



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

**Bundesamt für Verkehr BAV**  
Abteilung Infrastruktur

März 2024

---

# Infrastrukturkosten Bahn

## Leitfaden zur Ermittlung der Kosten von Ausbautvorhaben

---

Referenz/Aktenzeichen: BAV-214-00002/00004/00003/00004

---

# Impressum

## Herausgeber

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK Bundesamt für Verkehr (BAV)

## Übersetzungen

Sprachdienste BAV

## Bezugsquelle

Internet:

[www.bav.admin.ch/bav/de/home/allgemeine-themen/fachthemen/arbeitshilfen/leitfaeden/leitfaden-kostenmethode-bahninfrastruktur.html](http://www.bav.admin.ch/bav/de/home/allgemeine-themen/fachthemen/arbeitshilfen/leitfaeden/leitfaden-kostenmethode-bahninfrastruktur.html)

## Änderungsnachweise

Version	Datum	Bemerkung
1.0	06.05.2015	Erstausgabe
1.1	29.01.2016	
2.0	31.03.2024	Anpassung der Höhe der Zuschläge, Sprachliche und inhaltliche Aktualisierung

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Ausgangslage.....	1
1.2	Zweck und Stellung des Leitfadens .....	1
1.3	Herausforderungen bei der Kostenermittlung .....	2
1.4	Anforderungen an die Kostenmethodik.....	3
1.5	Aufbau und Gliederung des Leitfadens.....	3
2	Systemabgrenzung.....	4
2.1	Bezug zu bestehenden Normen .....	4
2.2	Projektabgrenzung im Rahmen von STEP.....	4
2.3	Berücksichtigung von untergeordnetem Substanzerhalt .....	5
2.4	Umgang mit Teuerung und gesetzlichen Änderungen .....	6
3	Übersicht über die Kostenmethodik .....	7
3.1	Definition der Kostenparameter .....	7
3.2	Algorithmus zur Ermittlung der Gesamtkosten .....	8
3.3	Methodischer Ansatz .....	9
4	Vorgehensschritte.....	14
4.1	Bildung der Grundkosten .....	14
4.2	Anwendungen der Kostenmethodik .....	18
5	Zusammenzug von Kosten einzelner Infrastrukturmassnahmen zu Modulkosten resp. Kosten eines Ausbauschnittes.....	23
5.1	Infrastrukturmassnahmen .....	23
5.2	Bildung der Modul- und Ausbauschnittkosten.....	23
6	Verwendung und Kommunikation der Ergebnisse .....	25
6.1	Aussagen der Kostenkennzahlen E, U, O.....	25
6.2	Bewertung von Infrastrukturmassnahmen resp. Ausbauschnitten .....	25
6.3	Kommunikation der Kostenkennzahlen.....	25
6.4	Vorgehen bei der Kreditfestlegung für eine Realisierung im Rahmen der STEP-Ausbauschnitte .....	25
	Glossar .....	27
	Quellenverzeichnis .....	31

## **Anhänge**

- A1 Statistische Grundlagen
- A2 Beispiel zur Ergebnisdarstellung
- A3 Rechenbeispiel mit Vorgehensschritten
- A4 Kostengliederung nach eBKP-T
- A5 Kostengliederung nach SBB
- A6 Szenariotechnik zur Berücksichtigung von Chancen und Risiken
- A7 Access-Datenbank für Risikoermittlung mittels Szenariotechnik
- A8 Anforderungen an die Kostendokumentation
- A9 Hinweise zur Einschätzung der Komplexität

---

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangslage

Infrastrukturausbaumasnahmen im schweizerischen Eisenbahnnetz werden alle 4 bis 8 Jahre vom Parlament in Ausbausritten beschlossen, dies auf der Grundlage des „Strategischen Entwicklungsprogramms Bahninfrastruktur“ (STEP). Die Ausbausritte umfassen zusätzliche Angebote und einen hierfür notwendigen Ausbau der Infrastruktur. Welche Infrastrukturmassnahmen darin eingeschlossen werden, wird jeweils im Rahmen eines standardisierten Planungs- und Bewertungsprozesses bestimmt. Das Bundesamt für Verkehr (BAV) ist hierfür die leitende Behörde und führt die Parlamentsbeschlüsse über eine Botschaft herbei.

Mittels Umsetzungsvereinbarungen bestellt danach der Bund die in den Beschlüssen enthaltenen Ausbausritte bei den Infrastrukturbetreiberinnen (ISB). In der Umsetzung übernimmt der Bund resp. das BAV die Aufgabe, die zu realisierenden Projekte zu beaufsichtigen, zu steuern und die Bereitstellung und Bewirtschaftung der Finanzen vorzunehmen. Das BAV hat zu diesem Zweck die Richtlinie „Umsetzung Bahninfrastruktur-Ausbauten“ [1] erschaffen. Darin sind die prozessorientierten Vorgaben zur Umsetzung festgehalten.

## 1.2 Zweck und Stellung des Leitfadens

Vom Planungsbeginn bis zur Umsetzung der Ausbausritte stehen die betrieblichen Anforderungen und die Einhaltung der Kredite im Fokus. Um letzteres zu erreichen, ist ein gemeinsames Verständnis aller Beteiligten bei der Kostenermittlung erforderlich. Der vorliegende Leitfaden hat zum Ziel, die Begrifflichkeiten und das methodische Vorgehen bei der Kostenermittlung und der Kommunikation zu vereinheitlichen resp. zu harmonisieren. Der Leitfaden fokussiert sich dabei auf den Zeitraum von der Planung bis zur Botschaft für einen nächsten Ausbausritt. Grundsätzlich ist es möglich, die im Leitfaden aufgezeigte Kostenmethodik auch nach dem Parlamentsbeschluss anzuwenden, insbesondere wenn für ausgewählte Massnahmen zusätzliche Studien durchgeführt werden. In den späteren Projektierungs- und Realisierungsphasen sind die Kostenermittlungen mit Risikobetrachtungen zu ergänzen, immer mit dem Ziel die Durchgängigkeit in den Kostenprognosen – von der Planungs- bis zur Realisierungsphase – herzustellen.

Die Stellung des vorliegenden Leitfadens illustriert die nachfolgende Abbildung 1:

- In der Planungsphase bis zur Botschaft für einen nächsten Ausbausritt ist das in diesem Leitfaden dargelegte methodische Vorgehen anzuwenden.

In der Umsetzungsphase (Projektierung + Realisierung) der in einem Bundesbeschluss beschlossenen Massnahmen stellt die Richtlinie „Umsetzung Bahninfrastruktur-Ausbauten (RUBA)“ [1] die verbindliche Grundlage dar. Diese enthält methodische und begriffliche Vorgaben und hält die Grundsätze der Organisation, des Risikomanagements und der

Berichterstattung fest. Weisungen der Ersteller zur Detaillierung oder Ergänzung sind möglich.

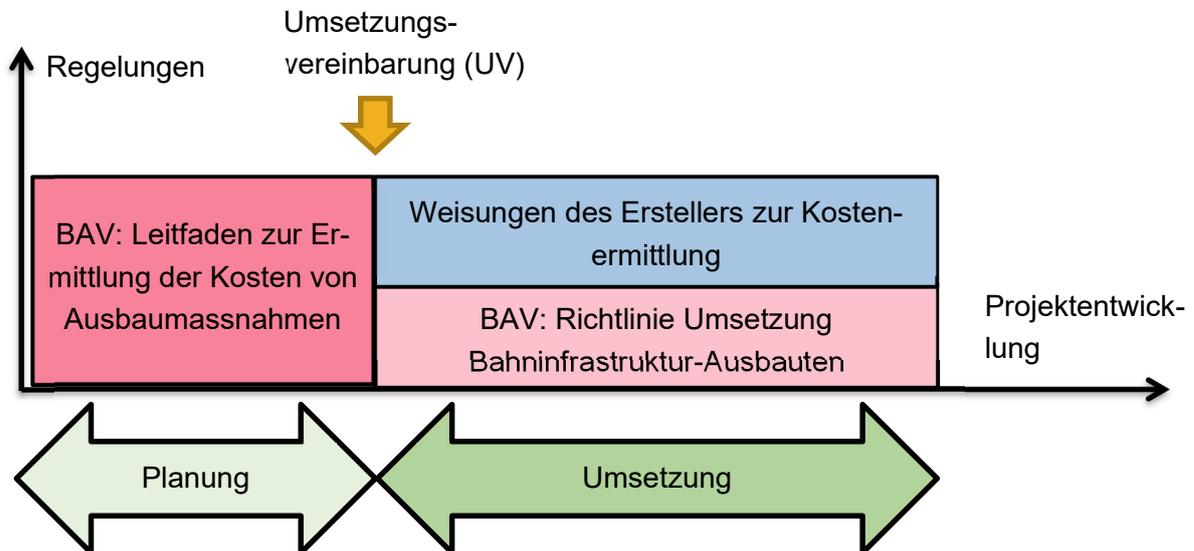


Abbildung 1: Stellung des Leitfadens im Verhältnis zur BAV-RL „Umsetzung Bahninfrastruktur-Ausbauten (RUBA)“ und Weisungen des Erstellers

### 1.3 Herausforderungen bei der Kostenermittlung

An die Kostenermittlung stellen sich bei der Planung der Ausbauschritte folgende Herausforderungen:

- Die Investitionsausgaben, welche mit jeder einzelnen Infrastrukturmaßnahme verbunden sind, prägen die Bewertung und die jeweiligen Ausbauschritte maßgeblich mit. Es ist darum sicherzustellen, dass für die Kostenermittlung der Infrastrukturmaßnahmen eine einheitliche Kostenmethodik zu Grunde gelegt wird, unabhängig davon, in welchem Eigentum die zu erweiternde Infrastruktur ist. Der vorliegende Leitfaden richtet sich deshalb an alle ISB.
- Ein vom Parlament beschlossener Verpflichtungskredit bildet die Vorgabe für die Umsetzung der einzelnen Ausbauschritte. In der Summe dürfen die Investitionsausgaben diesen Rahmen nicht überschreiten. Abweichende Kostenentwicklungen in einzelnen Infrastrukturmaßnahmen müssen deshalb zuerst innerhalb des Ausbauschrittes kompensiert werden. Nur wenn dies nicht möglich ist, soll dem Parlament ein Zusatzkredit zum bereits bewilligten Ausbaukredit beantragt werden.

## 1.4 Anforderungen an die Kostenmethodik

Aus Sicht BAV bestehen die folgenden Anforderungen an die Kostenermittlung:

- In der Planungsphase sind die Investitionsausgaben möglichst realitätsnah auf einem Niveau zu schätzen, das in der weiteren Planung und Umsetzung Bestand hat. D.h. eine zunehmend verbesserte Planungstiefe darf nicht zwangsweise zu Kostensteigerungen führen, was nicht nur den Finanzrahmen eines beschlossenen Ausbaus schrittens sprengen, sondern u.U. auch die vorgenommene Bewertung und Priorisierung der Infrastrukturmassnahmen in Frage stellen würde. Ändern wird sich jedoch im Rahmen der Projektentwicklung die jeweilige Kostenbandbreite, die von Phase zu Phase entsprechend dem zunehmenden Kenntnisstand abnehmen soll.
- Die Kostenmethodik soll mit dem Risiko von kleineren Änderungen an den funktionalen Projektanforderungen umgehen können, das in der Regel über den gesamten Planungsablauf besteht. Grössere Änderungen können jedoch mit dieser Methodik nicht abgedeckt werden. In solchen Fällen sind die Projektziele zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen. Allenfalls ist eine spezifische Projektphase mit geänderten Projektzielen nochmals zu wiederholen.
- Die Investitionsausgaben der beschlossenen Infrastrukturmassnahmen sollen sich von der Planung bis zur Realisierung (Bestimmung der mutmasslichen Endkosten) kohärent ermitteln und vergleichen lassen, ohne dass methodisch verursachte Kostensprünge das Bild verzerren.

## 1.5 Aufbau und Gliederung des Leitfadens

Das Ziel des Leitfadens ist es, dem Anwender die Grundlagen und Werkzeuge zur Kostenermittlung in der Planungsphase zu vermitteln. Der vorliegende Leitfaden ist in sechs Kapitel gegliedert.

- In den Kapiteln 1 und 2 wird der Anwender über den Zweck des Leitfadens und die Systemabgrenzung informiert.
- Der zentrale Teil des Leitfadens besteht aus den Kapiteln 3 bis 5, in welchen das Vorgehen und die Werkzeuge vermittelt werden.
- Die Kapitel 5 und 6 widmet sich dem Thema, wie die Ergebnisse zu verwenden sind und wie die Kostenkennzahlen gegenüber dem BAV und Dritten kommuniziert werden.

## **2 Systemabgrenzung**

### **2.1 Bezug zu bestehenden Normen**

Die in diesem Leitfaden dokumentierte Kostenmethodik bildet in Bezug auf die Begrifflichkeiten den übergeordneten Rahmen für die Ermittlung und Dokumentation der Investitionsausgaben über alle Phasen von der Planung bis zur Projektierung.

Die Normen SIA (z.B. Ordnung SIA103) und die Baukostenpläne eBKP Tiefbau oder BKP SBB, welche im Zuge der Umsetzung zur Anwendung gelangen, enthalten keine Aussagen, die im Widerspruch zum vorliegenden Leitfaden stehen.

### **2.2 Projektabgrenzung im Rahmen von STEP**

Bei STEP werden Module entwickelt und beurteilt. Diese beinhalten eine oder mehrere Angebotsverbesserungen sowie die hierfür notwendigen Infrastrukturmassnahmen. Dabei können ausserhalb der eigentlichen Infrastrukturmassnahmen auch Kleinmassnahmen resp. Anpassungen erforderlich werden, die zusätzlich zu den Kosten der Infrastrukturmassnahmen abzuschätzen und auszuweisen sind.

Ausbauschritte können grössere und kleinere Massnahmen umfassen. Bei Grossprojekten empfiehlt es sich, die Infrastrukturmassnahme in mehrere Abschnitte resp. Objekte zu gliedern und gemäss dem Charakter der Abschnitte (Bauwerksarten, Bauverfahren, technische Komplexität) die Kosten getrennt zu ermitteln. Damit lassen sich vor allem die Risikozuschläge abschnittsweise abstufen.

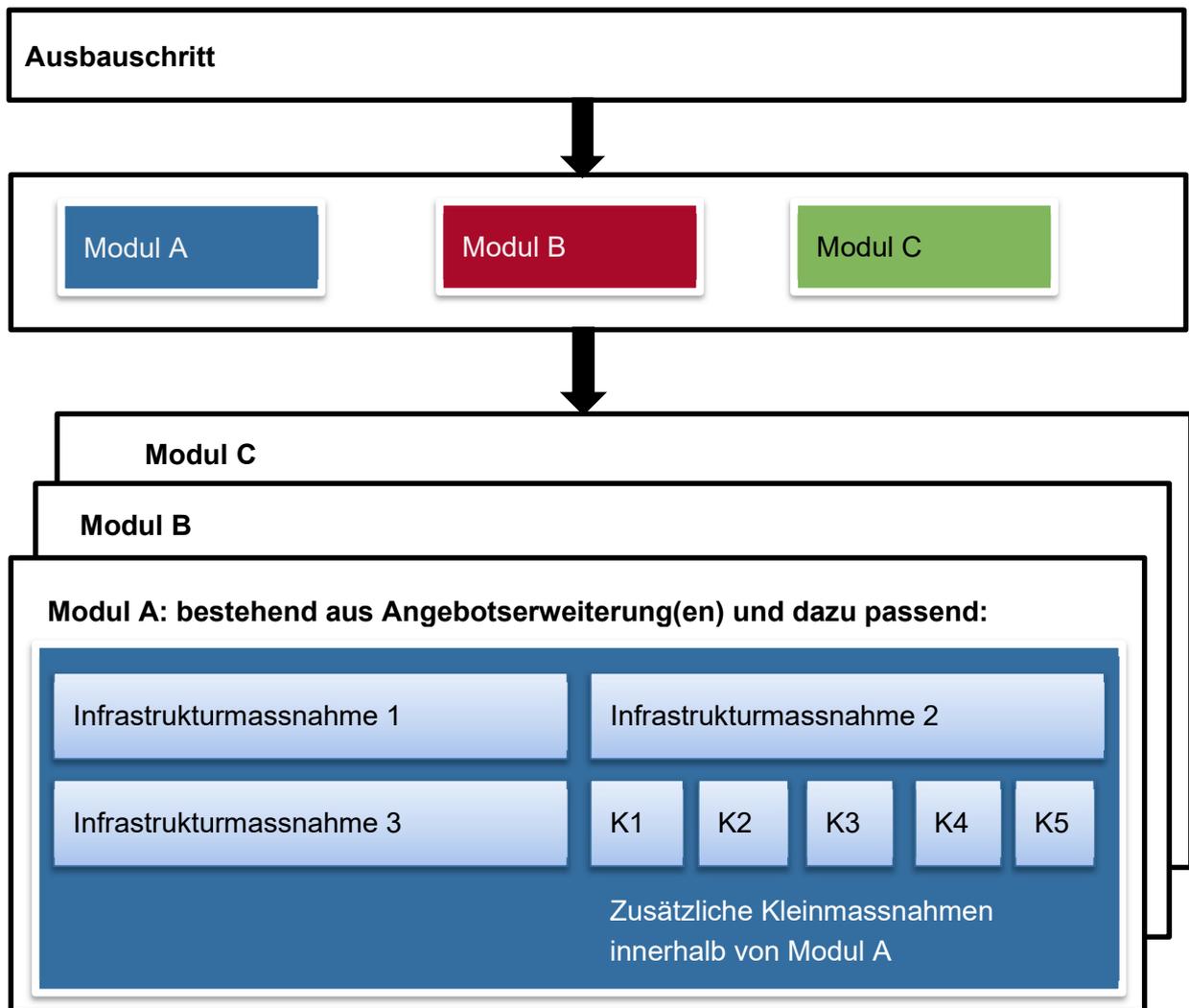


Abbildung 2: Projektbegrenzung im Rahmen von STEP

Die Kostenermittlungen sind für jede einzelne Infrastrukturmassnahme durchzuführen. Für zusätzliche Kleinmassnahmen wird gesamthaft ein Budgetbetrag bestimmt.

## 2.3 Berücksichtigung von untergeordnetem Substanzerhalt

Im Eisenbahngesetz wird eine finanzielle Trennung zwischen dem Ausbau und dem Substanzerhalt vorgenommen. Mit Umsetzungsvereinbarungen (UV) werden jene Ausbauprojekte finanziert, welche im Rahmen von STEP entwickelt und beschlossen werden. Grundsätzlich gehört der Substanzerhalt nicht dazu. Dieser wird über Leistungsvereinbarungen (LV) abgegolten. Die in diesem Leitfaden dargelegte Kostenmethodik bezieht sich auf die Ermittlung der Kosten von Ausbauprojekten.

Weist eine auszubauende Bahninfrastruktur-Anlage jedoch Mängel (z.B. Abweichungen zur aktuell gültigen AB-EBV) auf, so ist für ein bewilligungsfähiges Projekt zwingend, diese Mängel gleichzeitig mit der Ausbau-Massnahme zu beheben. Die Behebung dieser Mängel ist in den Kosten zu berücksichtigen.

Sind mit den Massnahmen zusammenhängende untergeordnete Arbeiten für den Substanzerhalt notwendig, so werden diese nach Eisenbahngesetz Art 48f Abs. 2 [2] ebenfalls über die UV finanziert. Entsprechende Arbeiten sind somit in der Ermittlung der Kosten der Ausbautvorhaben gemäss dem vorliegenden Leitfaden zu berücksichtigen.

## **2.4 Umgang mit Teuerung und gesetzlichen Änderungen**

Die künftige Teuerung sowie das Risiko für derzeit noch nicht absehbare, künftige gesetzliche oder normative Änderungen (Normen, Umweltvorschriften etc.) werden bei der Kostenermittlung nach vorliegendem Leitfaden nicht berücksichtigt. Das heisst, die im Zuschlag Z3 eingeschlossenen „nicht quantifizierbaren Risiken“ decken diese beiden Risiken nicht ab (siehe Kap. 3.1 resp. 4.2.4). Die ermittelten Kosten verstehen sich als reine Investitionsausgaben mit Bezug zur festgelegten Kostenbasis.

Vor der Erarbeitung einer Botschaft legt das BAV fest, auf welcher Preisbasis die Kosten anzugeben sind. Erforderliche Umrechnungen sind mit Hilfe des Bahnbau-Teuerungsindex BTI vorzunehmen.

## 3 Übersicht über die Kostenmethodik

### 3.1 Definition der Kostenparameter

Die im vorliegenden Leitfaden erläuterte Kostenmethodik basiert auf den folgenden Kostenparametern:

- Basiskosten
- Risikozuschläge

Anwendungsbereich des Leitfadens

Phase Kosten- parameter	Planung		Umsetzung
	Strategische Planung <sup>1</sup>	Vorstudien <sup>2</sup>	Vor- / Bauprojekte
<b>Basiskosten (BK)</b>			
▪ Grundkosten (GK)	ermittelt aus einem groben Mengengerüst und Elementkosten auf einer stufengerechten Kostengliederung basierend	ermittelt aus einem detaillierteren Mengengerüst basierenden auf Elementkosten / Einheitspreisen	ermittelt aus einem <b>Mengenauszug und Einheitspreisen</b> auf einem Baukostenplan basierend <sup>3</sup>
▪ Zuschlag 1 (Z1)	Zuschlag für nicht erfasste Positionen		
<b>Risikozuschläge</b>			
▪ Zuschlag 2 (Z2)	Zuschlag für quantifizierbare Kostenrisiken		Risikomanagement nach Umsetzungsrichtlinie
▪ Zuschlag 3 (Z3)	Zuschlag für nicht quantifizierbare Kostenrisiken, die sich auf der Basis der vorhandenen Planungsgrundlagen resp. aus heutiger Sicht <u>nicht</u> quantifizieren lassen		

Tabelle 1: Kostenparameter in Bezug zu den Planungsphasen

Zu den einzelnen Kostenparametern kann Folgendes festgehalten werden:

- Die **Basiskosten** setzen sich aus den Grundkosten, für welche eine ingenieurmässige Ermittlung der Kosten vorgenommen wird, und einem Zuschlag für „nicht erfasste Positionen“ (Z1) zusammen.
- Der **Zuschlag 1** deckt die Kosten ab, die sich nicht explizit durch das Mengengerüst in den Grundkosten ermitteln lassen. Zudem antizipiert der Zuschlag 1 weitere Kosten, die sich erst nach einer gründlichen Bauphasenplanung, der Erarbeitung eines Materialbewirtschaftungs- / Entsorgungskonzepts und des Erhaltungskonzepts ermitteln lassen.

1) angelehnt an SIA 112 Phase 1

2) angelehnt an SIA 112 Phase 2

3) im Bauprojekt z.B. auch Verwendung eines Normpositionenkatalogs

- Mit dem **Zuschlag 2** werden Risiken erfasst, die sich bezüglich Erweiterung des Perimeters, Änderung von Funktionalitäten, Baugrund, Bauabläufen oder Anforderungen Dritter aus aktueller Sicht erfassen und quantifizieren lassen. Die Eintretenswahrscheinlichkeit der Risiken wird dabei als  $< 50\%$  beurteilt, andernfalls sind die Kosten aus diesen Risiken den Basiskosten zuzurechnen.
- Mit dem **Zuschlag 3** werden die zum Planungszeitpunkt im Detail nicht bekannten und deshalb auch nicht quantifizierbaren Risiken abgedeckt: Sie unterteilen sich in zwei Risikogruppen:
  - Risiken hinsichtlich Bewilligungsverfahren (z.B. Interessensabwägungen bei Zielkonflikten oder Projektmängel) und potenziellen Bestellungenänderungen (insbesondere durch Einflüsse Dritter, wie Kantone und Gemeinden oder durch zum Planungszeitpunkt noch nicht erkennbare technologische Entwicklungen oder Projektänderungen, mit denen im Projektverlauf aber gerechnet werden muss)
  - Risiken aus der technischen Komplexität des Vorhabens

Der Zuschlag 3 wird nach Projektphase differenziert.

### 3.2 Algorithmus zur Ermittlung der Gesamtkosten

Die Bestimmung der einzelnen Kostenparameter setzt Ingenieurwissen und eine ingenieurmässige Auseinandersetzung mit der Aufgabe voraus. Darauf aufbauend werden die Gesamtkosten nach einem systematischen Rechen-Algorithmus ermittelt.

Die Gesamtkosten ergeben sich aus der Addition der Grundkosten und der Zuschläge 1, 2 und 3, wie dies die Abbildung 3 illustriert. Beim Zuschlag 1 handelt es sich um einen prozentualen Zuschlag, der auf die Grundkosten geschlagen wird. Der Zuschlag 2 für identifizierte, quantifizierbare Risiken wird analog zu den Grundkosten aus einem Mengengerüst und den zugehörigen Elementkosten resp. Einheitspreisen ermittelt. Der Zuschlag 3 wird auf der Grundlage der Basiskosten wiederum prozentual erhoben.

### Gesamtkosten der Investitionskosten

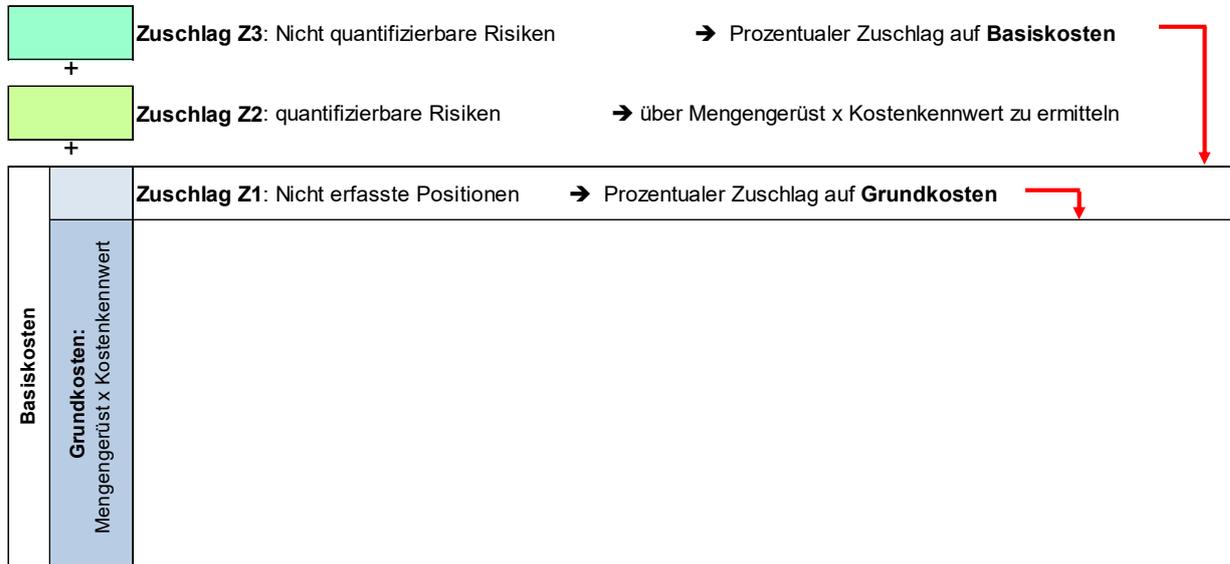


Abbildung 3: Rechen-Algorithmus

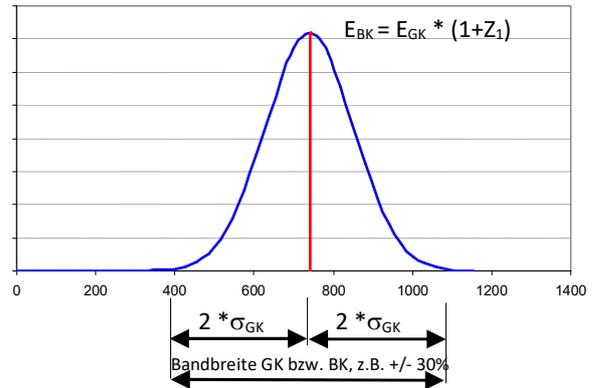
### 3.3 Methodischer Ansatz

Ein Merkmal der in diesem Leitfaden angewandten Kostenmethodik ist, dass sämtliche Kosten als „unscharfe“ Größen betrachtet werden. Gestützt auf die Wahrscheinlichkeitsrechnung werden die Kosten als Zufallsvariablen behandelt, welche sich durch eine Wahrscheinlichkeitsverteilung (bzw. Dichteverteilung) beschreiben lassen. Dieser Ansatz hat den wesentlichen Vorteil, dass sich neben der Größenangabe der Investitionsausgaben auch Aussagen über deren Zuverlässigkeit kommunizieren lassen. Von Bedeutung ist dies im Hinblick auf den Zusammenzug der Kosten zu Modulkosten resp. zu Kosten eines Ausbauschnittes.

Dieser Ansatz eignet sich vorrangig für die Kostenermittlung in der Planungsphase, in welcher die Kosten noch eine hohe Unschärfe aufweisen und mit einigen quantifizierbaren und nicht quantifizierbaren Risiken behaftet sind.

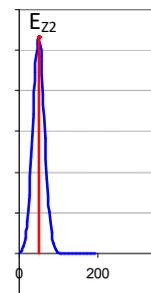
**Basiskosten (E<sub>BK</sub>) =**

Grundkosten (E<sub>GK</sub>)  
 multipliziert mit (1 + Zuschlag 1)



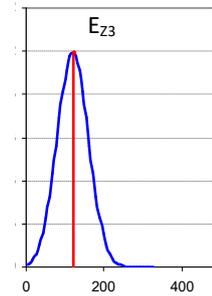
**+ Zuschlag 2**

(quantifizierbare Risiken)



**+ Zuschlag 3**

(nicht quantifizierbare Risiken)



**= Gesamtkosten**

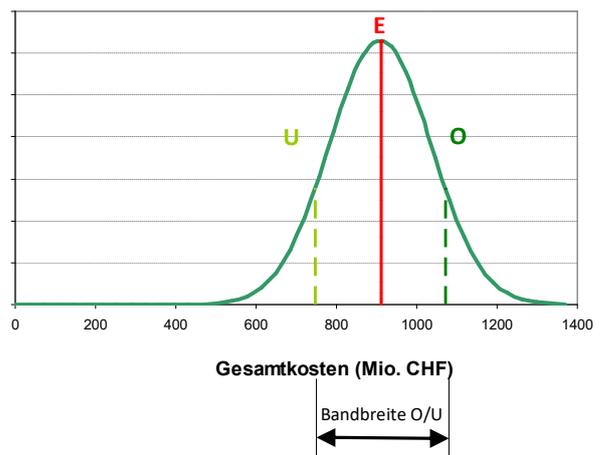


Abbildung 4: Betrachtung der Kosten als Zufallsvariablen

---

Es wird angenommen, dass sich die Basis- resp. Grundkosten durch eine Gauss'sche Normalverteilung darstellen lassen, welche durch den **Erwartungswert  $E$**  (=definierter Mittelwert) und durch die **Bandbreite** charakterisiert werden. Die Letztere entspricht hierbei der Bezifferung der Kostengenauigkeit (siehe Tabelle 2).

Auch die Zuschläge 2 und 3 werden als Zufallsvariablen behandelt. Die Dichteverteilung der Risiken (und Chancen) wird als normalverteilt zwischen null (d.h. nicht existent) und dem maximal ermittelten resp. geschätzten Kostenwert  $O$  angenommen (Quantile, siehe Anhang A1).

Die Gesamtkosten weisen folglich ebenfalls eine Wahrscheinlichkeitsverteilung auf. Weil die Summanden als normalverteilt angenommen werden, resultiert auch für die Gesamtkosten eine Normalverteilung. Die Gesamtkosten lassen sich durch drei festgelegte Kostenkennzahlen charakterisieren:

- **Erwartungswert  $E$ :** Dieser Wert beschreibt den Kostenwert, der je mit einer Wahrscheinlichkeit von 50% über- resp. unterschritten wird.
- **Untere und obere Kostenwerte  $U / O$ :** Diese zwei Werte bilden die Schranken der Kostenbandbreite.

Die unteren und oberen Kostenwerte  $U / O$  sind so festgelegt, dass die Wahrscheinlichkeit einer Unter- resp. Überschreitung der Gesamtkosten 10 % beträgt. Oder anders ausgedrückt: Die Wahrscheinlichkeit beträgt 80 %, dass die Gesamtkosten innerhalb der angegebenen Bandbreite liegen.

Die nachfolgende Abbildung 5 illustriert schematisch die Entwicklung der Kostenunschärfe im Projektablauf und wie sich die mutmasslichen Endkosten mit dem oben beschriebenen methodischen Ansatz prognostizieren lassen. Die Abbildung zeigt auch den Anwendungsbereich für die Kostenermittlungsmethodik mit phasenbezogenen Risikozuschlägen resp. die Methodik mit Risikoanalyse gemäss Risikomanagement aus der Umsetzungsrichtlinie [1].

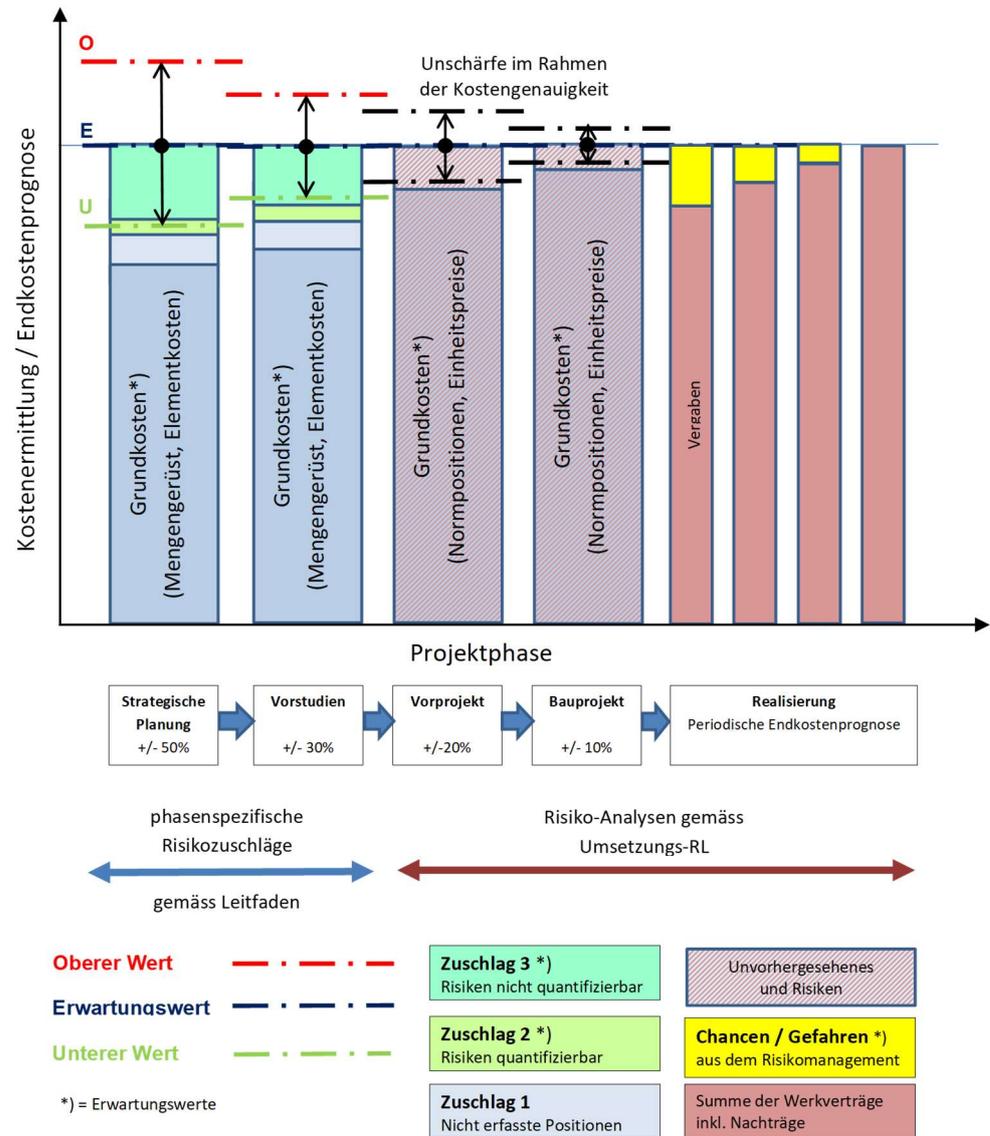


Abbildung 5: Entwicklung der Kostenunschärfe im Projektablauf (Prinzipdarstellung)

- Theoretisch, wenn die Kostenrisiken vollumfassend durch die Zuschläge abgedeckt werden, entspricht der Erwartungswert (E) einer Vorstudie ziemlich genau den späteren Endkosten. Durch die Unschärfe bedingt, ist die Kostenbandbreite eines Projekts aber zu Beginn grösser und nimmt mit der Zeit ab. Damit verbunden ist die Entwicklung des oberen Kostenwerts (O), der mit der Projektentwicklung laufend abnimmt, während der untere Kostenwert (U) zugleich ansteigt.
- Charakteristisch für einen Projektablauf ist, dass die Grundkosten tendenziell zunehmen, je detaillierter ein Projekt ausgearbeitet wird. Umgekehrt nehmen die Risiken sukzessive ab, je besser die Grundlagen sind und je mehr Risiken hinfällig werden oder mit planerischen und organisatorischen Massnahmen aufgefangen werden können.

- Nach der Ausschreibung und der Vergabe der Arbeiten wird das Projekt auf der Grundlage des abgeschlossenen Werkvertrags realisiert. Einen bedeutenden Einschnitt stellt der Vergabeerfolg oder Misserfolg im Vergleich zu den veranschlagten Kosten dar. In dieser Projektphase wird die Prognose der mutmasslichen Endkosten und deren Vergleich mit den Kostenbezugsbasen zum zentralen Überwachungs- und Steuerungsinstrument. Je weiter entwickelt der Projektstand ist, desto mehr gehen die Risiken auf null zurück. Die eingetretenen Risiken werden in der Endkostenprognose erfasst, was effektiv zu einer Kostenerhöhung führt. Die nicht eingetretenen Risiken werden gestrichen. Die mutmasslichen Kosten werden schliesslich zu abgerechneten Endkosten.

Ein Beispiel für die Ergebnisdarstellung lässt sich dem Anhang A2 entnehmen. Die einzelnen Vorgehensschritte dazu vermittelt der Anhang A3. Dort werden die Kostenermittlungsverfahren und die schrittweisen Ergebnisse anhand einer Richtkostenschätzung bei einer Vorstudie aufgezeigt.

## 4 Vorgehensschritte

### 4.1 Bildung der Grundkosten

(siehe Anhang A3, Schritt 1)

#### 4.1.1 Übersicht

Die Verfahren zur Ermittlung der Grundkosten unterscheiden sich nach der Planungsphase resp. auf welcher Projektgrundlage sie erhoben werden. Damit verbunden ist auch die resultierende Kostengenauigkeit, wie dies die Tabelle 2 zeigt. Mit zunehmender Bearbeitungstiefe nimmt die Kostengenauigkeit zu.

<b>Projektgrundlage</b>	<b>Kostengenauigkeit</b>
<b>Strategische Planung</b> auf der Basis von Elementkosten ausgewerteter Vergleichsobjekte	+/-50 %
<b>Vorstudien</b> baulich/technisch ausgearbeitet (inkl. Einbezug Fachdienste)	+/-30 %
<b>Vorprojekt</b>	+/-20 %
<b>Bauprojekt</b>	+/-10 %

Tabelle 2: Projektgrundlagen zur Ermittlung der Grundkosten

Die Kostengliederung der Grundkosten ist den Erstellern freigestellt. Mit dem „Baukostenplan eBKP Tiefbau“ [3] steht jedoch ein Instrument zur Verfügung, das eine Gliederung aufweist, bei der sich die Kosten vom Beginn der Planung (Konzeptstudie) bis zur Ausführung durchgängig erfassen und nach und nach detaillieren lassen. Er bietet die Grundlage, um Kosten systematisch und präzise zu erfassen, zu erarbeiten, zu vergleichen und für die verschiedenen Planungsstufen stufengerecht auszuwerten.

Zu den einzelnen Projektgrundlagen ist auf Folgendes hinzuweisen:

- **Strategische Planung:** Solange erst ein grobes Mengengerüst auf der Basis einer knappen geometrischen Darstellung der künftigen Anlage vorliegt, lässt sich nur eine erste Abschätzung der zu erwartenden Kosten vornehmen. Die Grundlage für solche Abschätzungen sind in der Regel grobe funktionale Annahmen und eine skizzenmässig dargestellte Konfiguration der künftigen Anlage. Das Ziel dieser Phase ist es, mit wenig Aufwand und über einige repräsentative Elementkosten, die auf vergleichbaren, bereits realisierten Vorhaben basieren, eine plausible Kostengrößenordnung zu erhalten. Die Kostengenauigkeit der Kostenschätzung liegt bei +/-50 %.

- **Vorstudien:** Das Ziel der Vorstudie ist die Ermittlung der konzeptionellen Bestvariante basierend auf einem Betriebs- und Infrastrukturkonzept. Der Nachweis der geometrischen Machbarkeit wird ebenso erbracht wie das Aufzeigen der baulich-technischen Machbarkeit. Zudem erfolgt ein Abgleich mit den geplanten Substanzerhaltungsmassnahmen im betreffenden Zeithorizont. Die Kostengenauigkeit der Kostenschätzung liegt bei +/-30 %.
- **Vorprojekt:** Mit dem Vorprojekt wird ein bezüglich Konzeption und Wirtschaftlichkeit optimiertes Projekt ausgearbeitet. Offene Variantenentscheide sind zu fällen und das Projekt ist auf der Basis der gewählten Bestvariante zu konkretisieren. Die Kostengenauigkeit ist in der Regel auf +/-20 % zu erhöhen.
- **Bauprojekt:** Im Bauprojekt ist ein bezüglich Kosten optimiertes und für die Ausschreibung ausreichend definiertes Projekt auszuarbeiten. Die Termine sind zu definieren. In der Regel ist ein Kostenvoranschlag mit der Genauigkeit von +/-10 % zu erstellen.

In den Kapiteln 4.1.2 bis 4.1.4 wird das Vorgehen weiter konkretisiert.

#### 4.1.2 Vorgehen bei Strategischer Planung

Die Grundkosten werden auf Basis von repräsentativen Elementkosten und einem grob abgeschätzten Mengengerüst ermittelt. Die Elementkosten sollten nach Komplexität und Grösse der Objekte differenziert sein, damit sich eine Kostengenauigkeit von +/-50 % erzielen lässt. Adäquat einzurechnen sind neben den Bauwerkskosten auch die Planungskosten (Honorare) und die Baunebenkosten (Aufwendungen für die Sicherheitsleistungen, Intervalle, Kosten Bahnersatz).

Für die Globalschätzungen verfügen die Ersteller idealerweise über Kostenkennwerte bzw. Elementkosten, welche auf der Auswertung einer Vielzahl von bereits realisierten Projekten basieren. Ein solches "Kosten-Tool" sollte für jede Hauptgruppe resp. Elementgruppe plausible Kostenkennwerte umfassen, die unter Berücksichtigung folgender Randbedingungen abgestuft sind:

- Projektgrundlage (Studie, Vorprojekt, Bauprojekt etc.)
- Geologie/ Hydrologie
- Umgebung (Stadt/"grüne Wiese")
- regionale Unterschiede (Marktsituation)
- Bauen unter Betrieb
- sonstige Randbedingungen

### 4.1.3 Vorgehen bei Vorstudien

Die Grundkosten ermitteln sich auf der Basis von detailliert aufgeschlüsselten Elementkosten und eines detaillierten Mengengerüsts. Bei Bedarf wird das betrachtete Objekt in *Teilobjekte resp. Abschnitte* und in *Kostengruppen* mit einem entsprechenden Mengengerüst zerlegt. Die Strukturierung ist objektspezifisch und der Planungstiefe angemessen vorzunehmen. In der Regel werden bei Vorstudien die Kostenkennwerte der Stufe „Elementgruppe“ gemäss eBKP Tiefbau verwendet.

Der eBKP Tiefbau umfasst nicht nur Elemente des Bahnbaus, sondern ist auf alle Sektoren des Tiefbaus ausgerichtet. Es sind hieraus die zutreffenden Kostengruppen auszuwählen (siehe Anhang A4).

Dem Projektersteller ist es freigestellt eine eigene, spezifisch auf den Bahnbau ausgerichtete Kostengliederung (siehe Beispiel im Anhang A5) vorzunehmen.

Bei der konkreten Anwendung ist Folgendes zu beachten:

- **Mengengerüst:** Die Herleitung eines bautechnischen Mengengerüsts, welches auf verkehrlichen Abklärungen basiert, ist die absolute Grundvoraussetzung, um die Grundkosten stimmig ermitteln zu können. Dem Mengengerüst müssen funktionale Anforderungen hinterlegt sein (Betriebskonzept im Regel- und Ereignisfall)
- **Ingenieurmässige Auseinandersetzung mit den projektspezifischen Gegebenheiten:** Der auf der Wahrscheinlichkeitsrechnung beruhende Ansatz setzt ferner voraus, dass die Elementkosten und das Ausmass, welche für das betrachtete Objekt angenommen werden, mit annähernd gleicher Wahrscheinlichkeit über- wie unterschritten werden können. Es ist darum zwingend nötig, dass eine ingenieurmässige Auseinandersetzung zwischen der Wahl der Kostenkennwerte und den projektspezifischen Gegebenheiten stattfindet (wahrscheinlichste Ausmasse, Bandbreite und Übertragbarkeit der Kostenerfahrungswerte). Damit soll sichergestellt werden, dass die Basiskosten dem Erwartungswert entsprechen, also weder über- noch unterschätzt werden.
- **Bauen unter Betrieb, komplexe Bauphasen:** Erschwernisse wie das Bauen unter Betrieb sowie komplexe Bauphasenabwicklungen mit provisorischen Linienführungen oder mit Gleisverschwenkungen sollen grundsätzlich in den Elementkosten berücksichtigt sein. Bei komplexen Projekten (siehe entsprechende Hinweise im Anhang A9) wird in den frühen Planungsphasen mit einem erhöhten Zuschlagsfaktor Z1 gerechnet, welcher die dadurch zu erwartenden, höheren Kosten antizipiert.
- **Baustelleneinrichtungen:** Auf der Stufe Vorstudien ist fallweise und bewusst festzulegen, ob die Baustelleneinrichtungen in die Kostenkennwerte eingerechnet werden oder ob sie separat ausgewiesen werden. Beim eBKP Tiefbau steht hierfür die Hauptgruppe „L Bauvorbereitung“ zur Verfügung.

- **Honorare und Verwaltungsgemeinkosten:** Die Honorare für die Projektierung und Bauleitung sind Teil der Grundkosten. Auf der Stufe Vorstudien werden sie nicht in die Elementkosten eingerechnet, sondern separat ausgewiesen. Bei Anwendung des eBKP Tiefbau werden sie in der Hauptgruppe „V Planungskosten“ zugeordnet. Die Ermittlung erfolgt in Form von Zuschlägen auf die Bauwerkskosten, die getrennt vorgenommen werden und sich nicht kumulieren. Der Honorarzuschlag hängt von der Grösse des Bauobjektes ab und ist projektspezifisch festzulegen (i.d.R. zwischen 15-20 %). Falls eine ISB Verwaltungsgemeinkosten anwendet, so sind diese auf die Grundkosten aufzurechnen. Da die Zuschläge Z1 und Z2 auf den Grundkosten erfolgen, sind Honorar und VGK immer eingerechnet. Damit wird sichergestellt, dass die zusätzlichen Honoraraufwendungen bei Eintreten von Risiken abgedeckt sind.

#### **4.1.4 Vorgehen in der Projektierung**

Die Projektierung resp. Umsetzung der Ausbaumassname liegt in der Verantwortung des Erstellers und wird durch die Umsetzungsvereinbarung zwischen dem BAV und dem Ersteller geregelt. Der Ersteller ist in der Umsetzung frei, den Umfang und die Methode der Kostenermittlung festzulegen. Bei Bahnprojekten ist die Kostengliederung nach dem Baukostenplan BK SBB Standard.

Die Einheitskosten werden durch den Planer oder evtl. durch die Fachdienste beurteilt und festgelegt. Auch hier gilt: Die Einheitskosten sind so zu wählen, dass sie mit annähernd gleicher Wahrscheinlichkeit über- wie unterschritten werden können. Hilfreich ist, verschiedene Erfahrungswerte aus Offerten, Werkverträgen und abgerechneten Projekten zu vergleichen und die Bandbreite zu analysieren.

Der im Kapitel 4.1.3 dargelegte Umgang mit den Honoraren und Verwaltungsgemeinkosten gilt auch für die Projektierung.

## 4.2 Anwendungen der Kostenmethodik

### 4.2.1 Grundkosten (siehe Anhang A3, Schritt 2)

Die Grundkosten werden auf dem Niveau des Erwartungswertes (annähernd gleiche Wahrscheinlichkeit der Über- und Unterschreitung) ermittelt und eingesetzt.

Die Standardabweichung  $\sigma_{GK}$  leitet sich aus der Bezifferung der Kostengenauigkeit ab, die bei einer Richtkostenschätzung per Definition +/-30 % und bei Grobkosten- und Globalschätzungen +/-50 % beträgt. Das Intervall zwischen diesen Grenzwerten wird als Bandbreite der Grundkosten bezeichnet. Unter der Annahme, dass 95 % aller möglichen Kostenwerte in diesem Intervall liegen, ermittelt sich die Standardabweichung  $\sigma_{GK}$ , indem die Bandbreite durch die Zahl 4 geteilt wird (zur Herleitung siehe Anhang A1).

Bei einer Kostengenauigkeit +/-30 % bestimmt sich  $\sigma_{GK}$  zu:

$$\sigma_{GK} = 2 * \frac{30\%}{4} * E[GK] = 15\% * E[GK]$$

Bei einer Kostengenauigkeit von +/-50% wird  $\sigma_{GK}$  zu:

$$\sigma_{GK} = 2 * \frac{50\%}{4} * E[GK] = 25\% * E[GK]$$

### 4.2.2 Zuschlag 1, Basiskosten (siehe Anhang A3, Schritt 3)

Die Basiskosten ermitteln sich aus den Grundkosten und dem Zuschlag 1 für die durch das Mengengerüst nicht erfassten Positionen, die sich erst durch eine vertiefende Bearbeitung in späteren Planungsphasen ausreichend genau quantifizieren lassen. Dazu gehören Aspekte wie Bauablauf, Materialbewirtschaftung, Intervalle o.ä. Der Zuschlag 1 ist ein reiner Faktor und erhöht damit den Erwartungswert der resultierenden Basiskosten. Die Standardabweichung bleibt nach Beaufschlagung mit dem Zuschlag 1 unverändert.

Der Zuschlag 1 wird phasenbezogen festgelegt. Damit wird der Detaillierungsgrad der angewandten Kostenstruktur berücksichtigt. Zusätzlich wird unterschieden wie komplex das Projekts hinsichtlich Umfeld, Funktionalität, Geologie/Tunnels, Sicherungstechnik einzustufen ist. Die Werte sind den nachstehenden Tabellen 3 und 4 zu entnehmen.

Strategische Planung	Zuschlag 1 in % bzgl. GK	
	Komplexität des Projekts	
	Tief	Hoch
Tiefgang / Detaillierung in der Kostenstruktur		
• Hoch	15	20
• Gering	20	25

Tabelle 3: Höhe des Zuschlags 1 in der Phase Strategische Planung

Vorstudien	Zuschlag 1 in % bzgl. GK	
	Komplexität des Projekts	
	Tief	Hoch
Tiefgang / Detaillierung in der Kostenstruktur		
• Hoch	10	15
• Gering	15	20

*Tabelle 4: Höhe des Zuschlags 1 in der Phase Vorstudien*

Anzumerken ist, dass in der Projektierung (Vor- und Bauprojektphase) der Zuschlag 1 in der Regel durch eine Position für Unvorhergesehenes (bis max. 15 %) abgelöst wird, womit die methodische Durchgängigkeit gewährleistet ist.

#### 4.2.3 Zuschlag 2 (siehe Anhang A3, Schritte 4 und 5)

Als Zuschlag 2 werden Gefahren und allenfalls auch Chancen ingenieurmässig definiert und quantifiziert. Es sind die maximalen Kostenauswirkungen eines identifizierten Risikos auszuweisen (O-Wert). Bei Chancen handelt es sich um mögliche Kostenreduktionen und der Kostenbetrag weist ein negatives Vorzeichen auf. Bei mehreren Risiken wird jede Chance und jede Gefahr einzeln erfasst und einzeln ausgewiesen. Der Zuschlag 2 wird auf die Basiskosten aufgeschlagen (d.h. Grundkosten inkl. Honorare und VGK sowie inkl. eines Zuschlags 1).

Die Dichteverteilung der abgeschätzten Chancen und Gefahren wird als normalverteilt zwischen null und dem maximal geschätzten Risikobetrag (O-Wert) angenommen (Quantile, siehe Anhang A1). Der Erwartungswert einer identifizierten Gefahr oder Chance ist somit jener Wert, welcher der Hälfte des maximalen Risikobetrags entspricht. Diese Werte finden Eingang in die Ermittlung der Gesamtkosten und werden auf die Basiskosten hinzugeschlagen.

Wird aus einer anderen Optik der Erwartungswert einer Gefahr oder einer Chance als 100 % betrachtet, so beträgt die Bandbreite dieses einzelnen Risikos von Z2 +/-100 %. Die Standardabweichung  $\sigma_{Z2}$  bestimmt sich somit zu (siehe Anhang A1):

$$\sigma_{Z2} = 2 * \frac{100 \%}{4} * E[Z2] = 50 \% * E[Z2]$$

Da der maximale Risikobetrag folglich 200 % des Erwartungswertes ergibt, kann  $\sigma_{Z2}$  auch direkt ermittelt werden, indem der maximale Risikobetrag durch die Zahl 4 geteilt wird.

#### 4.2.4 Zuschlag 3 (siehe Anhang A3, Schritte 6 und 7)

Der Zuschlag 3 wird auf die Basiskosten aufgeschlagen. Damit wird der Obere Wert (O-Wert) für die nicht quantifizierbaren Risiken geschätzt. Die Planungsphasen werden insofern berücksichtigt, als für die Phasen Strategische Planung und Vorstudien unterschiedlich hohe Zuschläge erhoben werden. Den Projektverantwortlichen fällt die Aufgabe zu, die in den Tabellen 3, 4 und 5 bezeichneten Risiken hinsichtlich ihres Ausmasses einzuschätzen und aus den beiden Teilwerten einen Gesamtwert zu bilden.

- Für die Phase Strategische Planung resultiert hieraus ein Zuschlag 3, der je nach Einschätzung im Bereich von 45 bis 90 % liegen kann (vgl. Richtwerte in Tabelle 5).
- Für die Phase Vorstudien resultiert ein Zuschlag 3 im Bereich von 25 bis 50 % (vgl. Richtwerte in Tabelle 6).

<b>Strategische Planung</b>	<b>Zuschlag 3</b> bei Einschätzung des Risikos in % bzgl. $E[BK]$	
	<b>tief</b>	<b>hoch</b>
Risiko für <b>Projektanpassungen</b> im Bewilligungsverfahren sowie für nachträgliche <b>Bestellungsänderungen</b> , <b>inkl. technologischer Entwicklungen</b>	<b>20</b>	<b>40</b>
<b>Technische Komplexität</b> des Vorhabens	<b>25</b>	<b>50</b>

*Tabelle 5: Richtwerte für den Zuschlag 3 in der Phase Strategische Planung*

<b>Vorstudien</b>	<b>Zuschlag 3</b> bei Einschätzung des Risikos in % bzgl. $E[BK]$	
	<b>tief</b>	<b>hoch</b>
Risiko für <b>Projektanpassungen</b> im Bewilligungsverfahren sowie für nachträgliche <b>Bestellungsänderungen</b> , <b>inkl. technologischer Entwicklungen</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
<b>Technische Komplexität</b> des Vorhabens	<b>15</b>	<b>30</b>

*Tabelle 6: Richtwerte für den Zuschlag 3 in der Phase Vorstudien*

Es kann auch ein Zuschlag 3 gewählt werden, der von den obigen Richtwerten abweicht. Jede Wahl ist nachvollziehbar zu begründen, insbesondere wenn die Auffassung besteht, dass tiefere Werte ausreichen.

Die Dichteverteilung des Zuschlags 3 wird in der Regel als normalverteilt zwischen null und dem maximal geschätzten Risikobetrag (O-Wert) angenommen (Quantile, siehe Anhang A1).

Der Erwartungswert des Zuschlags 3 ist somit jener Wert, welcher der Hälfte des maximalen Risikobetrags entspricht. Er findet Eingang in die Ermittlung der Modul- und Ausbauschnittkosten (siehe Kapitel 5.2) und wird auf die Basiskosten hinzugeschlagen.

Wird aus einer anderen Optik der Erwartungswert des Zuschlags 3 als 100 % betrachtet, so beträgt die Bandbreite von  $Z_3$  +/-100 %. Die Standardabweichung  $\sigma_{Z_3}$  bestimmt sich somit zu (siehe Anhang A1):

$$\sigma_{Z_3} = 2 * \frac{100 \%}{4} * E[Z_3] = 50 \% * E[Z_3]$$

Da der maximale Risikobetrag folglich 200 % des Erwartungswertes ergibt, kann  $\sigma_{Z_3}$  auch direkt ermittelt werden, indem der maximale Risikobetrag durch die Zahl 4 geteilt wird.

#### 4.2.5 Ermittlung der Kostenkennzahlen E, U und O (siehe Anhang A3, Schritt 8)

Die durch die Aufsummierung der wahrscheinlichkeitsverteilten Kostenparameter ermittelten Gesamtkosten lassen sich durch die Kostenkennzahlen Erwartungswert ( $E_{Total}$ ) sowie unterer und oberer Kostenwert (U / O) beschreiben.

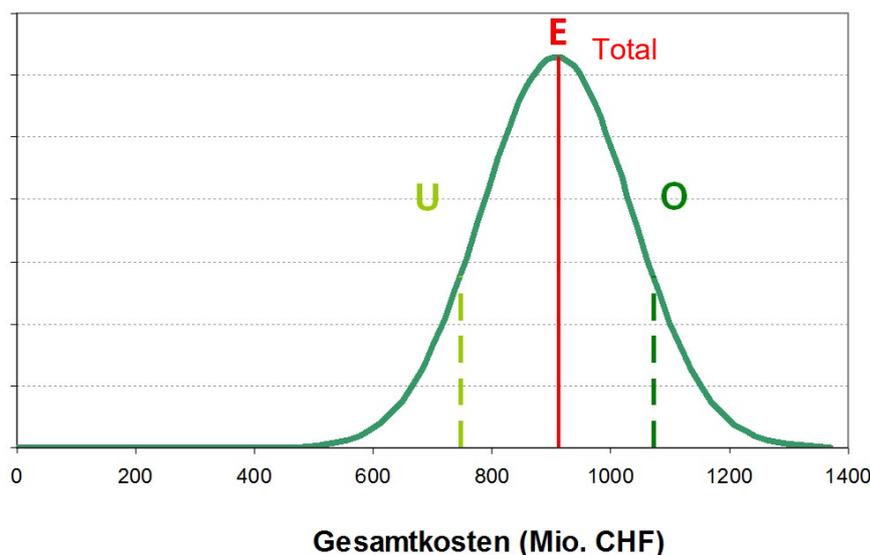


Abbildung 6: Grafische Darstellung der Kostenkennzahlen bei Gauss'scher Normalverteilung

Gestützt auf die Auslegung, dass die Gesamtkosten mit einer Wahrscheinlichkeit von 80% innerhalb der Kostenwerte U und O liegen sollen, lassen sich die Kostenkennzahlen mathematisch ausgedrückt wie folgt ermitteln (siehe auch Anhang A1):

$$E_{Total} = E[BK] + E[Z2] + E[Z3]$$

$$U = E_{Total} - 1.3 * \sigma_{Total}$$

$$O = E_{Total} + 1.3 * \sigma_{Total}$$

wobei

$$E[BK] = E[GK] * (1 + Z1\%) = GK * (1 + Z1\%)$$

$$E[Z2] = 0.5 * Z2$$

$$E[Z3] = 0.5 * Z3 = 0.5 * Z3\% * E[BK]$$

$$\sigma_{Total} = \sqrt{\sigma_{BK}^2 + \sigma_{Z2}^2 + \sigma_{Z3}^2}$$

$$\sigma_{BK} = \sigma_{GK} = 0.5 * x\% * E[GK]$$

$$\sigma_{Z2} = 0.5 * E[Z2]$$

$$\sigma_{Z3} = 0.5 * E[Z3]$$

$$Z1 = Z1\% * GK$$

$$Z3 = Z3\% * E[BK]$$

---

mit

GK, BK [CHF] ... Grundkosten, Basiskosten	(4.2.1, 4.2.2)
Z1, Z2, Z3 [CHF] ... Zuschläge 1, 2, 3	(4.2.2, 4.2.3, 4.2.4)
Z1%, Z3% [%] ... Prozentsatz für Berechnung der Zuschläge 1, 3	(4.2.2, 4.2.4)
$\sigma_{\text{Total}}$ ... Standardabweichung der Gesamtkosten	
x% [%] ... Bandbreite der Grundkosten / Kostengenauigkeit	(4.1.1)

Der Zuschlag 2 kann aus mehreren Teil-Zuschlägen 2 zusammengesetzt sein. Für jedes Risiko resp. für jede Chance sind der Erwartungswert und die Varianz (Standardabweichung im Quadrat) einzeln aufzuaddieren.

---

## **5 Zusammenzug von Kosten einzelner Infrastrukturmassnahmen zu Modulkosten resp. Kosten eines Ausbauschnittes**

### **5.1 Infrastrukturmassnahmen**

Als Infrastrukturmassnahmen werden einzelne Erweiterungen der Infrastruktur in Bahnhöfen (z.B. zusätzliche Perronkante) oder auf der Strecke (z.B. Doppelspurabschnitte oder Neubausrecken) bezeichnet.

### **5.2 Bildung der Modul- und Ausbauschnittkosten**

Jedes Modul setzt sich aus mindestens einer, in der Regel jedoch aus mehreren Infrastrukturmassnahmen zusammen. Die nach erfolgtem Bewertungsprozess gebildeten Ausbauschnitte setzen sich wiederum aus mehreren einzelnen Modulen zusammen (siehe Kapitel 2.2, Abbildung 2). Zur Bildung der Modul- und letztlich der Ausbauschnittkosten sind somit die Investitionsausgaben der einzelnen Infrastrukturmassnahmen resp. Module aufzusummieren.

Alle Investitionsausgaben, angefangen von den Infrastrukturmassnahmen bis hin zu den resultierenden Modul- und Ausbauschnittkosten, sind variable Kosten. Die Addition der Kosten erfolgt somit nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeitstheorie. Diese besagt, dass sich alle Erwartungswerte und Varianzen der einzelnen Infrastrukturmassnahmen aufaddieren lassen<sup>4)</sup>. Als Annahme wird dabei zugrunde gelegt, dass die einzelnen Investitionsausgaben stochastisch unabhängig sind und dass eine gegenseitige Beeinflussung vernachlässigt werden kann. Diese Annahme kann wie folgt begründet werden: Die Investitionsausgaben erfolgen über eine lange Periode und in finanzierbaren Tranchen. Eine wechselseitige Marktbeeinflussung ist i.d.R. nicht zu erwarten.

Die resultierenden Modul- resp. Ausbauschnittkosten weisen ebenfalls eine Gauss'sche Normalverteilung auf. Die oberen und unteren Kostenwerte ermitteln sich hierbei gleich wie bei den Gesamtkosten einer einzelnen Investitionsmassnahme (siehe Kapitel 4.2.5).

Auf dieser Ebene ist es von Bedeutung, Aussagen über die Stabilität, der aus vielen Investitionsmassnahmen aufaddierten Kosten, treffen zu können. Es ist darum nützlich die kumulative Wahrscheinlichkeitsverteilung der Kosten darzustellen (vgl. Anhang A7). Diese Form zeigt, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, dass bestimmte Modul- resp. Ausbauschnittkosten eingehalten oder sogar unterschritten werden. Im Umkehrschluss lässt sich daraus ableiten, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, dass die betrachteten Kosten überschritten werden (vgl. Abbildung 9).

---

4) Die entsprechenden Formeln dazu sind im Anhang A1 im Abschnitt „Bildung von Modul- und Ausbauschnittkosten“ zu finden

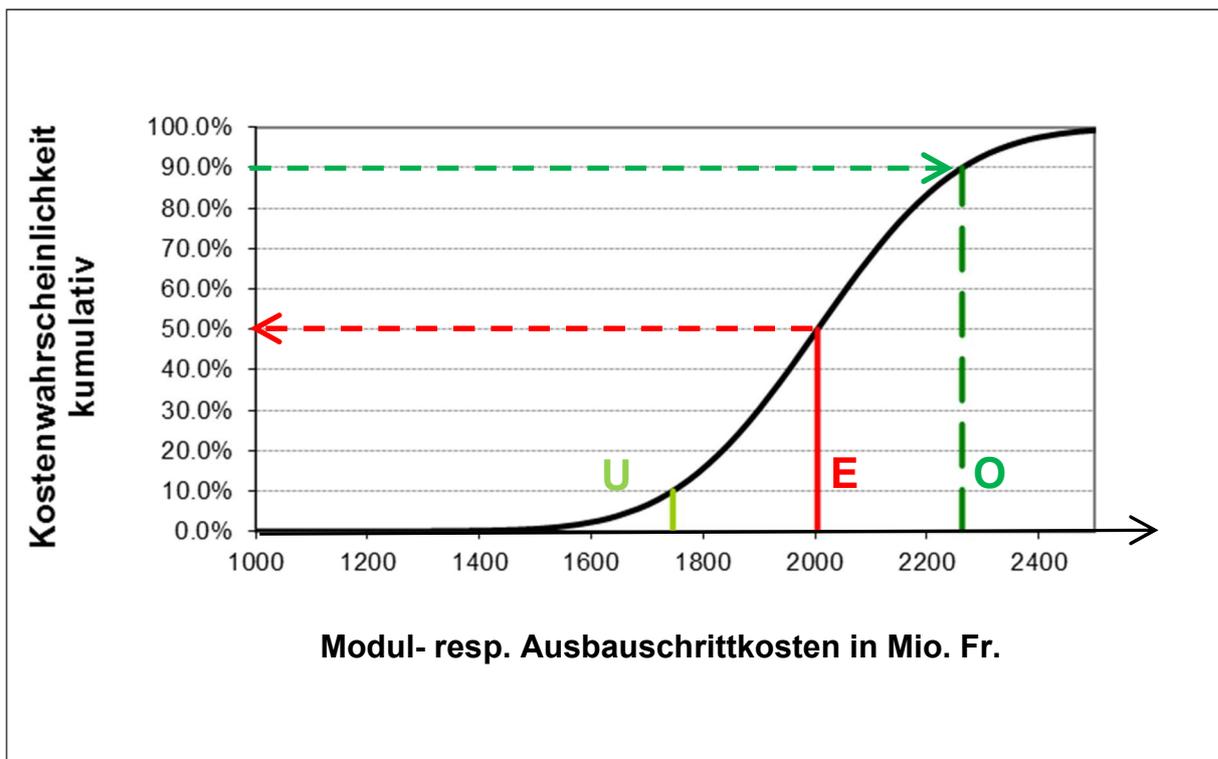


Abbildung 9: Kumulative Wahrscheinlichkeitsverteilung der Modul- resp. Ausbauschrittkosten: Ablesebeispiel: Die Kosten von 2'000 Mio. Fr können mit einer Wahrscheinlichkeit von 50% eingehalten werden. Soll die Wahrscheinlichkeit der Kostengewährleistung 90% betragen, so sind die Kosten auf 2'260 Mio. Fr. zu veranschlagen.

## **6 Verwendung und Kommunikation der Ergebnisse**

### **6.1 Aussagen der Kostenkennzahlen E, U, O**

Die Kostenkennzahlen E, U und O umschreiben sowohl die Grössenordnung wie die Unschärfe von Investitionsausgaben:

- Mit dem Erwartungswert (E) wird der Kostenwert angegeben, der je mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % über- resp. unterschritten wird. Damit wird die Grössenordnung der Kosten charakterisiert, ohne eine Aussage zur Kostengenauigkeit zu treffen.
- Mit den unteren und oberen Kostenwerten (U / O) wird die Bandbreite der zu erwartenden Investitionsausgaben angegeben, ohne dabei den wahrscheinlichsten Wert hervorzuheben. Damit wird zum Ausdruck gebracht, dass die Kosten noch Unschärfen aufweisen.

Die drei Werte stellen zusammen das vollständige Resultat einer Kostenermittlung dar.

### **6.2 Bewertung von Infrastrukturmassnahmen resp. Ausbausritten**

Für eine Bewertung von Modulkosten wird der Erwartungswert (E) verwendet. Diese Kostenkennzahl charakterisiert die zu erwartende Investitionsausgabe und findet Eingang in die Kosten-Nutzen-Betrachtungen der Module gemäss NIBA.

### **6.3 Kommunikation der Kostenkennzahlen**

In der Kommunikation mit den Planungsregionen und Dritten konzentriert sich das Interesse in der Regel auf die einzelnen Infrastrukturmassnahmen. Hierfür wird der Erwartungswert (E) zusammen mit den oberen und unteren Kostenwerten (U/O) mit Bezug zur Studie (z.B. Konzeptstudie) angegeben. Damit wird der Charakter der meist noch nicht abschliessend definierten Investitionsmassnahmen hervorgehoben.

### **6.4 Vorgehen bei der Kreditfestlegung für eine Realisierung im Rahmen der STEP-Ausbauschritte**

In der Regel werden erforderliche Infrastrukturmassnahmen ausschliesslich durch den Bund finanziert. Vereinzelt werden auch Dritte in die Finanzierung eingebunden. Bei einer Mischfinanzierung für einzelne Infrastrukturmassnahmen ist zwischen dem Anteil des Bundes und Drittfinanzierungen durch Kantone / Gemeinden zu unterscheiden. Dazu kann zum Vorgehen Folgendes festgehalten werden:

- **Ausbauschritt mit einer Vielzahl von Massnahmen:** Bei einem Ausbauschritt wird zwischen dem BAV und den jeweiligen ISB die Summe der Erwartungswerte aller Massnahmen als Zielgrösse für die Umsetzung festgelegt. Die Zuschläge 3 bleiben spezifisch den einzelnen Infrastrukturmassnahmen zugeordnet.
- **Einzelne Infrastrukturmassnahmen bei einem STEP-Ausbauschritt ohne Drittfinanzierung:** Bei einer einzelnen Infrastrukturmassnahme ohne Drittfinanzierung wird zwischen dem BAV und der ISB analog ein Erwartungswert E für die einzelne Massnahme als Zielgrösse für die Umsetzung festgelegt.
- **Einzelne Infrastrukturmassnahmen bei einem STEP-Ausbauschritt mit Drittfinanzierung:** Bei einem Anteil Drittfinanzierung ist dieser Anteil wie ein Baukredit zu behandeln. Um Nachtragskredite möglichst zu vermeiden, empfiehlt es sich, diesen Anteil mit einem Reservezuschlag zu versehen. Für den restlichen Anteil wird analog zu oben zwischen dem BAV und der Infrastrukturbetreiberin ein Erwartungswert E für die einzelne Massnahme als Zielgrösse für die Umsetzung festgelegt.

## Glossar

Die in diesem Leitfaden verwendeten Fachbegriffe werden nachstehend erläutert. Sie sind alphabetisch geordnet.

Ausbauschnitt	Vom Parlament beschlossenes Paket, welches verschiedene Infrastrukturausbaumassnahmen in einem verbindlich festgelegten Finanzrahmen enthält.
Basiskosten (BK)	Aufgrund einer Studie, eines Vor- oder Bauprojekts ingenieurmässig bezifferbare Kosten, bestehend aus den Grundkosten und dem Zuschlag 1 für „nicht erfasste Positionen“.
BAV	Bundesamt für Verkehr
Einheitskosten bzw. Kostenkennwerte	Allgemein Erfahrungszahlen zu Einheitskosten (CHF je Bezugsgrösse), unabhängig davon, auf welcher Ebene des Baukostenplans dies angewandt wird.
Einheitspreise	Erfahrungszahlen zu Einheitskosten, die sich auf (Norm-) Positionen eines Leistungskatalogs beziehen (z.B. NPK: CHF je m <sup>3</sup> Beton). Wird i.d.R. bei Bauprojekten angewendet.
Elementkosten	Erfahrungszahlen zu Einheitskosten, die sich auf die erste oder zweite Ebene des Baukostenplans beziehen (Hauptgruppe oder Elementgruppe: z.B. CHF je m' Fahrbahn). Wird i.d.R. bei Vorstudien angewendet.
Endkostenprognose	Periodische Standortbestimmung der mutmasslichen Endkosten im Verlauf der Realisierung eines Projekts.
Erwartungswert (E)	Erwarteter Wert der resultierenden Gesamtkosten (wahrscheinlichster Wert).
FABI	Bundesbeschluss über die Finanzierung und den Ausbau der Eisenbahninfrastruktur
Globalschätzung	Ermittlungsverfahren, bei welchem sich die Grundkosten aus Analogieüberlegungen zu einem vergleichbaren Objekt ableiten. Das Verfahren dient der Aussage einer ersten provisorischen Kostengrössenordnung oder wird bei kleineren Infrastrukturmassnahmen mit geringer Komplexität angewendet. Kostengenauigkeit +/-50 %.
Grobkostenschätzung	Ermittlungsverfahren im Rahmen einer Konzeptstudie, das auf dem Prinzip der Addition von Basiskosten und spezifischen Zuschlägen basiert. Kostengenauigkeit +/-50 %.

---

Grundkosten (GK)	Hauptbestandteil der Basiskosten, die sich auf der Grundlage einer Studie, eines Vor- oder Bauprojekts genauer kalkulieren oder schätzen lassen. Je nach Ermittlungsverfahren ermitteln sie sich aus Elementkosten, die auf einem Mengengerüst und charakteristischen Kostenkennwerten basieren (Grob- und Richtkostenschätzung) oder aus Analogieüberlegungen zu vergleichbaren Objekten (Globalschätzungen). Ab Bauprojekt basieren sie auf Normpositionen und Einheitspreisen.
Infrastrukturkosten	Alle Kosten, welche mit der Erstellung einer Infrastrukturmaßnahme verbunden sind (Grundstück-, Bauwerks-, Planungs- und Nebenkosten). Dieser Begriff ist der „Investitionsausgabe“ aus verkehrswirtschaftlicher Sicht gleich zu setzen.
Infrastrukturmaßnahme (auch Projekt)	Abgegrenzte Maßnahme, die im Rahmen eines Moduls zur Erweiterung der Infrastruktur notwendig ist.
ISB	Infrastrukturbetreiberinnen
Kleinmaßnahmen	Innerhalb eines Moduls zwingend erforderliche, zusätzliche Maßnahmen ausserhalb der definierten Infrastrukturmaßnahmen.
Kostenbandbreite	Intervall zwischen zwei Grenzwerten, welche die minimalen und maximalen Kosten definieren. Bei den Grund- resp. Basiskosten leitet sich das Intervall aus der Kostengenauigkeitsangabe ab und wird so definiert, dass 95 % der Kostenwahrscheinlichkeiten darin liegen. Bei den resultierenden Gesamtkosten wird das Intervall so definiert, dass 80 % der Kostenwahrscheinlichkeiten abgedeckt sind.
Kostenbezugsbasis	Begriff aus der Richtlinie Umsetzung Bahninfrastruktur-Ausbauten (BAV): Ursprünglicher bzw. aktualisierter Zielwert per Stichtag für den Bereich Kosten.
Kostengenauigkeit, in Form „plus/minus %“	Mass für die zu tolerierenden Kostenabweichungen gegenüber den kalkulierten Kosten. Ist zugleich Massvorgabe, wie detailliert die Kostenermittlung durchzuführen ist.
Kostenkennzahlen	Resultat bei der Ermittlung der Gesamtkosten. Es wird beziffert durch den Erwartungswert und durch die unteren und oberen Kostenwerte.
Kostenziel	Begriff aus der Richtlinie Umsetzung Bahninfrastruktur-Ausbauten (BAV): Zwischen Bund und Ersteller vereinbarter Wert, bei dem die Änderungen bis zum angegebenen Datum berücksichtigt wurden (gehört zur Kostenbezugsbasis).

---

Modul	Ein Modul beinhaltet eine oder mehrere Angebotsverbesserungen(en) sowie die zugehörige notwendige Infrastruktur.
NIBA	Verfahren zur Bewertung von Projekten im Schienenverkehr anhand von Nachhaltigkeitsindikatoren (siehe Leitfaden BAV vom 01.02.2006).
Oberer Kostenwert (O)	Obere Grenze der resultierenden Gesamtkosten.
Planung	Prozess (Phase), in welchem mögliche Infrastrukturmassnahmen ermittelt, priorisiert und zu einem botschaftsreifen Ausbauprogramm geschnürt werden.
Quantil	Begriff aus der Statistik: Wert, der mit einer Wahrscheinlichkeit von x % unterschritten wird.
Richtkostenschätzung	Ermittlungsverfahren im Rahmen einer Vorstudie, das auf dem Prinzip der Addition von Basiskosten und spezifischen Zuschlägen basiert. Kostengenauigkeit +/-30 %.
Risiko	Gefahren: Produkt aus der Eintrittswahrscheinlichkeit eines unerwünschten Ereignisses und der Schadensschwere als Konsequenz aus dem Ereignis. Chancen: dito für erwünschtes Ereignis.
Standardabweichung ( $\sigma$ )	Begriff aus der Statistik: Mass für die Streuung einer Zufallsvariablen um den Mittelwert.
STEP	Strategisches Entwicklungsprogramm Bahninfrastruktur
Umsetzung	Prozess (Phase), in welchem die zu einem beschlossenen Ausbauprogramm gehörenden Infrastrukturmassnahmen bis zur Ausführungsreife und zur Realisierung gebracht werden.
Unterer Kostenwert (U)	Untere Grenze der resultierenden Gesamtkosten.
Varianz	Begriff aus der Statistik: Mass für die Streuung einer Zufallsvariable. Die Varianz misst die durchschnittliche quadratische Abweichung vom Mittelwert und entspricht der Standardabweichung im Quadrat.
VGK	Verwaltungsgemeinkosten des Erstellers

Zuschläge Z1, Z2, Z3

Kostenzuschläge, die im Rahmen der Kostenmethodik vorgenommen werden:

Z1: Zuschlag in [%] zur Aufrechnung der im Mengengerüst nicht erfassten Positionen. Z1%: dimensionsloser Faktor.

Z2: Risikozuschlag in CHF zur Abdeckung von quantifizierbaren Risiken.

Z3: Risikozuschlag in [%] zur Abdeckung von nicht quantifizierbaren Risiken. Z3%: dimensionsloser Faktor.

## Quellenverzeichnis

- [1] BAV: Richtlinie „Umsetzung Bahninfrastruktur-Ausbauten (RUBA)“, verfügbar auf der Website des BAV.
- [2] Eisenbahngesetz (EBG) vom 20. Dezember 1957
- [3] SIA, VSS: SN 506 512:  
Baukostenplan Tiefbau eBKP-T, CRB 2010

# A1 Statistische Grundlagen

Alle Kostenparameter werden als Zufallsvariablen betrachtet, welche sich durch eine Wahrscheinlichkeitsverteilung (bzw. Wahrscheinlichkeitsdichteverteilung) beschreiben lassen.

Als Hilfsbetrachtung wird angenommen, dass sich die Zufallsvariablen durch eine Gauss'sche Normalverteilung modellieren lassen. In vereinfachter Form kann bei Bedarf auch eine Rechteck- oder eine Dreieckverteilung angenommen werden.

Für die Ermittlung der Kostenkennzahlen ist dabei vorauszusetzen, dass die Basiskosten, der Zuschlag 2 und der Zuschlag 3 voneinander unabhängig sind.

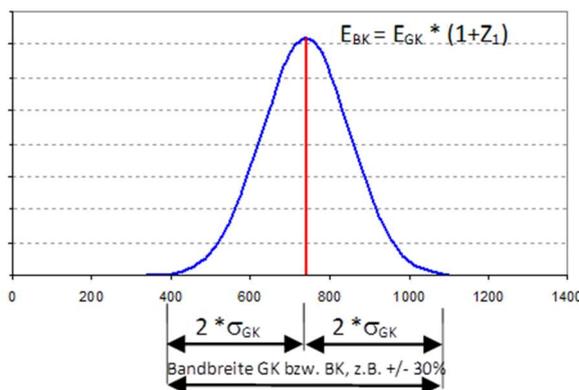
## Zufallsvariablen mit Gauss'scher Normalverteilung

Eine Normalverteilung wird durch zwei statistische Parameter charakterisiert, in der Regel durch den **Erwartungswert  $E$  oder  $\mu$**  und die **Standardabweichung  $\sigma$**  (bzw. die Streuung).

Bei einer Gauss'schen Normalverteilung liegen

- 68% der Ereignisse im Intervall  $E \pm \sigma$
- 80% im Intervall  $E \pm 1.3 \cdot \sigma$
- 95% im Intervall  $E \pm 2 \cdot \sigma$

Der letzte Fall bedeutet also, dass das untere Quantil ( $Q_{0.025}$ ) mit einer Wahrscheinlichkeit von 2.5% unterschritten, das obere Quantil ( $Q_{0.975}$ ) mit einer Wahrscheinlichkeit von 2.5% überschritten wird.



Für die Kostenbandbreite, welche die Kostengenauigkeitsangabe  $\pm X\%$  widerspiegelt, wird angenommen, dass 95% aller möglichen Kostenwerte in ihr liegen. Daraus leitet sich der statistische Zusammenhang ab, dass die Kostenbandbreite der Zufallsvariablen gleich 4mal der Standardabweichung  $\sigma$  entspricht.

Es wird angenommen, dass bei Risiken / Gefahren das untere Quantil ( $Q_{0.025}$ ) der Zufallsvariablen  $Z_2$  /  $Z_3$  dem Wert 0 entspricht und das obere Quantil ( $Q_{0.975}$ ) dem maximalen Wert von  $Z_2$  resp.  $Z_3$ . Bei Chancen ist es genau umgekehrt.

### **Ergänzende Erläuterungen zu Kostenparameter und -Kennzahlen**

Als Erwartungswert der Grundkosten wird derselbe Wert dieses Kostenparameters zugrunde gelegt, als Erwartungswert der Basiskosten dieser Wert, der zusätzlich mit den Faktoren für die Zuschläge 1 und VGK beaufschlagt wird.

Die Erwartungswerte der Zuschläge 2 und 3 werden als die Hälfte des maximalen Werts der entsprechenden Kostenparameter angenommen. Die statistischen Merkmale der gesamten Kosten werden wie im Folgenden berechnet, basierend auf der Annahme, dass alle Zufallsvariablen unabhängig voneinander sind.

Die Kostenkennzahlen E, U und O erhält man, indem sämtliche Kostenparameter unter Anwendung der einschlägigen Regeln der Wahrscheinlichkeitstheorie einander überlagert werden:

- Durch Aufsummierung der Mittelwerte der Basiskosten und der additiven Risikokosten (Zuschläge) wird der Erwartungswert E einer Infrastrukturmassnahme bestimmt.
- Durch Aufsummierung der einzelnen Varianzen (= Standardabweichungen im Quadrat) und der Bildung der Wurzel wird die Standardabweichung der Gesamtkosten bestimmt.
- Der obere und untere Kostenwert der Gesamtkosten wird bei einer Gauss'schen Normalverteilung so festgelegt, dass die Wahrscheinlichkeit einer Unter- resp. Überschreitung je 10% beträgt. Damit entsteht ein Verhältnis von O zu U in der Grössenordnung von 1.45 – 1.7 (bei Kostengenauigkeiten der Grundkosten / Basiskosten von +/-30 bis +/-50%).

Dies bedeutet, dass von einem Anwender des Leitfadens nicht gefordert wird, eine Wahrscheinlichkeit abzuschätzen. Dies geschieht implizit durch die angegebenen drei Werte und die Art der Verteilung. Die Beschreibung eines Risikos mit diesen drei Werten ähnelt der in der Praxis gebräuchlichen Art der Szenariotechnik. Hierbei wird jedoch die Wahrscheinlichkeitsdichte für alle möglichen Werte zwischen dem Minimum und dem Maximum berechnet.

### Bildung von Modul- und Ausbauschnittkosten

Die Addition der Investitionsausgaben zu Modul- und Ausbauschnittkosten erfolgt nach den folgenden Gesetzen:

- Die Erwartungs- bzw. Mittelwerte der einzelnen Kosten ergeben sich additiv [3]:

$$E_{Modul} = E_{IM1} + E_{IM2} + \dots + E_{IMn} \quad \text{wobei IM = Infrastrukturmassnahme}$$

$$E_{Paket} = E_{M1} + E_{M2} + \dots + E_{Mn} \quad \text{wobei M = Module}$$

- Die Varianzen der einzelnen Kosten sind ebenfalls additiv (Additionsgesetz der Varianzen) [3]:

$$(\sigma_{Modul})^2 = (\sigma_{IM1})^2 + (\sigma_{IM2})^2 + \dots + (\sigma_{IMn})^2 \quad \text{wobei IM = Infrastrukturmassnahme}$$

$$(\sigma_{Paket})^2 = (\sigma_{M1})^2 + (\sigma_{M2})^2 + \dots + (\sigma_{Mn})^2 \quad \text{wobei M = Module}$$

woraus folgt

$$\sigma_{Modul} = \sqrt{(\sigma_{IM1})^2 + (\sigma_{IM2})^2 + \dots + (\sigma_{IMn})^2}$$

$$\sigma_{Paket} = \sqrt{(\sigma_{M1})^2 + (\sigma_{M2})^2 + \dots + (\sigma_{Mn})^2}$$

Die Bandbreiten der Modul- und Ausbauschnittkosten lassen sich unter der Voraussetzung, dass das gleiche untere und obere Quantil betrachtet wird ( $W_{\text{Unter- oder Überschreitung}} = \text{je } 10\%$ ) aus den resultierenden Streuungen bestimmen:

$$U_{Modul} = E_{Modul} - 1.3 * \sigma_{Modul} \quad \text{bzw.} \quad U_{Paket} = E_{Paket} - 1.3 * \sigma_{Paket}$$

$$O_{Modul} = E_{Modul} + 1.3 * \sigma_{Modul} \quad \text{bzw.} \quad O_{Paket} = E_{Paket} + 1.3 * \sigma_{Paket}$$

Dem Additionsgesetz der Varianzen gehorchend wird die relative Spreizung umso kleiner, je mehr Infrastrukturmassnahmen resp. je mehr Module in einer Betrachtung zusammengefasst werden.

## A2 Beispiel zur Ergebnisdarstellung

### Berechnungsbeispiel für eine Infrastrukturmassnahme

Richtkostenschätzung bei einer Vorstudie für eine Infrastrukturmassnahme, resp. je Abschnitt oder Objekt bei einer tiefergehenden Gliederung

Kostengenauigkeit

+/- 30%

Eingabefelder

Kostenermittlung				
Kostenparameter		Vorgehensschritte		Ermittelte Kosten
				[Mio. CHF]
<b>z.B. Gliederung nach eBKP-T</b>				
A	Grundstück			100
L	Vorbereitung			45
L - T	Bauwerkskosten	Hauptgruppe	Elementgruppe	Mengengerüst x Elementkosten
				500
V	Planungskosten			Honorare: in % der Bauwerkskosten, z.B. 15%
				75
				VGK: 2% der Bauwerkskosten
				10
W	Nebenkosten			20
<b>Grundkosten (GK)</b>				<b>750</b>
Zuschlag 1	für nicht erfasste Positionen		10% von Erwartungswert GK	75
<b>Basiskosten (BK)</b>				<b>825</b>
<b>Zuschlag 2 (quantifizierbare Risiken, vgl. Kap. 3.1)</b>				
1. Risiko: Bezeichnung	Max. Kostenbetrag		Berechnung analog BK (inkl. A, L, L-T, V, W und inkl. Z1)	<b>3</b>
		Erwartungswert	Hälfte von max. Kostenbetrag	
2. Risiko: Bezeichnung	Max. Kostenbetrag		Berechnung analog BK (inkl. A, L, L-T, V, W und inkl. Z1)	<b>14</b>
		Erwartungswert	Hälfte von max. Kostenbetrag	
3. Risiko: Bezeichnung	Max. Kostenbetrag		Berechnung analog BK (inkl. A, L, L-T, V, W und inkl. Z1)	<b>20</b>
		Erwartungswert	Hälfte von max. Kostenbetrag	
4. Risiko: Bezeichnung	Max. Kostenbetrag		Berechnung analog BK (inkl. A, L, L-T, V, W und inkl. Z1)	<b>15</b>
		Erwartungswert	Hälfte von max. Kostenbetrag	
5. Risiko: Bezeichnung	Max. Kostenbetrag		Berechnung analog BK (inkl. A, L, L-T, V, W und inkl. Z1)	<b>3</b>
		Erwartungswert	Hälfte von max. Kostenbetrag	
6. Chance: Bezeichnung	Max. Kostenreduktion		Berechnung analog BK (inkl. A, L, L-T, V, W und inkl. Z1)	<b>-10</b>
		Erwartungswert	Hälfte von max. Kostenreduktion	
<b>Zuschlag 3 (nicht quantifizierbare Risiken, vgl. Kap. 3.1)</b>				
Projektanpassungen / kleinere Bestellungsänderungen	Risiko, z.B. tief	15%	auf die Basiskosten	123.8
Technische Komplexität	Risiko, z.B. hoch	15%	auf die Basiskosten	123.8
<b>Gesamtwert</b>				<b>247.5</b>
		Erwartungswert	Hälfte von max. Kostenbetrag	
<b>Gesamtkosten Infrastrukturmassnahme (resp. Abschnitt / Objekt)</b>		<b>Erwartungswert E<sub>IM</sub></b>	<b>971.3</b>	
		<b>Oberer Wert O<sub>IM</sub></b>	<b>1'138.5</b>	
		<b>Unterer Wert U<sub>IM</sub></b>	<b>804.0</b>	

Zwischenergebnisse								
Erwartungswert E	Kostengenauigkeit	Unterer Wert U	Oberer Wert O	W Unterschreitung von U	W Überschreitung von O	Bandbreite	Standard Abweichung	Varianz
[Mio. CHF]		[Mio. CHF]	[Mio. CHF]			[Mio. CHF]	[Mio. CHF]	
E <sub>GK</sub> = 750.0	+/- 30%	525.0	975.0	2.5%	2.5%	450.0	112.5	12'656.3
E <sub>BK</sub> = 825.0		600.0	1'050.0	2.5%	2.5%	450.0	112.5	12'656.3
E <sub>Z2.1</sub> = 1.5	+/- 100%	0.0	3.0	2.5%	2.5%	3.0	0.8	0.6
E <sub>Z2.2</sub> = 7	+/- 100%	0.0	14.0	2.5%	2.5%	14.0	3.5	12.3
E <sub>Z2.3</sub> = 10	+/- 100%	0.0	20.0	2.5%	2.5%	20.0	5.0	25.0
E <sub>Z2.4</sub> = 7.5	+/- 100%	0.0	15.0	2.5%	2.5%	15.0	3.8	14.1
E <sub>Z2.5</sub> = 1.5	+/- 100%	0.0	3.0	2.5%	2.5%	3.0	0.8	0.6
E <sub>Z2.6</sub> = -5	+/- 100%	-10.0	0.0	2.5%	2.5%	10.0	2.5	6.3
E <sub>Z3</sub> = 123.8	+/- 100%	0.0	247.5	2.5%	2.5%	247.5	61.9	3'828.5
E <sub>tot</sub> = 971.3		804.0	1'138.5	10.0%	10.0%		128.6	16'543.5

Kostenermittlung mit Resultat

Berechnungen im Hintergrund

## Berechnungsbeispiel für Modulkosten

### Zusammenzug der Kosten verschiedener Infrastrukturmassnahmen zu Modulkosten

Bezeichnung Massnahme	Beschreibung	Kostengenauigkeit Grundkosten	Erwartungswert $E_{IM}$ [Mio. CHF]	Unterer Kostenwert $U_{IM}$ [Mio. CHF]	Oberer Kostenwert $O_{IM}$ [Mio. CHF]	Standard Abweichung [Mio. CHF]	Varianz	Bemerkungen
<b>Teil A) Basis Globalschätzungen</b>								
Infrastrukturmassnahme 1	Doppelspurinsel bei xy	+/-50%	26.1	19.2	33.0	5.28	27.88	
Infrastrukturmassnahme 2	Streckenbegradigung	+/-50%	40.5	30.1	50.9	8.00	64.00	
Infrastrukturmassnahme 3	Publikumsanlage	+/-50%	9.1	6.7	11.5	1.85	3.42	
Infrastrukturmassnahme 4	Abstellanlage	+/-50%	7.8	5.7	9.9	1.60	2.56	
Total Teil A			83.5					
<b>Teil B) Basis Konzeptstudien / Vorstudien</b>								
Infrastrukturmassnahme 1	Doppelspurinsel bei yy (Konzeptstudie)	+/-50%	73.6	54.4	92.8	14.75	217.56	
Infrastrukturmassnahme 2	Doppelspurinsel bei zz (Vorstudie)	+/-30%	45.0	37.4	52.6	5.87	34.46	
Infrastrukturmassnahme 3	Publikumsanlage (Vorstudie)	+/-30%	13.7	11.4	16.0	1.75	3.06	
Infrastrukturmassnahme 4	Berechnungsbeispiel Infrastrukturmassnahme (Vorstudie)	+/-30%	971.3	804.0	1138.5	128.62	16'543.45	vgl. Tabellenblatt "Bsp-Infrastrukturmassnahme"
Total Teil B			1103.6					
<b>Teil C) Zusätzliche Kostenbeträge</b>								
Kleinere Massnahmen im Untersuchungsperimeter (UP)		+/-50%	1.3	1.0	1.6	0.26	0.07	
Massnahmen im Einflussperimeter (EP)		+/-50%	19.0	13.9	24.1	3.95	15.60	
Total Teil C			20.3					
<b>Zusammenzug Teil A + Teil B + Teil C</b>			<b>1207.4</b>	<b>1038.3</b>	<b>1376.4</b>	<b>130.05</b>	<b>16912.07</b>	

Eingabefelder

Eingabefelder: Werte aus Resultattabellen der Infrastrukturmassnahmen übertragen / verknüpfen

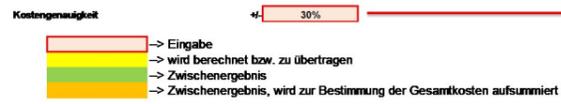
Gesamtkosten Modul	Unterer Kostenwert $U_{Modul}$	1'038
	Erwartungswert $E_{Modul}$	1'207
	Oberer Kostenwert $O_{Modul}$	1'376

# A3 Rechenbeispiel mit Vorgehensschritten

Erläuterung der Vorgehensschritte in Kapitel 4 am Musterbeispiel von Anhang A2:

## Berechnungsbeispiel für eine Infrastrukturmassnahme

Richtkostenschätzung bei einer Vorstudie für eine Infrastrukturmassnahme, resp. je Abschnitt oder Objekt bei einer tiefergehenden Gliederung



### 1. Schritt: Bildung der Grundkosten (vgl. Kapitel 4.1)

Kostenermittlung					Ermittelte Kosten	
Kostenparameter					Vorgehensschritte	[Mio. CHF]
z.B. Gliederung nach eBKP-T						
A	Grundstück				100	
L	Vorbereitung				45	
L-T	Bauwerkalkosten	Hauptgruppe	Elementgruppe	Mengengerät x Elementkosten	500	
V	Planungskosten			Honorare: in % der Bauwerkalkosten, z.B. 15%	75	
				VGR: 2% der Bauwerkalkosten	10	
W	Nebenkosten				20	
Grundkosten (GK)					750	

Die Kostengenauigkeit beträgt im Beispiel +/- 30%.

### 2. Schritt: Erwartungswert und Bandbreite der Grundkosten bestimmen (vgl. Kapitel 4.2.1)

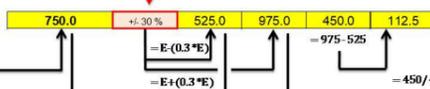
Kostenermittlung					Ermittelte Kosten	
Kostenparameter					Vorgehensschritte	[Mio. CHF]
z.B. Gliederung nach eBKP-T						
A	Grundstück				100	
L	Vorbereitung				45	
L-T	Bauwerkalkosten	Hauptgruppe	Elementgruppe	Mengengerät x Elementkosten	500	
V	Planungskosten			Honorare: in % der Bauwerkalkosten, z.B. 15%	75	
				VGR: 2% der Bauwerkalkosten	10	
W	Nebenkosten				20	
Grundkosten (GK)					750	

Zwischenergebnisse						
Erwartungswert E	Kostengenauigkeit	Unterer Wert U	Oberer Wert O	Bandbreite	Standardabweichung $\sigma$	Varianz
[Mio. CHF]		[Mio. CHF]	[Mio. CHF]	[Mio. CHF]	[Mio. CHF]	
750.0	$\pm 30\%$	525.0	975.0	450.0	112.5	

Die Summe der ermittelten Kosten entspricht dem E der Grundkosten.  
Aus E und der Kostengenauigkeit errechnen sich U, O sowie die Bandbreite der Grundkosten.  
Aus der Bandbreite lässt sich die Standardabweichung  $\sigma$  bestimmen.

### 3. Schritt: Basiskosten mit Erwartungswert und Bandbreite bestimmen (vgl. Kapitel 4.2.2)

Zuschlag 1	für nicht erfasste Positionen	10% von Erwartungswert GK	75
Basiskosten (BK)			825



Der Zuschlag 1 wird auf E der Grundkosten ermittelt. Im Beispiel beträgt der Zuschlag = 10%.  
Durch die Addition des Zuschlags 1 erhöhen sich E, O, U um den Wert dieses Zuschlags.  
Die Bandbreite und die Standardabweichung  $\sigma$  verändern sich nicht. Aus der Standardabweichung  $\sigma$  lässt sich die Varianz ermitteln.  
E und die Varianz werden zur Summenbildung aufsummiert.

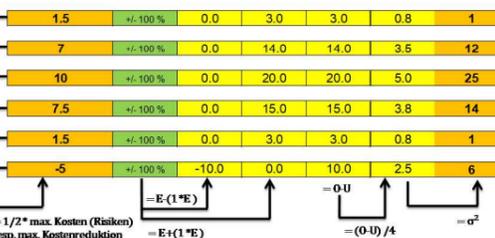
### 4. Schritt: Maximale Kostenbeträge / Kostenreduktionen für die Zuschläge 2 ermitteln (vgl. Kapitel 4.2.3)

Zuschlag 2 (quantifizierbare Risiken)			
1. Risiko	Max. Kostenbetrag	Berechnung analog BK (inkl. A, L, L-T, V, W und inkl. Z1)	3
2. Risiko	Max. Kostenbetrag	Berechnung analog BK (inkl. A, L, L-T, V, W und inkl. Z1)	14
3. Risiko	Max. Kostenbetrag	Berechnung analog BK (inkl. A, L, L-T, V, W und inkl. Z1)	20
4. Risiko	Max. Kostenbetrag	Berechnung analog BK (inkl. A, L, L-T, V, W und inkl. Z1)	15
5. Risiko	Max. Kostenbetrag	Berechnung analog BK (inkl. A, L, L-T, V, W und inkl. Z1)	3
6. Chance	Max. Kostenreduktion	Berechnung analog BK (inkl. A, L, L-T, V, W und inkl. Z1)	-10

Einzusetzen sind die maximalen Kostenbeträge für die einzelnen Chancen und Gefahren.

### 5. Schritt: Erwartungswert und Bandbreite der Zuschläge 2 bestimmen (vgl. Kapitel 4.2.3)

Zuschlag 2 (quantifizierbare Risiken)			
1. Risiko	Max. Kostenbetrag	Erwartungswert	Berechnung analog BK (inkl. A, L, L-T, V, W und inkl. Z1)
			Hälfte von max. Kostenbetrag
2. Risiko	Max. Kostenbetrag	Erwartungswert	Berechnung analog BK (inkl. A, L, L-T, V, W und inkl. Z1)
			Hälfte von max. Kostenbetrag
3. Risiko	Max. Kostenbetrag	Erwartungswert	Berechnung analog BK (inkl. A, L, L-T, V, W und inkl. Z1)
			Hälfte von max. Kostenbetrag
4. Risiko	Max. Kostenbetrag	Erwartungswert	Berechnung analog BK (inkl. A, L, L-T, V, W und inkl. Z1)
			Hälfte von max. Kostenbetrag
5. Risiko	Max. Kostenbetrag	Erwartungswert	Berechnung analog BK (inkl. A, L, L-T, V, W und inkl. Z1)
			Hälfte von max. Kostenbetrag
6. Chance	Max. Kostenreduktion	Erwartungswert	Berechnung analog BK (inkl. A, L, L-T, V, W und inkl. Z1)
			Hälfte von max. Kostenreduktion



Die E der Chancen und Gefahren ermitteln sich aus den jeweiligen U und O, wobei bei Gefahren U und bei Chancen O = 0 ist.  
Aus der Kostengenauigkeit von +/-100% lassen sich die Bandbreite und die Standardabweichung  $\sigma$  bestimmen.  
Aus der Standardabweichung  $\sigma$  lässt sich die Varianz ermitteln.  
E und die Varianz werden zur Summenbildung aufsummiert.

### 6. Schritt: Maximale Risikokosten von Zuschlag 3 ermitteln (vgl. Kapitel 4.2.4)

Zuschlag 3 (nicht quantifizierbare Risiken)			
Projektanpassungen / Meinere Bestandsänderungen	Risiko, z.B. tief	15% auf die Basiskosten	123.8
Technische Komplexität	Risiko, z.B. hoch	15% auf die Basiskosten	123.8
Gesamtwert			247.5

Einzusetzen sind die eingeschätzten maximalen Risikobeträge gemäss Auswahl in den Tabellen 5-7 des Leitfadens. Der Gesamtwert für Zuschlag 3 ermittelt sich durch Addition der Teilwerte.

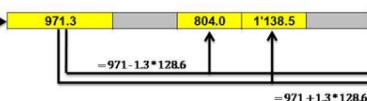
### 7. Schritt: Erwartungswert und Bandbreite des Zuschlags 3 bestimmen (vgl. Kapitel 4.2.4)

Zuschlag 3 (nicht quantifizierbare Risiken)			
Projektanpassungen / Meinere Bestandsänderungen	Risiko, z.B. tief	15% auf die Basiskosten	123.8
Technische Komplexität	Risiko, z.B. hoch	15% auf die Basiskosten	123.8
Gesamtwert			247.5
	Erwartungswert	Hälfte von max. Kostenbetrag	

Das E ermittelt sich aus dem U und O, wobei U = 0 ist.  
Aus der Kostengenauigkeit von +/-100% lassen sich die Bandbreite und die Standardabweichung  $\sigma$  bestimmen.  
Aus der Standardabweichung  $\sigma$  lässt sich die Varianz ermitteln.  
E und die Varianz werden zur Summenbildung aufsummiert.

### 8. Schritt: Erwartungswert und Bandbreite der Gesamtkosten bestimmen (vgl. Kapitel 4.2.5)

Gesamtkosten der Infrastrukturmassnahme (resp. Abschnitt / Objekt)		971.3	804.0	1'138.5	128.6	16'543
--	--	-------	-------	---------	-------	--------



Aus der Addition ermitteln sich E und die Varianz der Gesamtkosten. Aus der Varianz ermittelt sich die Standardabweichung  $\sigma$  der Gesamtkosten.  
Aus E und der Standardabweichung  $\sigma$  ermitteln sich U und O der Gesamtkosten.

## A4 Kostengliederung nach eBKP-T

eBKP Tiefbau		
Hauptgruppen	Elementgruppen	
<b>A Grundstück</b>	Baurecht, Nebenkosten zu Grundstück	
<b>L Vorbereitung</b>	Untersuchung, Aufnahme, Messung Baustelleneinrichtung Provisorium Rückbau, Entsorgung Bauwerk Wiederherstellung, Schadensbehebung Gerüst	
<b>Bauwerkskosten</b>	<b>M Erdbau, Spezialtiefbau</b>	Erdbewegung Grabenloser Leitungsbau Belasteter Standort Erdsicherung Baugrundverbesserung Sicherung, Verbauung Landschaftsgestaltung
	<b>N Untertagebau</b>	Vortrieb Untertagebau Sicherung Untertagebau Materialbewirtschaftung Untertagebau Ausbau Untertagebau Innenausbau Untertagebau
	<b>O Konstruktion Kunstbauten</b>	Fundamente Wand, Stütze Platte, Träger Unterbau Brücke Überbau Brücke Brückenlager, Fahrbahnübergang Spezialkonstruktion Ergänzende Leistung zu Konstruktion
	<b>P Hülle, Ausbau</b>	Oberflächen Aussen Oberflächen Innen Einbaute Ergänzende Leistung zu Ausbau
	<b>Q Leitungsbau</b>	Entwässerung Kanalisation Wasserversorgung Gasversorgung Fernwärmeversorgung Rohrblock, Kabelkanal Rohrleitungsanlage

<b>eBKP Tiefbau</b>	
<b>Hauptgruppen</b>	<b>Elementgruppen</b>
<b>Bauwerkskosten</b>	<b>R Fahrbahn</b> Oberbau Strasse Markierung, Signale Fahrbahn, Schiene Fahrleitung Stellwerk-Aussenanlage Ergänzende Konstruktion zu Fahrbahn
	<b>S Betriebs-, Sicherheitsanlage</b> Energieversorgung Beleuchtung Verkehrsbeeinflussung Lufttechnische Anlagen Automations-, Leit-, Kommunikationsanlage Sicherheitsanlage Brandschutz
	<b>T Ausrüstung</b> Rückhaltesysteme Ausstattung Wärme-, Kälteanlage Wasser-, Gas-, Druckluftanlage Transportanlage Kunstwerk
<b>V Planungskosten</b>	Planer Unternehmer Auftragnehmer
<b>W Nebenkosten</b>	Bewilligung, Gebühren Versicherung, Garantie Kapitalkosten Bewirtung, Öffentlichkeitsarbeit, Entschädigung Inbetriebnahme Vermietung, Verkauf Betriebserfolg
<b>Y Reserve, Teuerung</b>	Reserve Teuerung
<b>Z Mehrwertsteuer</b>	Mehrwertsteuer

## A5 Kostengliederung nach SBB

<b>Kostengliederung SBB</b>	
<b>Hauptgruppen</b>	<b>Elementgruppen</b>
<b>Tiefbau</b>	Trassen Brücken Tunnel Stützmauern
<b>Bahntechnik</b>	Fahrbahn FL Kabel El. Anlagen Telecom
<b>Stellwerke, Leittechnik</b>	Stellwerke Sicherungsanlagen Fernsteuerung
<b>Publikumsanlagen</b>	Perrons Perrondächer Zugänge
<b>Hochbauten</b>	Dienst- u. Aufnahmegebäude
<b>Baunebenkosten</b>	Bauvorbereitung Honorare Arbeitssicherheit betriebliche Kosten
<b>Land und Rechte</b>	

## **A6 Szenariotechnik zur Berücksichtigung von Chancen und Risiken**

### **Anwendung bei Endkostenprognose**

#### **Schritt 1: Untersuchung der resultierenden Mehr-/Minderkosten aus der Variation der Chancen und Gefahren**

- Die zu betrachtenden Chancen / Risiken sind in einem Szenarienbaum darzustellen
- Für jede Chance und jede Gefahr sind jeweils 2 Fälle möglich:  
ein Ereignis tritt ein oder nicht (Summe der Wahrscheinlichkeiten = 1)
- Bei Eintreten führt das Risiko zu den veranschlagten Mehrkosten (resp. Minderkosten bei Chancen)
- Die Szenarien dürfen sich nicht wechselseitig beeinflussen, sind als unabhängige Chancen und Gefahren zu betrachten
- Eine Berechnung einer grossen Zahl von Variationsmöglichkeiten ist von Hand nicht mehr möglich. Hierzu ist ein EDV-Tool einzusetzen  
→ siehe Beispiel MS-Access Datenbanklösung  
«AggregationRisiken.mdb» (vgl. Anhang A7).

#### **Schritt 2: Überlagerung der Mehr-/Minderkosten mit der EK-Prognose**

Das Resultat von Schritt 1 ist eine Grafik mit den kumulierten Mehr-/Minderkosten, d.h. es lassen sich daraus die Unterschreitenswahrscheinlichkeiten für bestimmte Mehr-/Minderkosten herauslesen.

### Vereinfachtes Beispiel zu Schritt 1 mit 4 unabhängigen Szenarien

Regeln für Berechnungen:

$$P_{tot} = p_1 * p_2 * p_3 * p_4$$

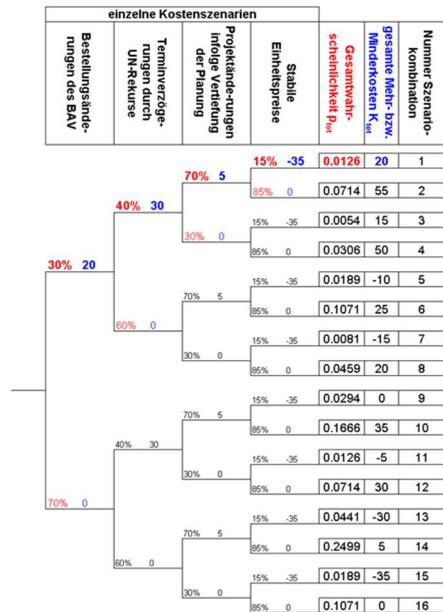
(unabhängige Szenarien!)

$$K_{tot} = K_1 + K_2 + K_3 + K_4$$

Berechnungsbeispiel:

$$0.126 = 0.3 * 0.4 * 0.7 * 0.15$$

$$20 = 20 + 30 + 5 - 35 \text{ [Mio. Fr.]}$$



### Vereinfachtes Beispiel zu Schritt 1 mit 4 unabhängigen Szenarien: Rechenergebnis

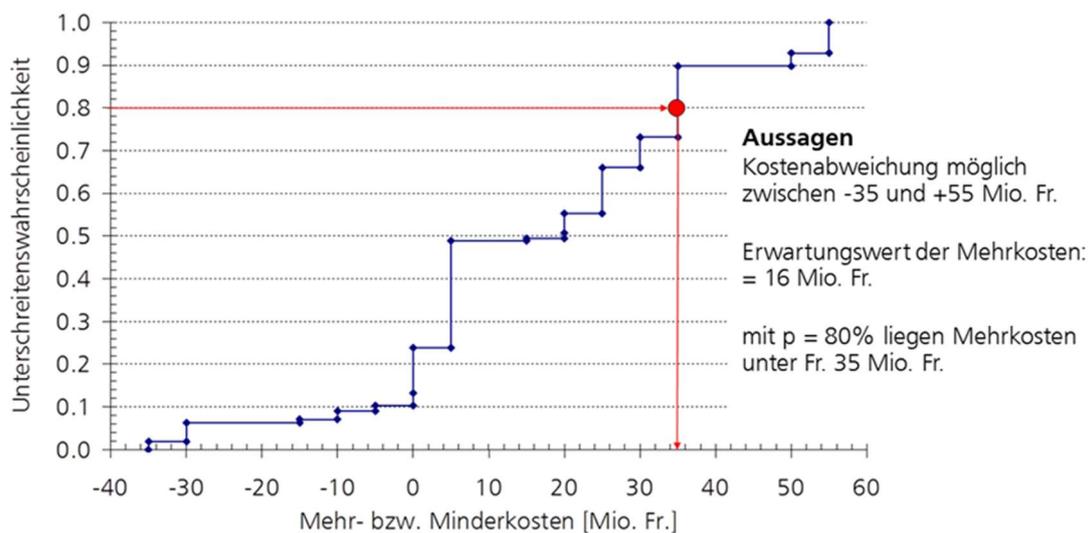
Eintritt der einzelnen Kostenszenarien							
Nummer Szenario-Kombination	Bestellungsänderungen des BAV	Terminverzögerungen durch UN-Rekurse	Projektänderungen infolge Verletzung der Planung	Stabile Einheitspreise	Gesamtwahrscheinlichkeit P <sub>tot</sub>	gesamte Mehr- bzw. Minderkosten K <sub>tot</sub>	Unterschreitenswahrscheinlichkeit
15	nein	nein	nein	ja	0.0189	-35	0.0189
13	nein	nein	ja	ja	0.0441	-30	0.0630
7	ja	nein	nein	ja	0.0081	-15	0.0711
5	ja	nein	ja	ja	0.0189	-10	0.0900
11	nein	ja	nein	ja	0.0126	-5	0.1026
9	nein	ja	ja	ja	0.0294	0	0.1320
16	nein	nein	nein	nein	0.1071	0	0.2391
14	nein	nein	ja	nein	0.2499	5	0.4890
3	ja	ja	nein	ja	0.0054	15	0.4944
1	ja	ja	ja	ja	0.0126	20	0.5070
8	ja	nein	nein	nein	0.0459	20	0.5529
6	ja	nein	ja	nein	0.1071	25	0.6600
12	nein	ja	nein	nein	0.0714	30	0.7314
10	nein	ja	ja	nein	0.1666	35	0.8980
4	ja	ja	nein	nein	0.0306	50	0.9286
2	ja	ja	ja	nein	0.0714	55	1.0000

Szenarien sind nach aufsteigenden Mehr-/Minderkosten K<sub>tot</sub> zu sortieren

Wahrscheinlichkeiten sind aufzusummieren → Unterschreitenswahrscheinlichkeiten

Rechenbeispiel:  
 $p(K_{tot} \leq -15)$   
 $= 0.0189 + 0.0441 + 0.0081$   
 $= 0.0711$

## Vereinfachtes Beispiel zu Schritt 1 mit 4 unabhängigen Szenarien: Grafische Darstellung der kumulierten Mehr-/Minderkosten



## **A7 Access-Datenbank für Risikoermittlung mittels Szenariotechnik**

Dokumentation zur Ermittlung von Kostenrisiken auf Basis einer MS-Access-Datenbanklösung kann bei der Fa. EBP Schweiz AG, Mühlebachstrasse 9, 8032 Zürich, unentgeltlich bezogen werden ([info@ebp.ch](mailto:info@ebp.ch)).

## A8 Anforderungen an die Kostendokumentation

### Inhalt und Darstellung der Dokumentation

#### 1. Deckblatt

Angaben
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Modul-Nr.</li> <li>▪ Bezeichnung des Projekts resp. der Infrastrukturmassnahme und des Ausbauschnittes</li> <li>▪ Einreichende Stelle               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Organisation</li> <li>- Bearbeiter(-in)</li> <li>- E-Mail-Adresse und Telefon für Rückfragen</li> </ul> </li> <li>▪ Projektverfasser               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ersteller oder beauftragtes Ingenieurbüro</li> </ul> </li> </ul>

#### 2. Factsheet

Beschrieb
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ausgangslage</li> <li>▪ Projekt resp. Infrastrukturmassnahme</li> <li>▪ Kosten mit Erwartungswert <b>E</b> und Bandbreite <b>O/U</b>, Angabe der Preisbasis</li> <li>▪ Terminplan mit Planungs- und Bauzeit</li> </ul>

#### 3. Objektdatenblatt

Inhalt resp. Angabe	Ergänzende Hinweise
Bezeichnung der Infrastrukturmassnahme	
Version	
Planungsstufe resp. Projektgrundlage	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Strategische Planung</li> <li>▪ Vorstudie</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kurzbeschreibung der Angebotserweiterung</li> <li>▪ Kurzbeschreibung der Infrastrukturmassnahme</li> <li>▪ Perimeter</li> <li>▪ Mengengerüst</li> <li>▪ Getroffene Annahmen</li> </ul>	
Kostenschätzung <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Preisbasis</li> <li>▪ Genauigkeit der Basiskosten</li> <li>▪ Erwartungswert E</li> <li>▪ Bandbreite O/U</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Strategische Planung: +/-50%</li> <li>▪ Vorstudie: +/-30%</li> </ul>

<p>Beschrieb und Quantifizierung der Zuschläge:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zuschlag 1 für nicht erfasste Kosten</li> <li>▪ Zuschlag 2 für quantifizierbare Risiken <ul style="list-style-type: none"> <li>- Risiko 1</li> <li>- Risiko 2</li> <li>- Risiko ...</li> </ul> </li> <li>▪ Zuschlag 3 für nicht quantifizierbare Risiken: Σ des Zuschlags 3</li> </ul>	<p>Angabe der maximalen Beträge von Chancen und Gefahren</p> <p>Einschätzung der Teilrisiken nach Tabellen 5-6 im Leitfaden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Projektanpassungen und kleinere Bestellungsänderungen</li> <li>▪ Technische Komplexität</li> </ul>
<p>Bemerkungen resp. Angaben zur Kostenabgrenzung</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Abgrenzungen zu anderen Infrastrukturmassnahmen</li> <li>▪ Abgrenzungen zu anderen Ausbauprogrammen</li> </ul>
<p>Zugehörige Plandokumentation</p>	

#### 4. Kostengrundlagen

Inhalt resp. Angabe	Ergänzende Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ermittlung der Grundkosten mit Angabe des Mengengerüsts und der Kostenkennwerte</li> <li>▪ Ermittlung und Zusammenzug der Gesamtkosten auf der Basis der Kostenparameter: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grundkosten</li> <li>- Zuschlag 1</li> <li>- Risikozuschläge 2 und 3</li> </ul> </li> </ul> <p>Siehe Ergebnisdarstellung im Leitfaden, Anhang A2</p>	<p>Bei Grossprojekten empfiehlt sich, die Infrastrukturmassnahme in mehrere Abschnitte resp. Objekte zu gliedern und gemäss dem Charakter der Abschnitte (Bauwerksarten, Bauverfahren, technische Komplexität) die Kosten getrennt zu ermitteln. Damit lassen sich vor allem die Risikozuschläge abschnittsweise abstufen.</p>

## 5. Planbeilagen

Inhalt resp. Angabe	Ergänzende Hinweise
▪ Situation	Je nach Projektgrösse i.d.R. M: 1:1'000 Darstellung Neubaugleise in roter Farbe

## **A9 Hinweise zur Einschätzung der Komplexität eines Projekts für die Zuschläge Z1 und Z3**

Folgende Umstände können die Komplexität eines Projekts massgeblich erhöhen und sind daher bei der Festsetzung der Höhe der Zuschläge besonders zu beachten:

- Bauen im städtischen Umfeld
- Bauen unter Betrieb / Bauphasen
- Errichtung von Entflechtungsbauwerken
- Errichten von Tunnels mit geologischen Herausforderungen
- Starke Konzentration von verschiedenen Funktionalitäten am gleichen Ort
- Projekt mit Stellwerkersatz (Umrüstung auf ETCS L2)