaden [12] mit klaren und transparenten Prozessen zur Gewinnung sowie zyklischen Aktualisierung von relevanten Daten für das bauherrenseitige PKC inklusive probabilistischer Kosten- und Risikoanalyse.

Die Anwendung des entwickelten Leitfadens wird anhand eines Beispielprojekts unter Zuhilfenahme der Kosten- und Risikomanagement-Software RIAAT demonstriert [13].

## 2 Methodik

Die Basis für das entwickelte Konzept sowie für den entwickelten Leitfaden bildet die Kostenstruktur der ÖGG-Richtlinie Kostenermittlung für Projekte der Verkehrsinfrastruktur [11]. Die ÖGG-Richtlinie dient von ihrem Grundgedanken her als Hilfsmittel zur Prognose der Gesamtkosten in der Planungsphase, das heißt im Zeitraum vom Projektstart bis hin zum Vergabezeitpunkt (Bild 1). Um eine entsprechende Kosten- und Budgetrobustheit auch in der Ausführungsphase zu gewährleisten, wird das Konzept der ÖGG-Richtlinie bis hin zur Kostenfeststellung am Projektende fortgeschrieben.

Um Unsicherheiten und Unschärfen in den Kostenprognosen entsprechend berücksichtigen zu können, wird das PKC-Konzept (weg von der deterministischen Betrachtung von exakten Einzelwerten) mit aktuellen Methoden der probabilistischen Kosten- und Risikoanalyse [10] verknüpft. Die Entwicklung des Leitfadens mit seinen Prozessen zur Datengewinnung für das bauherrenseitige PKC beruht auf

der praktischen Anwendung des entwickelten Konzepts für Infrastrukturprojekte und den daraus gewonnen Erfahrungen und Erkenntnissen.

Zusammengefasst basiert der Leitfaden auf vorhandenen und weiterentwickelten Methoden und der Empirie aus deren kombinierter Anwendung.

## 3 Kostenbestandteile als Grundlage des Projektkostencontrollings

Das Budget definiert den finanziellen Rahmen eines Projekts. Es bezeichnet die vom Bauherren zur Verfügung gestellten sowie genehmigten Mittel. Die Festlegung des Budgets erfolgt im Regelfall durch den Bauherrn zum Projektstart basierend auf der Grundlage der Kostenermittlung(en) des Planungsteams und der daraus abgeleiteten Gesamtkostenprognose.

Die Aufgaben jedes Projektkostencontrollings umfassen die Verfolgung der tatsächlichen Kosten, deren Gegenüberstellung zum festgelegten Budget, die Analyse und Bewertung der Abweichungen und die Ableitung aktueller Kostenprognosen.

Diese periodisch generierten Informationen bieten eine wichtige Entscheidungsgrundlage für die Projektleitung bei der Verfolgung der Projektziele.

Die Gesamtkosten eines Projekts müssen bereits zu Projektbeginn in die Kostenbestandteile Basiskosten, Risiko und Vorausvalorisierung unterteilt werden. Bild 1 zeigt die Entwicklung der Kostenbestandteile im Projektverlauf entsprechend der ÖGG-Richtlinie Kostenermittlung für Projekte der Verkehrsinfrastruktur [11].

Die Basiskosten (B) in Bild 1 stellen jenen Kostenanteil dar, der unmittelbar aus der Realisierung eines geplanten Objektes nach Plan (ohne Abweichungen) abgeleitet werden kann. Sie beinhalten die Kosten für den Grundstückserwerb, die Aufschließung sowie sämtliche Bau- und Dienstleistungen inklusive Nebenkosten. In der Planungsphase ergeben sich die Basiskosten als Ergebnis der Kostenermittlung. In der Phase der Ausführung setzen sich die Basiskosten aus den bereits vergebenen Aufträgen (HA), den Kosten für Leistungen, die noch nicht vergeben wurden (NV) und den Zusätzlichen Kosten (Z) zusammen (Bild 2).

Der Kostenbestandteil Risiko (R) in Bild 1 stellt einen Kostenansatz für Abweichungen vom geplanten Projektverlauf dar. Risiken sind Szenarien, die im Projektverlauf eintreten können und zusätzliche, in den Basiskosten nicht berücksichtigte Kosten verursachen. Beispiele für Risiken sind unvorhergesehene Untergrundverhältnisse, Änderungen in der Grundeinlöse, erforderliche Leistungsänderungen oder auch höhere Gewalt.

Für ein realistisches Ergebnis der Gesamtkosten ist es erforderlich, auch die zukünftige Entwicklung der Baupreise und -kosten zu berücksichtigen. Hierfür wird der Kostenbestandteil Vorausvalorisierung (V) eingeführt. Er stellt eine Prognose der Marktpreisänderungen dar, die sich bis zum Projektende ergeben können. Die bereits eingetretene Preissteigerung wird in der Planungsphase durch Wertanpassung der Basiskosten berücksichtigt, in der Phase der Ausführung durch den Kostenbestandteil Gleitung (G).

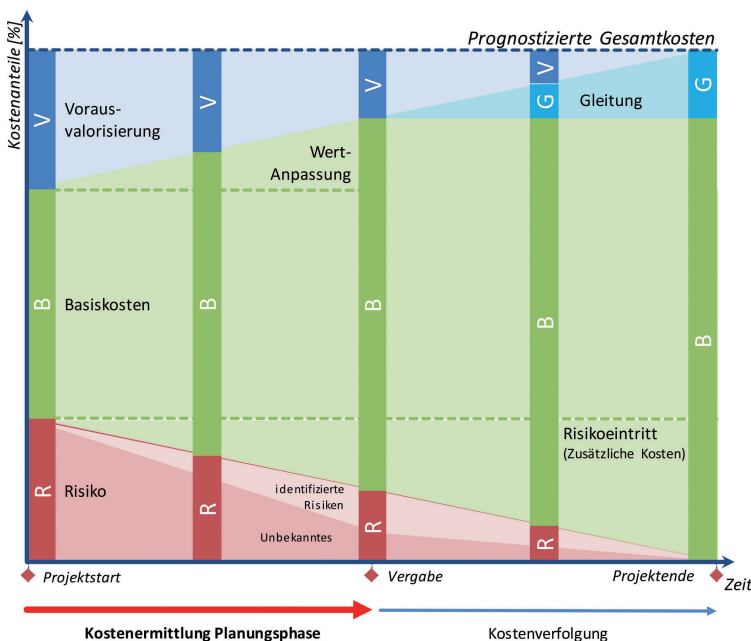


Bild 1. Kostenbestandteile im Projektverlauf [11]  
Fig. 1. Cost components during the project [11]

Der linke Teil in Bild 2 zeigt, wie die Kostenbestandteile Basiskosten (B), Risiko (R), Gleitung (G) und Vorausvalorisierung (V) weiter untergliedert werden. Die Größe und das Vorhandensein der einzelnen Kostenbestandteile sind abhängig von der jeweiligen Projektphase und den Ereignissen im Projektverlauf. Das Ziel des Projektkostencontrollings ist es, zusätzlich zu den Ist-Werten die aktuellen Prognosekosten zu ermitteln sowie abzuschätzen (Controlling-Sicht, Bild 2 rechts).

Nachfolgend werden die Kostenbestandteile aus Bild 2 im Detail erläutert:

**(B) Basiskosten**

*(HA) Hauptauftrag*

*(Z) Zusätzliche Kosten*

*(ZA) Zusatzaufträge* bezeichnen Kostenänderungen, die durch die Beauftragung von zusätzlichen Leistungen entstehen.

*(MA) Mengenabweichungen* Ist bezeichnet Kostenänderungen, die durch bereits eingetretene Mengenabweichungen gegenüber den Vordersätzen im Leistungsverzeichnis entstanden sind.

*(MP) Mengenabweichungen Prognose* bezeichnet prognostizierte Kostenänderungen, die aus prognostizierten Mengenabweichungen entstehen können.

*(MKF) Bewertete Mehrkostenforderungen* bezeichnen prognostizierte Kostenänderungen, die durch von Bauherrenvertretern (Planer, Objektüberwachung) bewertete Mehrkostenforderungen entstehen.

*(ME) Bewertete Mehrkostenanmeldungen* bezeichnen prognostizierte Kostenänderungen, die von Auftrag-

nehmern angemeldet und von Bauherrenvertretern bewertet werden.

*(NV) Nicht vergebene Leistungen* entsprechen den Kostenermittlungen vor Vergabe der Leistungen.

**(R) Risiko**

*(U) Unbekanntes* bezeichnet die prognostizierten Kosten für Unwägbarkeiten.

*(ER) Einzelrisiken* bezeichnet die prognostizierten Kosten für identifizierte und bewertete Einzelrisiken.

*(GL) Gleitung*. In der Ausführungsphase wird der Kostenbestandteil Vorausvalorisierung (V) durch den Kostenbestandteil Gleitung (GL) ergänzt und gleichzeitig ersetzt. Während der Kostenbestandteil Vorausvalorisierung (V) die prognostizierte zukünftige Teuerung von noch nicht ausgeführten Leistungen abbildet und sich mit zunehmender Projektdauer reduziert, erfasst der Kostenbestandteil Gleitung (GL) die bereits eingetretenen Preissteigerungen für ausgeführte aber auch noch nicht ausgeführte Leistungen und wächst im Projektverlauf an.

*(Gi) Gleitung Ist* bildet die bereits eingetretene Gleitung für erbrachte Leistungen ab.

*(Gp) Gleitung Prognose* bildet die bereits eingetretene Gleitung für zukünftige, noch nicht ausgeführte aber bereits vergebene Leistungen ab.

*(V) Vorausvalorisierung* stellt die Prognose der zukünftigen Marktpreisänderungen von noch nicht vergebenen Leistungen dar.

*(I) Ist-Kosten* sind jene Beträge, die tatsächlich bereits abgeflossen sind (Summe bezahlter Rechnungen).



**Bild 2. Untergliederung der Kostenbestandteile (links) und Controlling-Sicht (rechts)**  
 Fig. 2. Subdivision of cost components (left) and controlling view (right)

(O) *Obligo* bezeichnet die aktuellen offenen Verbindlichkeiten, die dem Bauherren durch die Beauftragung eines Auftragnehmers entstehen. Die Summe aus Ist-Kosten und Obligo ergibt den beauftragten Anteil der Gesamtkosten.

(PK) *Prognosekosten* stellen die Summe der Bewertungen aller noch nicht oder nur teilweise bekannten Beträge im Sinne des linken Teils von Bild 2 dar. Die Addition der Ist-Kosten und der Prognosekosten liefert jeweils die prognostizierten Gesamtkosten je Stichtag und damit auch eine Prognose der noch zu leistenden Zahlungen. Diese Prognosekosten beinhalten sowohl bereits beauftragte Leistungen als auch einen noch nicht beauftragten Anteil.

#### 4 Unsicherheiten in der Projektkostenprognose und Budgetverfolgung

Die Forderung an eine wirksame Budgetverfolgung lautet:

$$\text{Prognostizierte Gesamtkosten} = \text{Projektkostenprognose (PKP)} \leq \text{Gesamtbudget}$$

Die zu bestimmten Stichtagen zu erstellende Projektkostenprognose wird im Standardfall in deterministischer Form durchgeführt, das heißt, sowohl für Massen als auch für Kostenkennzahlen oder Preise werden exakte Werte verwendet. Das erhaltene Ergebnis ist folglich eine einzelne Zahl. Die Problematik, die sich daraus ergibt, ist einerseits, dass diese Vorgehensweise eine Genauigkeit der Kostenprognose suggeriert, die nicht der Wirklichkeit entspricht. Außerdem wird auf den Mehrgehalt an Informationen verzichtet, die eine Berücksichtigung von Unschärfen bietet. Die probabilistische Projektkostenprognose arbeitet im Gegensatz zur deterministischen Methode nicht mit exakten Werten, sondern mit Bandbreiten zur Berücksichtigung von Unschärfen (Bild 3).

Durch die Nutzung probabilistischer Methoden bleibt der gesamte Informationsgehalt durchgehend erhalten. Kosten und Risiken werden durch Verteilungsdichten und Verteilungsfunktionen angegeben, wobei die Festlegung von Bandbreiten und Werten sowie die Gewichtung der Werte innerhalb der Bandbreite möglich ist. Die Modellierung erfolgt beispielsweise mittels einer Dreiecksverteilung. Verteilungsdichten der einzelnen Kostenelemente werden mittels Simulationsverfahren (z. B. Monte-Carlo-Simulation, Latin Hypercube Sampling) unter Zuhilfenahme einer Kosten- und Risikoanalyse-Software (z. B. RIAAT) zu einer Verteilungsfunktion der Gesamtkosten verdichtet (Bild 8). Da-

##### Deterministische Betrachtung - einzelne Zahl (punktgenau): ●

- Totale Bestimmtheit
- Aber hohe Unsicherheit
- Suggestiert nur Sicherheit

##### Probabilistische Betrachtung - Werte in Bandbreiten

- Angabe von Bandbreiten
- Anpassung der Bestimmtheit an Projektkennntnis

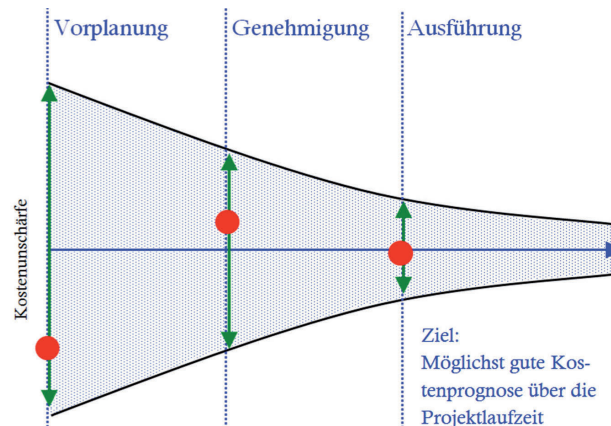


Bild 3. Deterministik vs. Probabilistik [12]  
Fig. 3. Deterministic vs. probabilistic [12]

mit lassen sich zu konkreten Werten (z. B. zum Budget) Aussagen zur Über- und Unterschreitungswahrscheinlichkeit tätigen.

Das Budget kann aus verschiedenen Gründen vom tatsächlichen finanziellen Bedarf abweichen. Eine wesentliche Funktion des Projektkostencontrollings ist die laufende Validierung der Budgetrobustheit. Zu zyklischen Stichtagen erfolgt eine Ermittlung der aktuellen Gesamtkostenprognose. Diese wird dem Budget gegenübergestellt, wodurch sich Tendenzen zu Budgetunter- oder -überschreitungen frühzeitig erkennen lassen. Dies bietet die Möglichkeit, Gegensteuerungsmaßnahmen zu ergreifen oder eine Anpassung des Budgets vorzunehmen [12].

#### 5 Datengewinnungsprozess am Stichtag

##### 5.1 Bestellungen im Projektverlauf

Die einzelnen Bestellungen – also die Beauftragungen von Leistungen – unterscheiden sich in Hinblick auf Umfang, Zeitpunkt der Beauftragung, notwendige Vorarbeiten (z. B. Kostenermittlung) und Dauer der Leistungserbringung. Bezüglich des Projektkostencontrollings kann mit allen Bestellungen, die im Projektverlauf erfolgen, gleich verfahren werden. Jede Bestellung lässt sich mithilfe der in Bild 2 gezeigten Kostenbestandteile erfassen und verfolgen.

In Bild 4 wird eine mögliche Entwicklung der Kosten einer Bestellung im Projektverlauf anhand der Bestellung „Ausführende Firma 1“ gezeigt. Für die Darstellung wurde die vereinfachende Annahme getroffen, dass alle Kostenprognosen zu den Stichtagen und auch die tatsächlichen Kosten zu Projektende exakt den anfänglich prognostizierten Kosten entsprechen.

##### 5.2 Datengewinnung an Stichtagen

Die Erfassung sowie Aktualisierung der relevanten Daten erfolgt zu festen Stichtagen im Projektverlauf. Die Anzahl und Häufigkeit der Stichtage kann projektspezifisch variieren, in der Regel wird die Analyse zu vierteljährlichen Stichtagen durchgeführt.

In Bild 5 ist der Prozess mit den Arbeitsschritten (inkl. Verantwortlichkeit der Projektbeteiligten) zur Durchführung der Datenaktualisierung an den zyklischen Stichtagen schematisch dargestellt („Leitfaden“). Die allgemeinen Aufgabenbereiche und Verantwortlichkeiten der Projektbeteiligten „Projektleitung – PL“ und „Projektsteuerung – PS“ werden oft als nicht eindeutig abgegrenzt bezeichnet und werden deshalb hier kurz erläutert. Die PL hat die direkte Verantwortung für die Erreichung der Projekt- und Auftragsziele (Linienfunktion mit Entscheidungs-, Weisungs- und Durchsetzungsbefugnis). Unter PS ist die Gesamtheit an Organisations-, Dokumentations-, Steuerungs- und Kontrollaufgaben zur Abwicklung eines Projektes zu verstehen (Stabsfunktion) [14], [15]. Der erste Schritt ist die Aktualisierung der Kostenermittlung durch die Planer bei

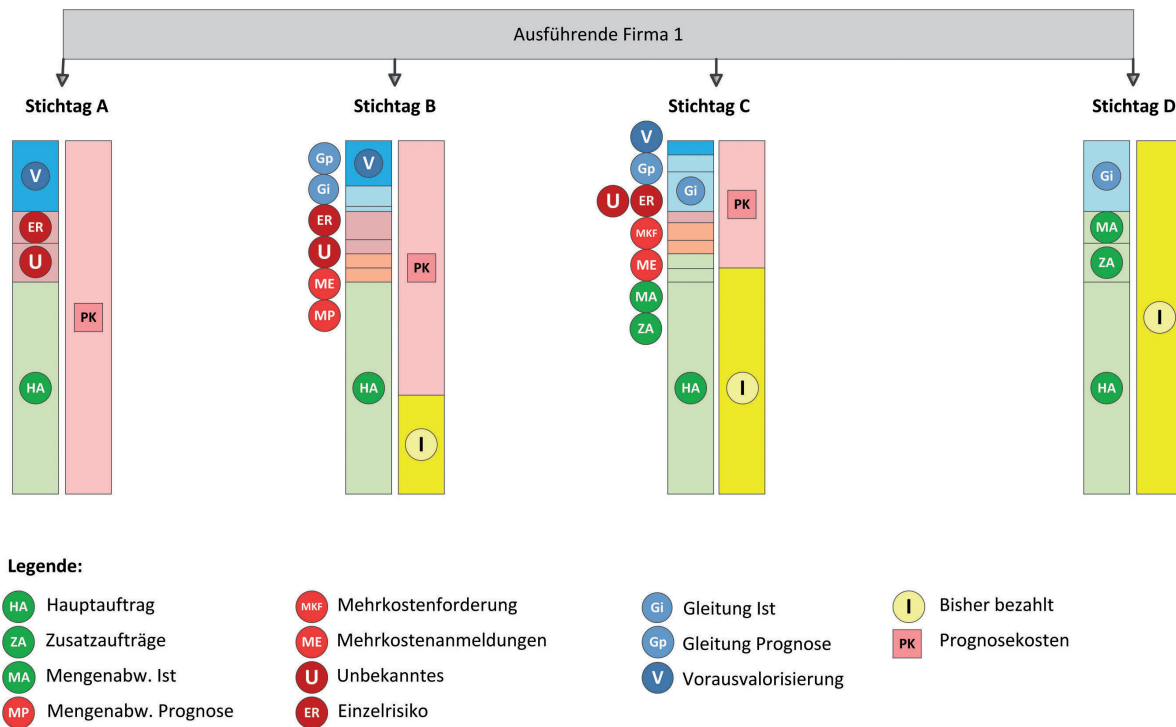


Bild 4. Bestellung und Prognosen im Projektverlauf  
Fig. 4. Commissions and forecasts during the project

Bedarf im Falle von Änderungen. Danach erfolgt die Verwaltung der Bestellungen, die Erfassung von Mengenabweichungen sowie von Nachträgen und Mehrkostenforderungen, die im Regelfall auf eingetretene Risiken zurückzuführen sind. Damit ist die aktuelle Situation des Projekts detailliert erfasst. Für die Erfassung zukünftiger Risiken (Prognose) wird ein Risikoworkshop (Meeting zur gemeinschaftlichen bzw. kooperativen Risikobewertung) durchgeführt, in dem Risiken neu bewertet und neue Risiken erfasst werden. Danach erfolgt eine Aktualisierung der Ist-Kosten und der Gleitung (eingetretene Teuerung) sowie der Vorausvalorisierung (zukünftige Teuerung). Mit diesen Informationen erhält man eine Prognose der Gesamtkosten, auf deren Basis eine Fortschreibung oder Anpassung des Budgets durchgeführt werden kann. Jeder Arbeitsschritt ist in Teilprozesse unterteilt, die in Bild 6 detailliert dargestellt sind. In Abhängigkeit vom Projektstand und den Ereignissen im Projektverlauf sind nicht immer alle Prozessschritte zwingend durchzuführen.

Die probabilistische Projektkostenprognose verwendet Bandbreiten zur Berücksichtigung von Unschärfen. Dabei ist es vom Projektfortschritt abhängig, welche Kostenbestandteile sinnvoll mit Bandbreiten zu versehen sind. So sind zum Beispiel bei der Bewertung von Risiken immer Bandbreiten (z.B. in Form eines Risk Fact Sheets) zu berücksichtigen, jedoch bei bereits eingetretenen Mehrkostenforderungen der tatsächliche Kostenwert ohne Bandbreite heranzuziehen. Die Festlegung der Bandbreite erfolgt basierend auf vorhandenem Datenmaterial sowie Erfahrungswerten und Einschätzungen in Kooperation durch die beteiligten Verantwortlichen der jeweiligen Arbeitsschritte nach Bild 5.

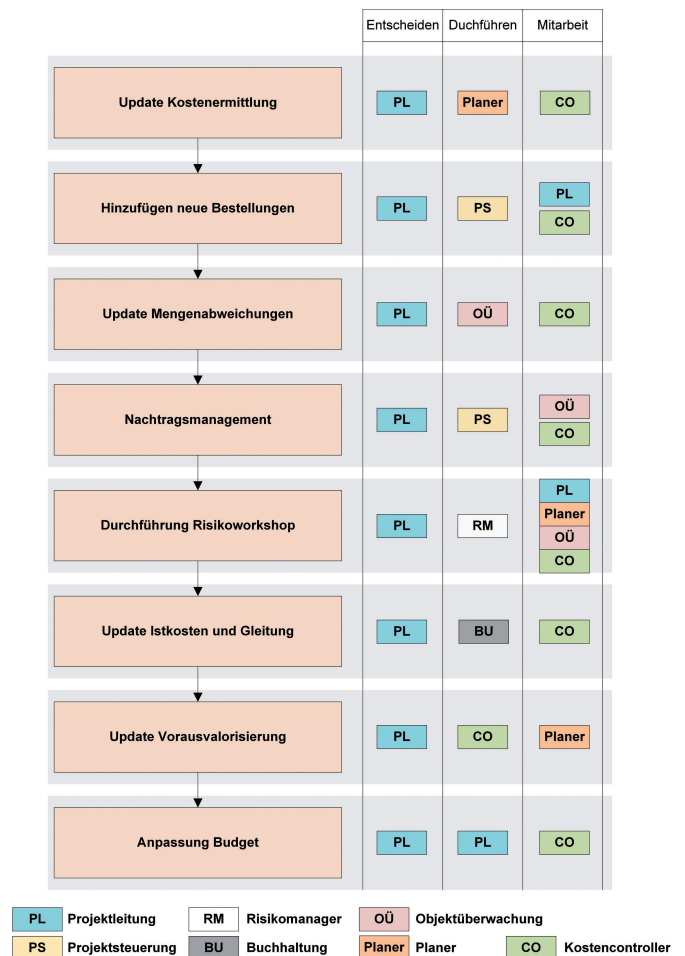


Bild 5. Arbeitsschritte zur Datengewinnung am Stichtag  
Fig. 5. Work steps for data acquisition on the reporting date

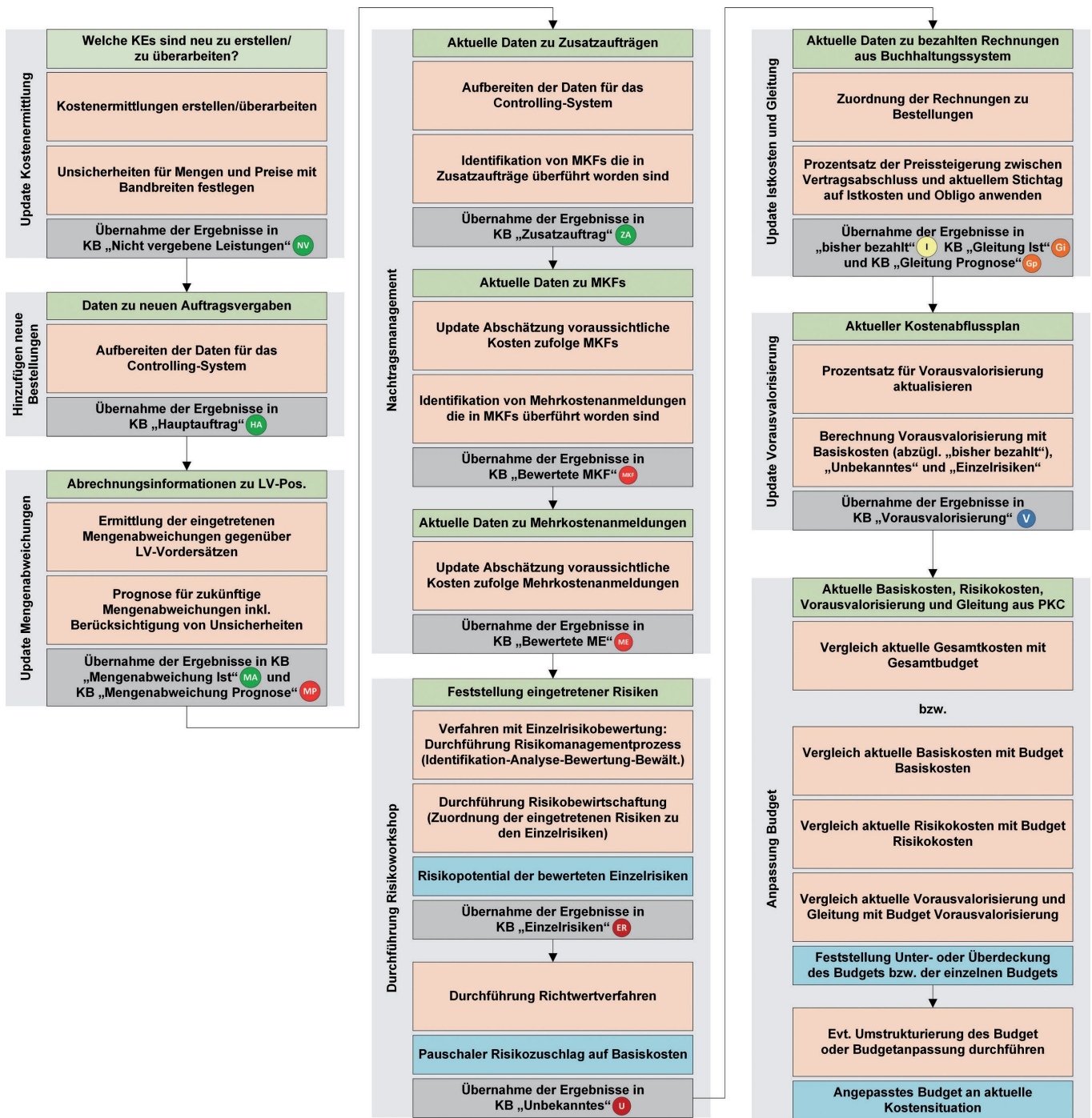


Bild 6. Prozessschritte zur Datengewinnung am Stichtag  
 Fig. 6. Process steps for data acquisition on the reporting date

## 6 Anwendung anhand eines Beispielprojekts

Anhand eines Beispielprojekts soll gezeigt werden, wie eine Entwicklung der Kosten im Projektverlauf aussehen kann und welche Informationen mithilfe des vorgestellten Leitfadens generiert werden können. Als Beispielprojekt wurde die Errichtung eines Pumpspeicherkraftwerks gewählt. Einfachheitshalber wird die Betrachtung auf das Vergabepaket Rohbauarbeiten beschränkt. Die verwendeten Projektdaten müssen aus Datenschutzgründen entsprechend anonymisiert und angepasst werden.

Bild 7 zeigt die Planungs- und Ausführungsphase des Vergabepaketes Rohbauarbeiten und die auftretenden Ereignisse im Projektverlauf.

Über die Projektlaufzeit verteilt wurden vier repräsentative Stichtage gewählt, für welche die mithilfe des Projektkostencontrollings generierten Daten nachfolgend gezeigt werden. Die Umsetzung erfolgte mit der Kostencontrolling-Software RIAAT, welche sowohl eine deterministische (Eingangswerte exakte Werte) als auch eine probabilistische (Eingangswerte Bandbreiten, Verteilungsfunktionen bzw. Verteilungsdichten) Projektkostenprognose ermöglicht [13]. Am Stichtag A, welcher für das untersuchte Projekt gleichzeitig der Zeitpunkt der Ausschreibung sowie Budgetfestsetzung ist, sind entsprechend des entwickelten Leitfadens die Prozessschritte

- Aktualisierung Kostenermittlung (det. 55 Mio. Euro, Bandbreite – 5 % bis + 15 %, Kostenbestandteil NV),

Vergabepaket Rohbauarbeiten

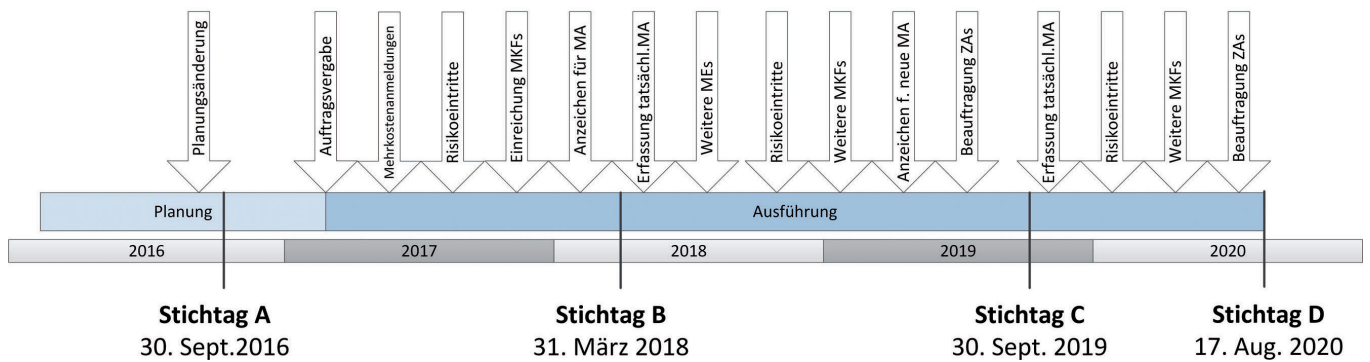


Bild 7. Stichtage und Ereignisse im Projektverlauf  
Fig. 7. Reporting dates and events during the project

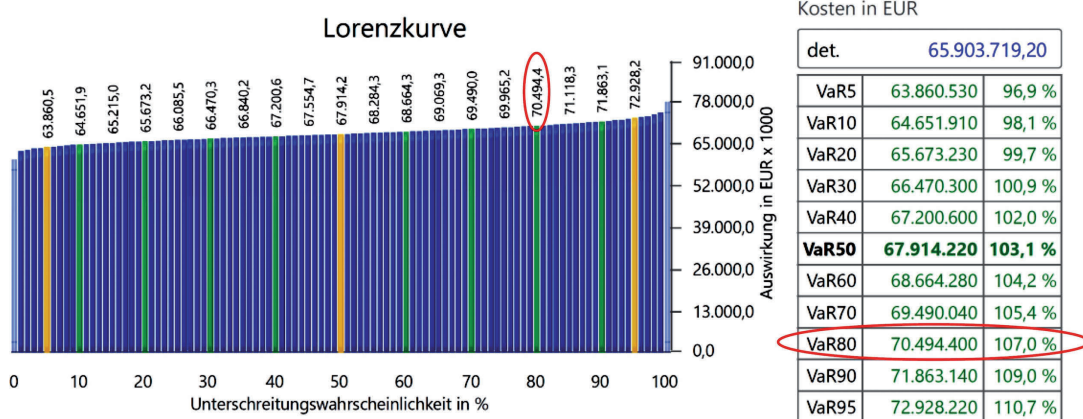


Bild 8. Gesamtkostenprognose am Stichtag A  
Fig. 8. Overall cost forecast at reporting date A

- Durchführung Risikoworkshop (Richtwert, det. Aufschlag 14 %, Bandbreite 8 % – 20 %, U)
- Aktualisierung Vorausvalorisierung (Mittelabfluss 2017–2020, Preissteigerung 2 % p.a., V) und
- Anpassung (Festlegung) Budget (basierend auf aktueller Gesamtkostenprognose) durchzuführen.

Bezüglich der Risikobewertung wurde vom Projektteam beschlossen, zu diesem Zeitpunkt auf eine Einzelrisikoanalyse zu verzichten und sich auf ein moderiertes Richtwertverfahren (Risk Fact Sheet für einen Pauschalzuschlag auf Basiskosten [16]) zu beschränken. Die restlichen Prozessschritte des Leitfadens sind zu diesem Zeitpunkt nicht von Relevanz.

Bild 8 zeigt die Lorenzkurve mit der Gesamtverteilungsfunktion für die probabilistisch prognostizierten Gesamtkosten am Stichtag A.

Vom Bauherren wird durch Wahl der Unterschreitungswahrscheinlichkeit von 80 % (VaR80) für das Vergabepaket Rohbauarbeiten ein Budget von 70,5Mio. Euro fixiert. Eine Unterschreitungswahrscheinlichkeit von 80 % bedeutet, dass das gewählte Budget entsprechend vorliegender Analyse mit einer Wahrscheinlichkeit von 80 % unterschritten wird. Die determi-

nistisch ermittelten Gesamtkosten belaufen sich am Stichtag A auf 65,9Mio. Euro.

Auch für die Gesamtkostenprognose an den Stichtagen B, C, D wurden die notwendigen Prozessschritte entsprechend des entwickelten Leitfadens durchgeführt (Tabelle 1). Am Stichtag B wird als neue Bestellung die Auftragssumme des Vergabepakets Rohbauarbeiten als deterministischer Einzelwert ohne Bandbreite (56,75Mio. Euro) hinzugefügt (Umwandlung von NV zu HA).

Eine Aktualisierung hinsichtlich Mengenabweichungen wird an den Stichtagen B bis D durchgeführt. Am Stichtag B sind noch keine tatsächlichen Mengenabweichungen eingetreten, weshalb von der OÜ für kritische LV-Positionen (in diesem Fall Baugrubensicherung) Verteilungen für Mehr- und Mindermengen festgelegt werden (MP). Am Stichtag C sind bereits Mehrkosten zufolge Mengenabweichungen eingetreten (det. ohne Bandbreite 1,08Mio. Euro, MA). Zu-

Tabelle 1. Teilprozesse an den jeweiligen Stichtagen  
Table 1. Sub-processes at reporting dates

	Stichtag B	Stichtag C	Stichtag D
Prozessschritt	Hinzufügen neue Bestellung	Update Mengenabweichung	Update Mengenabweichung
	Update Mengenabweichung	Nachtragsmanagement	Nachtragsmanagement
	Nachtragsmanagement	Durchführung Risikoworkshop	Update Istkosten und Gleitung
	Durchführung Risikoworkshop	Update Istkosten und Gleitung	
	Update Istkosten und Gleitung	Update Vorausvalorisierung	
	Update Vorausvalorisierung	Anpassung Budget	
	Anpassung Budget		

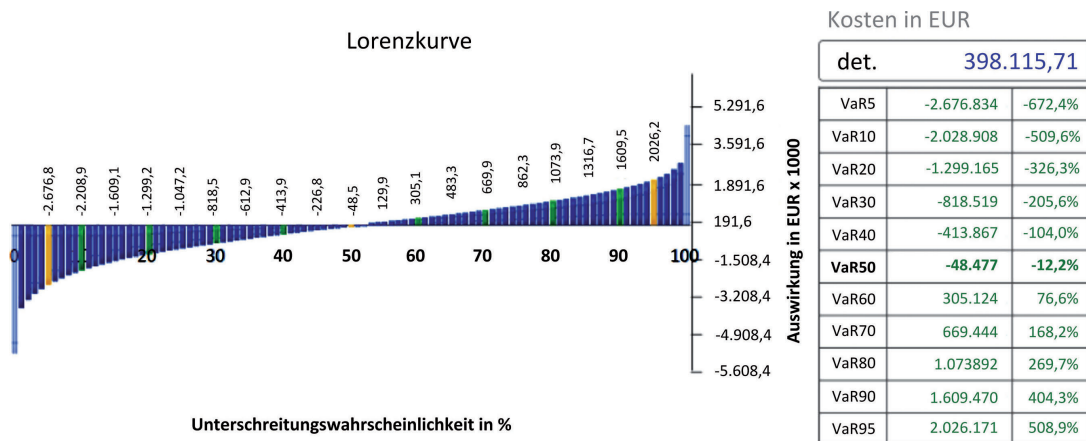


Bild 9. Budgetdeckung am Stichtag B  
Fig. 9. Budget coverage at reporting date B

sätzlich werden jedoch auch zu diesem Zeitpunkt kritische Positionen von der OÜ mit Mengenabweichungsbandbreiten versehen (MP). Am Stichtag D, also am Zeitpunkt des Projektabschlusses, sind sämtliche Mehrkosten zufolge Mengenabweichungen bekannt (det. ohne Bandbreite 1,48 Mio. Euro, MA).

Bei der Miteinbeziehung des Nachtragsmanagements ist zu beachten, ob bis zum Stichtag bereits Zusatzaufträge vergeben wurden (Stichtag C–det. 2,61 Mio. Euro und D–det. 6,37 Mio. Euro, ZA) und ob aktuelle Daten zu Mehrkostenforderungen (Stichtag B und C, MK) sowie zu Mehrkostenanmeldungen vorliegen (Stichtag B und C, BE), welche von der OÜ mit Bandbreiten erfasst und bewertet werden. Zusätzlich wird auch an den Stichtagen B und C ein Richtwertverfahren durchgeführt, wobei hier der Aufschlag zufolge der Einzelrisiken abgemindert und vereinfachend auf die Basiskosten abzüglich Ist-Kosten aufgeschlagen wird (U).

An den Stichtagen B bis D erfolgt auch jeweils eine Anpassung der Ist-Kosten (aktueller Rechnungsstand, I) und der Gleitung. Letztere wird über den zu den Stichtagen festgestellten jährlichen Preissteigerungssatz (z. B. 2017: 1,8 %, 2018: 4,2 %, 2019: 5,9 %, 2020: 8,2 % – bezogen auf den Ausgangszeitpunkt) multipliziert mit den jährlich angefallenen Ist-Kosten (Gi) sowie über die aktuelle Preissteigerung multipliziert mit Basiskosten abzüglich Ist-Kosten (Gp) ermittelt. Am Stichtag D stellen die Ist-Kosten inklusive Gleitung die tatsächlichen (deterministischen) Gesamtkosten des Vergabepakets dar.

Die Aktualisierung der Vorausvalorisierung erfolgt an den Stichtagen B und C identisch zum Stichtag A mit dem prognostizierten Mittelabfluss für alle noch nicht vergebenen Leistungen und der zukünftigen Preissteigerung pro Jahr (V).

Eine eventuelle Budgetanpassung ergibt sich aus der Analyse der Budgetdeckung, d.h. der Differenz zwischen dem festgelegten Budget und den zum Stichtag prognostizierten Gesamtkosten (Lorenzkurve der Budgetdeckung). Die Budgetdeckung zeigt, mit welcher Wahrscheinlichkeit das genehmigte Budget unter- oder überschritten wird. Am Stichtag B (Bild 9) wird das am Stichtag A festgelegte Budget mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % unterschritten (trotzdem wurde auf eine Budgetanpassung verzichtet), am Stichtag C mit 100 % Wahrscheinlichkeit.

Da sich die (Teil-)Ergebnisse der deterministischen Kostenprognosen addieren lassen, werden diese hier zum Ver-

gleich der Entwicklung der Gesamtkosten an den Stichtagen herangezogen (Bild 10 oben links, oben rechts & unten links).

Bild 10 zeigt die Entwicklung der deterministisch prognostizierten Gesamtkosten im Projektverlauf sowie die Ist-Kosten (inkl. Gleitung) und die deterministischen Prognosekosten zu den jeweiligen Stichtagen (oben links). Außerdem zeigt Bild 10 die Entwicklung der deterministischen Kostenbestandteile Risiko und Zusätzliche Kosten (oben rechts) und die Entwicklung der deterministischen Kostenbestandteile Vorausvalorisierung, Gleitung Ist und Gleitung Prognose zu den jeweiligen Stichtagen (unten links).

Unten rechts zeigt Bild 10 einen Vergleich des genehmigten Budgets (rote Linie – 70,5 Mio. Euro) mit den VaR80 Werten der probabilistisch prognostizierten Gesamtverteilungsfunktion der Gesamtkosten des betrachteten Vergabepakets zu den Stichtagen. Bei Stichtag D (Projektabschluss) handelt es sich um die tatsächlichen Gesamtkosten (ohne Bandbreiten, d.h. identisch zu den Gesamtkosten Bild 10 oben links) für das analysierte Vergabepaket.

Bild 10 zeigt, dass die Risikobewertungen und zukünftigen Preissteigerungen an den Stichtagen B und C relativ hoch angesetzt wurden, und dass die tatsächlichen Zusatzkosten zum Projektabschluss deutlich niedriger waren. Auf diesem Grund kam es am Stichtag B zu einer Budgetunterschreitungswahrscheinlichkeit von 50 %.

Die tatsächlichen Gesamtkosten am Projektende betragen 68,20 Mio. Euro. Das genehmigte Budget von 70,5 Mio. Euro wurde um 2,30 Mio. Euro unterschritten. Die tatsächlichen Gesamtkosten hätten am Stichtag A eine Unterschreitungswahrscheinlichkeit von circa 55 % gehabt. Vom genehmigten Budget wurden schließlich und endlich 96,7 % genutzt.

## 7 Diskussion

Das in diesem Beitrag dargestellte Konzept betrachtet Kosten und Risiken wo notwendig und möglich mithilfe von Verteilungsdichten sowie Verteilungsfunktionen, Bandbreiten und gewichteten Werten innerhalb dieser Bandbreiten. Im Zuge des PKC werden diese Parameter durch die in den einzelnen Arbeitsschritten beteiligten Fachleute festgelegt. Die Definition dieser Parameter basiert dabei auf vorhandenem Datenmaterial aber auch auf Erfahrungswerten und Einschätzungen der beteiligten Fachleute. Aufgrund dieser zum Teil subjektiven Bewertungen ist es im Zuge der einzelnen Prozessschritte von großer Bedeutung, dass die tat-



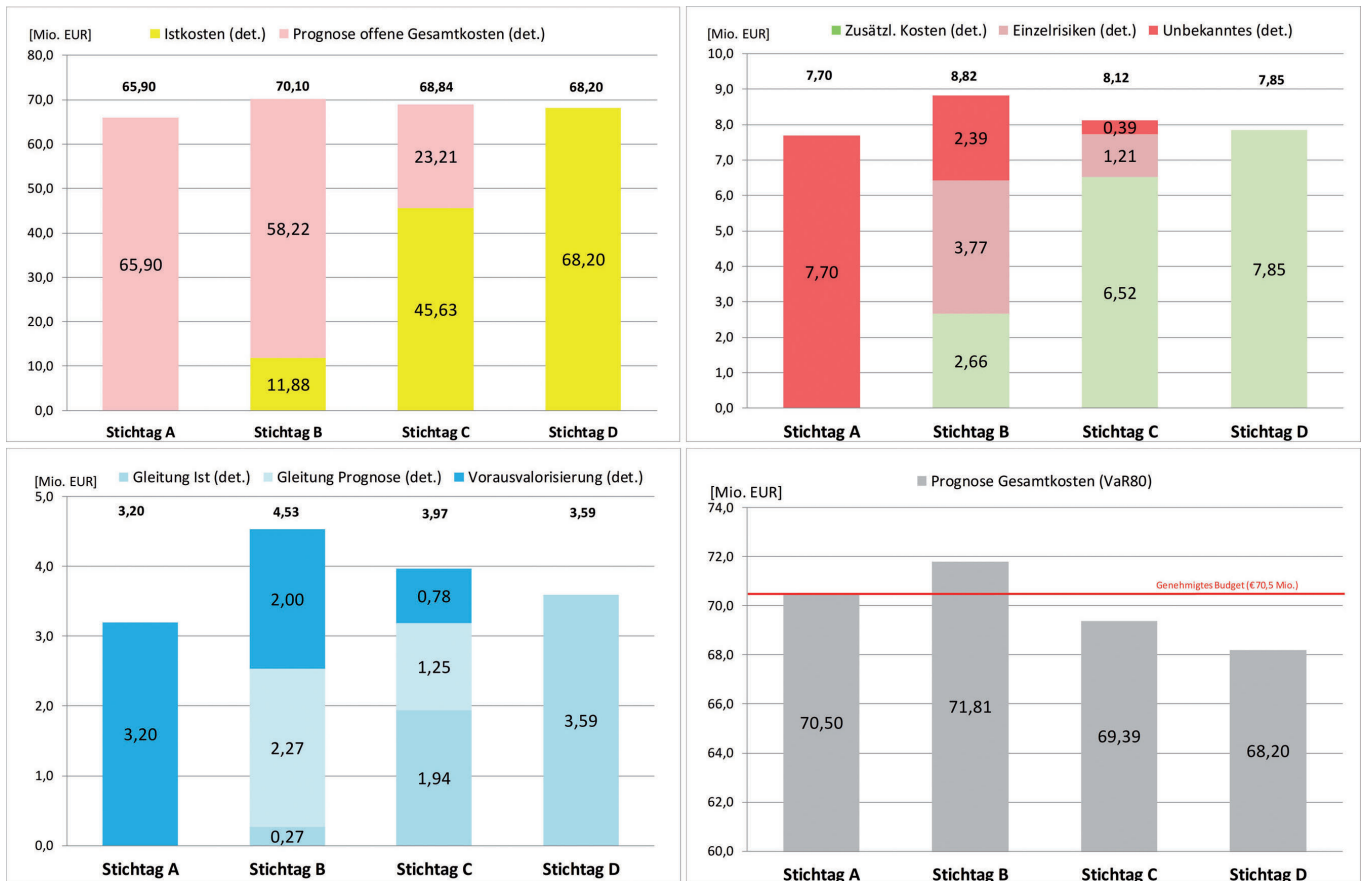


Bild 10. Auswertungen zu den Stichtagen  
Fig. 10. Analyses at reporting dates

sächlich in das PKC eingehenden Parameter von allen beteiligten Fachleuten intensiv diskutiert und im Konsens festgelegt werden.

Bei der Festlegung des Projektbudgets basierend auf einer probabilistisch bestimmten Verteilung der Gesamtkosten ist die Wahl der Unterschreitungswahrscheinlichkeit für die Entscheidungsträger von essentieller Bedeutung. Eine hohe Unterschreitungswahrscheinlichkeit bewirkt eine entsprechende Kostensicherheit aber auch mehr Anspruch auf das zur Verfügung stehende Budgetvolumen. Ein niedriger angesetztes Budget mit einer geringen Unterschreitungswahrscheinlichkeit beinhaltet die Gefahr einer Kostenüberschreitung, welche dann aber auch („unangekündigt“) vom vorhandenen Finanzmittel-Volumen gedeckt werden müsste.

## 8 Fazit

Das in diesem Beitrag dargestellte PKC-Konzept basiert auf der Kostenstruktur der ÖGG-Richtlinie zur Kostenermittlung und kombiniert diese mit aktuellen Methoden der probabilistischen Kosten- und Risikobewertung im Sinne einer Anwendung sowohl in der Planungs- als auch in der Ausführungsphase.

Der vorgestellte Leitfaden basiert auf Erfahrungen und Erkenntnissen aus der praktischen Anwendung des dargestellten PKC-Konzepts und bietet eine systematische Anleitung für das Projektkostencontrolling von Großprojekten. Die Anwendung des PKC-Konzepts sowie des Leitfadens zeigt den Mehrwert der Erfassung und Berücksichtigung von Kosten für Risiken und Vorausvalorisierung hinsicht-

lich einer robusten Gesamtkostenprognose und Budgetpolitik. Die Kombination mit probabilistischen Methoden zur Berücksichtigung von Unschärfen erhöht die Stabilität und Aussagekraft der ermittelten Ergebnisse.

Die detaillierten Ausführungen sowie die klare Abgrenzung der Verantwortlichkeiten, welche der Leitfaden vorgibt, helfen Fehler zu vermeiden sowie die Durchführung des Projektkostencontrollings effektiver zu gestalten.

Das dargestellte PKC-Konzept entstand auf Grundlagen und Erfahrungen aus dem Infrastrukturbau. Auch die Praxiserfahrungen, welche als Basis zur Erstellung des Leitfadens dienen, stammen hauptsächlich von Großprojekten aus dem Infrastruktursektor. Erfahrungen hinsichtlich der Anwendbarkeit für Projekte zum Beispiel aus dem Hochbau-sektor liegen bis dato in nur geringem Maße vor. Zukünftige Forschungsaktivitäten sollen deshalb auf die definitive generische Anwendbarkeit des Konzepts und des Leitfadens fokussieren.

## Literatur

- [1] Reformkommission Bau von Großprojekten: Endbericht – Komplexität beherrschen – kostengerecht, termintreu und effizient. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Berlin, 2015.
- [2] Girmscheid, G.: Nachtragsmanagement – Warum treten Produktionsstörungen auf und was kosten sie? In: Bauingenieur Band 89 (2014), Heft 2, S. 39–47.
- [3] Tecklenburg, T.: Risikomanagement bei der Akquisition von Großprojekten in der Bauwirtschaft. Schöling Verlag, Münster, 2003.

- [4] *Girmscheid, G.; Busch, T. A.*: Risikomanagement im Bauunternehmen. *In: Bauingenieur* 78 (2003), Heft 12, S. 571–580.
- [5] *Cox, L. A.; Babayev, D.; Huber, W.*: Risikomanagement bei der Akquisition von Großprojekten in der Bauwirtschaft. *In: Risk Analysis*, 25 (2005), Heft 3, S. 651–662.
- [6] Caltrans: Project Risk Management Handbook – Threats and Opportunities. Office of Statewide Project Management Improvement (OSPMI), Sacramento, 2007.
- [7] *Flemming, C.; Netzker, M.; Schöttle, A.*: Probabilistische Berücksichtigung von Kosten und Mengenrisiken in der Angebotskalkulation. *In: Bautechnik* 88 (2011), Heft 2, S. 94–101.
- [8] *Zimmermann, J.; Eber, W.; Tilke, C.*: Unsicherheiten bei der Realisierung von Bauprojekten – Grenzen einer wahrscheinlichkeitsbasierten Risikoanalyse. *In: Bauingenieur* 89 (2014), Heft 6, S. 272–282.
- [9] *Rothe, B.; Riemann, S.*: Aktives und Transparentes Risikomanagement als Basis für eine erhöhte Kostensicherheit bei Infrastrukturprojekten. Universität Kassel, 2015.
- [10] *Sander, P.; Entacher, M.; Reilly, J.*: Risk-based integrated cost and schedule analysis for infrastructure projects. *In: Tunnel Business Magazine*, Vol. 19 (2017), Iss. 8, pp. 34–37.
- [11] ÖGG-Richtlinie – Kostenermittlung für Projekte der Verkehrsinfrastruktur unter Berücksichtigung relevanter Projektrisiken. Österreichische Gesellschaft für Geomechanik, 2016.
- [12] *Lintner, P.*: Projektkostencontrolling in der Bauprojektentwicklung – Erarbeitung einer Prozessstruktur für das Projektkostencontrolling bei Großprojekten und deren Umsetzung mit der Controllingsoftware RIAAT. Universität Innsbruck, Masterarbeit, 2016.
- [13] RiskConsult GmbH: RIAAT Kosten-Risiko-Tool [Software], 2018, <http://riaat.riskcon.at/> [Zugriff am: 28.06.2018].
- [14] Ausschuss der Verbände und Kammern der Ingenieure und Architekten für die Honorarordnung e. V.: Leistungsbild und Honorierung – Projektmanagementleistungen in der Bau- und Immobilienwirtschaft. AHO-Fachkommission „Projektsteuerung/ Projektmanagement“, HOA-Schriftenreihe Heft 8, Bundesanzeiger Verlag, Berlin, 2014.
- [15] *Lechner, H.; Heck, D.*: LM.Leistungsmodell VM.Vergütungsmodell Projektleitung [PL]. TU Graz, Juni 2014, PMTools Verlag, Graz, 2014.
- [16] RiskConsult GmbH: Einführung von Risikomanagementsystemen in Organisationen, 2016, <https://sites.google.com/riskcon.at/rc-de/software/prat> [Zugriff am: 28.06.2018].