

Bauingenieur

Die richtungsweisende Zeitschrift im Bauingenieurwesen

Inhaltsverzeichnis

Risikoallokationsmodell (RA-Modell): Der kritische Erfolgsfaktor für Public Private Partnerships

• Teil 1: Risikominimierung

1. Einleitung
2. Stand der Wissenschaft und Forschung
3. Forschungsmethodik – Epistemologisches Fundament
4. PPP-Risikoallokationsmodell (RA-Modell)
5. Modul 1: PPP Risikoidentifikation und -bewertung
6. Modul 2: Risikolastverteilung –
Evaluation der Risiken bezüglich Beeinflussbarkeit und Auswirkungsminimierung
7. Fazit

• Teil 2: Zeitliche Risikobelastung

1. Einleitung
2. PPP Risikoallokationsmodell (RA-Modell)
3. Modul 3: Zeitabhängige Risikoentwicklung in PPP-Projekten
4. Modul 4: Risikobelastungsanalyse in äquidistanten Zeitabständen
5. Fazit

• Teil 3: Risikotragfähigkeit

1. Einleitung
2. PPP Risikoallokationsmodell (RA-Modell)
3. Modul 5: Vermögen/Gewinn-Risiko-Modell (VGR-Modell)
4. Modul 6: Risikodeckungsdimension –
Beurteilung der Risikodeckungsmassen der Projektgesellschaft
5. Modul 7: Risikotragfähigkeitsprüfung
6. Fazit

Risikoallokationsmodell (RA-Modell): Risikominimierung

Der kritische Erfolgsfaktor für Public Private Partnerships

Teil 1

G. Girmscheid

Zusammenfassung Die Risikoverteilung bei einer Public Private Partnership (PPP) erfolgt nach einer Studie der ETH Zürich in der Praxis nach rechtlichen Rahmenbedingungen für die nicht-dispositiven Risiken und für die dispositiven Risiken weitgehend nach intuitiven, habitativen und opportunistischen Gesichtspunkten gemäss der Verhandlungsstärke der Partner. Es fehlen eindeutige klar strukturierte Entscheidungskriterien und Methoden zur kostenminimierenden Verteilung der Risiken in einer PPP, welche der öffentlichen Hand eine optimale Risikoverteilung entsprechend der rechtlichen Rahmenbedingungen, der fachlichen Kompetenz und der finanziellen Kapazität beider Partner ermöglicht. Das Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement der ETH Zürich unter der Leitung des Verfassers konzeptionalisiert ein mehrdimensionales Risikoallokationsmodell (RA-Modell). Dieses RA-Modell berücksichtigt einerseits die fachlichen Kompetenzen und Möglichkeiten beider Partner zur Beeinflussung des Eintretens und Minimierung der Tragweite der Risiken sowie andererseits die finanzielle Risikodeckungskapazität des Risikonehmers.

Mit Hilfe des RA-Modells werden die Risiken bei einer PPP so verteilt, dass einerseits die unternehmerischen Anreize des Privaten zur Effizienzsteigerung geweckt und andererseits die haushaltstechnischen Überlegungen zur Sicherung der Standortqualitäten der öffentlichen Hand gesichert werden. Nur wenn die Risiken beider Partnern transparent sind und mit Hilfe klarer Entscheidungskriterien eine faire Risikoverteilung ermöglicht wird, lassen sich längerfristige Partnerschaften wie PPPs partnerschaftlich und wirtschaftlich erfolgreich abwickeln.

In diesem Beitrag wird der erste Teil des RA-Modells „Risikominimierung“ vorgestellt. In zwei weiteren Beiträgen im Bauingenieur werden die Teile 2 und 3 des RA-Modells über „Zeitliche Risikobelastung“ und „Risikotragfähigkeit“ vorgestellt.

In diesem Teil 1 wird die Forschungsmethodik erläutert sowie die Risikominimierung eines PPP-Projekts vorgestellt. Damit erhält die Praxis ein Entscheidungstool zur objektiven rationalen Aufteilung von Risiken für verschiedene Verteilungsszenarien.

Risk Allocation Model (RA Model): Risk Minimization - The Critical Success Factor for Public Private Partnerships, Part 1

Abstract A study conducted by ETH Zurich discovered that, in practice, PPP risk allocation has to be differentiated in two classes. Certain risks have to be allocated due to legal conditions; other risks have no such restrictions and are allocated according to intuitive, habitative and opportunistic aspects of the stakeholders depending on the negotiating strength of the partners. There is a lack of unambiguous and clearly structured decision-making criteria and methods for cost-minimized allocation of the risks associated with a PPP. Optimal risk allocation for the public sector would reflect both the general legal conditions, and the competency and financial capacity of both partners involved. Under the guidance of the author, the Institute for Construction and Infrastructure Management at ETH Zurich is designing a multi-dimensional risk allocation (RA) model. This RA model takes account, not only of the professional competency and options available to the two partners, but also of the financial risk coverage capacity of each risk-taker.

The RA model can help to distribute the risks associated with a PPP in such a way that both the entrepreneurial incentives to increase efficiency on the part of the private partner are enhanced, and the budget safety as well as the security of the long-term quality of the public sector services are maintained. The risks have to be allocated to both parties based on clear decision-making criteria to ensure fair risk allocation, in order to establish a long-term collaboration, such as a PPP, which operates in a partnership and profitable manner.

This article presents the first part of the „Risk Minimization“ RA model. Two further articles in „Bauingenieur“ will present the second and third parts of the RA model, focusing on „Temporal Risk Load“ and „Risk-Bearing Ability“.

This Part 1 explains the research methodology and presents a model for minimizing the risk of a PPP project. The model constitutes a decision-making tool for practical application that enables risks for various allocation scenarios to be shared objectively and rationally.

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid

M.ASCE, John O. Bickel Award 2004 und 2005

Professor für Bauprozess- und
Bauunternehmensmanagement
Vorsteher Institut für Bau- und
Infrastrukturmanagement

ETH Zürich

CH-8093 Zürich

girmscheid@ibi.baug.ethz.ch

Tel. (+41) 44 633 37 87

Fax (+41) 44 633 14 52

1 Einleitung

Public Private Partnership (PPP) hat sich international zu einer sehr verbreiteten und erfolgreichen Alternative für die Erfüllung öffentlicher Aufgaben etabliert. Ziel einer PPP ist es, durch Risikoteilung sowie durch das Einbringen des spezifischen Know-hows und der wirtschaftlichen Kompetenz des privaten Partners in Verbindung mit dem öffentlichen Partner bei der Erfüllung öffentlicher Aufgaben Synergien frei zu setzen. Diese Synergien entfalten sich durch eine optimale Risikoallokation unter Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit der Partner.



Bild 1. Effizienzpyramide – Effizienzsteigernde Faktoren bei einer PPP [1]
Fig. 1. Efficiency pyramid – Efficiency enhancing factors in a PPP [1]

Nach Jacob and Kochendörfer [1] stellt die optimal Risikoallokation den kritischen Erfolgsfaktor für die langfristige Wirtschaftlichkeit einer PPP dar (Bild 1).

Jedoch ist in der Praxis keine einheitliche und systematische Herangehensweise für die Risikoverteilung zu erkennen. Eine empirische Studie bei den bekannten, zum Teil international tätigen PPP-Beratungsunternehmen in Deutschland und der Schweiz, die die ETH Zürich durchführte [2], bestätigte diese Vermutungen. Dabei zeigte sich, dass die rechtlich dispositiven Risiken meist nach intuitiven, habitativen und opportunistischen Gesichtspunkten der Verhandlungsstärke der Partner verteilt werden. Es fehlen im Regelfall eindeutige klare Entscheidungskriterien und Methoden zur kostenminimierenden Verteilung der Risiken einer PPP, welche der öffentlichen Hand eine optimale Risikoverteilung unter Beachtung der Risikodeckungskapazität des privaten Partners ermöglicht.

In dieser Veröffentlichung wird der erste Teil eines Risikoallokationsmodelles (RA-Modell) für PPP-Projekte vorgestellt, welches vom Verfasser am Institut für Bau- und Infrastrukturmanagement der ETH Zürich entwickelt wurde. Dieses Modell soll den Projektpartnern ermöglichen, die langfristigen Risiken dieser Partnerschaft zu identifizieren, zu beurteilen und zu bewerten sowie eine systematische optimale Allokation der Risiken anhand von eindeutigen Entscheidungskriterien vornehmen zu können.

2 Stand der Wissenschaft und Forschung

Neben der einschlägigen Standardliteratur zum Unternehmensrisikomanagement [3] sowie Projekt- und Unternehmensrisikomanagement [4], [5], [6], gibt es inzwischen zahlreiche deutschsprachige und internationale Fachliteratur, welche sich der Thematik des Risikomanagements spezifisch bei einer PPP widmet. Maßgebende Veröffentlichungen sind u.a.: Akintoye, et al. [7], BMVBW [8], Boll [9], Boussabaine [10], Elbing [11], Grimsey and Lewis [12], HM-Treasury [13], Merna and Lamb [14], Partnerships Victoria [15], Racky [16].

Die meisten Veröffentlichungen weisen zwar darauf hin, dass dem Aspekt der Risikoanalyse und -allokation eine entscheidende Bedeutung sowohl für das Zustandekommen als

auch für den wirtschaftlichen Erfolg des Projektes zukommt [7], [8], [12], [17]; es fehlt in diesen Werken jedoch an Instrumentarien, die Risikoallokation in die Praxis umzusetzen.

Gemäß allgemeinem Verständnis von Praxis und Forschung wird eine „optimale Risikoverteilung“ nur dann erzielt, wenn keiner der Partner Risiken trägt, welche der andere Partner effizienter wahrnehmen kann durch eine etwaige bessere Beeinflussungsmöglichkeit [18]. Dies folgt dem allgemeinen Risikoverteilungsgrundsatz, dass derjenige die Risiken tragen sollte, der sie kosteneffektiver behandeln kann [7], [10], [17].

Außer diesen allgemeinen Grundsätzen der Risikoverteilung werden in

der Fachliteratur keine Ansätze geliefert, wie dieses Optimum der Risikoverteilung zu erreichen ist. Es werden weder Entscheidungshilfen für die Risikoverteilung noch konkrete Kriterien, nach denen die Risiken verteilt werden können, vorgestellt. Einziger Anhaltspunkt für eine optimale Risikoverteilung, stellt die Kompetenz der Partner dar, entsprechend dieser sollte gemäß Praxis und Forschung die Risikoverteilung erfolgen [7], [10], [17], [18]. Es fehlen jedoch auch hierfür eindeutige Kriterien, wie die Kompetenz eindeutig zu bestimmen ist und somit als Verteilungskriterium herangezogen werden kann.

Nur Boussabaine [10] führt neben dem allgemeinen Risikoverteilungsgrundsatz den Hinweis an, dass in der Praxis der Risikoträger nicht immer die ausreichende finanzielle Tragfähigkeit dazu besitzt, die übertragenen Risiken auch zu tragen. Girmscheid [19] postuliert drei Dimensionen der Risikoverteilung:

- Beeinflussungsmöglichkeit,
- Auswirkungsminimierung und
- Risikobelastbarkeit des Risikoträgers,

die als Eingangs- und Gestaltungsparameter in einem Risikoallokationsmodell dienen sollten, um eine optimale Risikoallokation für ein Projekt zu erreichen.

Insgesamt ist festzustellen, dass es in der Fachliteratur an eindeutigen Verteilungskriterien fehlt, nach denen die Risiken kostenminimierend verteilt werden können und somit eine erfolgreiche langfristige Partnerschaft für beide Parteien gesichert ist. Es werden lediglich die Grundlagen eines Risikomanagementprozesses mit den Standardtools für die Identifizierung und Bewertung von PPP-Projektrisiken beschrieben, wobei jedoch nicht auf den Prozess der Risikoverteilung und die finanzielle Auswirkung einer solchen Verteilung eingegangen wird.

Innerhalb des Forschungsprojektes „PPP – Stand der Praxis: Risikoidentifikation im Straßenunterhalt und Risikoverteilungskonzepte“ an der ETH Zürich [2] wurde eine empirische Untersuchung zur Identifikation des „State of Art“ der Risikoallokation bei PPP-Projekten in Deutschland und eine Studie über die Beurteilungskriterien der Banken bezüglich Unternehmensbewertung und Investitionskreditvergabe durchgeführt. Dabei zeigte sich in der Literaturstudie, dass weder Berater noch Unternehmen eine klare systematische Konzeption haben, um Risikokosten unter Berücksichtigung

der Risikotragfähigkeit des privaten Partners bzw. der Projektgesellschaft zu minimieren. Darauf aufbauend konzeptualisierte der Verfasser dieses Beitrags ein Risikoallokationsmodell (RA-Modell), welches die Risiken nach den drei Dimensionen der Risikoallokation, die von Girmscheid [19], [20] sowie Girmscheid and Busch [4] vorgeschlagen wurden, verteilt. Mittels des dreidimensionalen RA-Modells soll den PPP-Projektpartnern ein Instrument gegeben werden, um die Risiken anhand von eindeutigen Verteilungskriterien kostenminimierend zu verteilen unter Berücksichtigung der Risikotragfähigkeit des privaten Partners bzw. der Projektgesellschaft und somit zu einer optimalen Risikoverteilung zwischen den Partnern zu gelangen.

3 Forschungsmethodik – Epistemologisches Fundament

Die Baubetriebswissenschaften interpretieren und konstruieren die technisch-soziale Umwelt in der Bauindustrie. Popper [21] entwickelte den “Trialismus” als ein erkenntnistheoretisches Fundament um die verschiedenen Wissenschafts-paradigmen zu erklären. Dieser basiert auf dem philosophischen Objektivismus und Fallibilismus der Philosophie des kritischen Positivismus [22] und der hermeneutischen Philosophie nach Dilthey [23], Plessner [24], Heidegger [25] und Taylor [26].

Schwandt [27] fasst die drei erkenntnistheoretischen Positionen für qualitative Untersuchungen – Interpretativismus, Hermeneutik und sozialer Konstruktivismus – in Denzin [28] zusammen.

Poppers interaktionaler Trialismus der Welten besteht aus (Bild 2):

- Welt 1: physikalische Objekte
- Welt 2: subjektive und psychologische Wahrnehmung von menschlichen Individuen
- Welt 3: physikalische und nicht-physikalische Produkte des menschlichen Geistes

Diese drei Welten sind miteinander verknüpft.

Das erkenntnistheoretische, wissenschaftstheoretische Fundament kann, basierend auf Poppers Trialismus, wie folgt strukturiert werden:

Welt 1 mit ihren physischen Objekten ist Teil der nomothetischen Wissenschaften [23] und die naturwissenschaftliche Ursache-Wirkungs-Beziehung kann mit dem Paradigma des kritischen Positivismus [22] erkundet werden. Die erkenntnistheoretische Position des kritischen Positivismus lautet [29]:

- Wissensstand: Onthologische Hypothese
- Realitätsverständnis: Deterministische Hypothese
- Wissensgenerierung: Entdeckung

Das Gültigkeitskriterium ist der Grad der Widerlegbarkeit (Falsifikation).

Welt 2 der subjektiven Erlebnisse ist nicht Teil des wissenschaftlichen Fokus der meisten baubetriebswissenschaftlichen Forschungen und wird hier nicht weiter berücksichtigt.

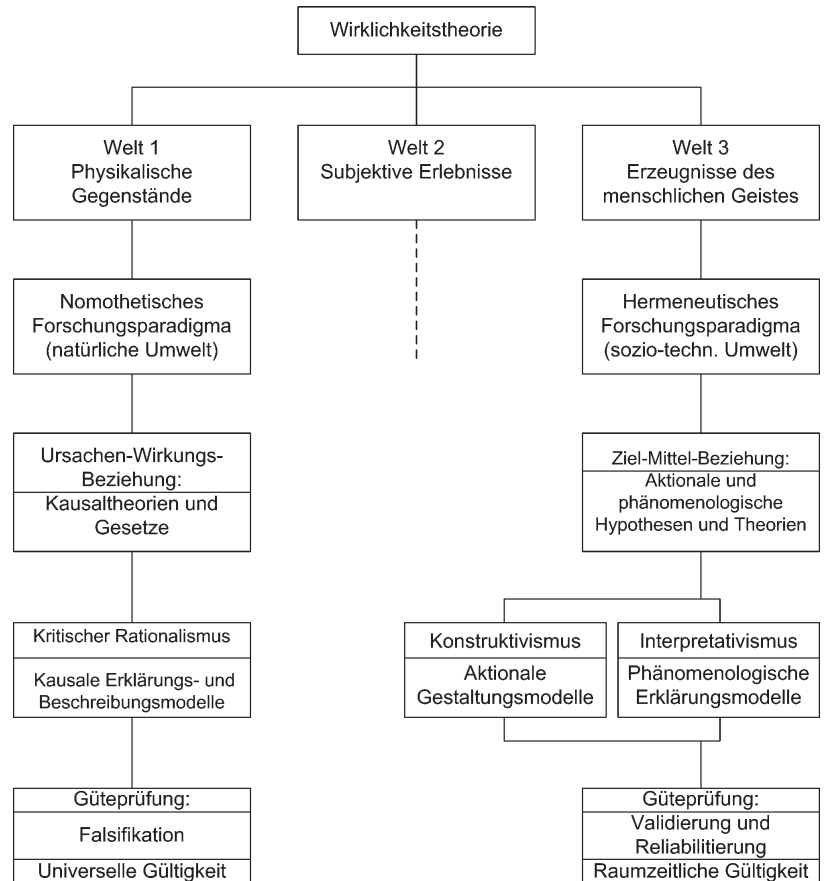


Bild 2. Trialismus in der Wissenschaftstheorie – Erkenntnistheoretisches Fundament

Fig. 2. Trialism in the philosophy of science – Epistemological foundation

Welt 3 mit ihren physischen und nicht-physischen Produkten des menschlichen Geistes ist Teil der hermeneutischen Wissenschaftstheorie [23], [25], welche sich auf das Verstehen und Interpretieren der bestehenden sowie auf das Konstruieren einer neuen sozialen Realität konzentriert. In der hermeneutischen Wissenschaftstheorie ist die Ziel-Mittel-Beziehung das maßgebliche Paradigma, welches wiederum zu den folgenden Paradigmen der Forschungsmethodik führt [29]:

- Interpretativismus
- Konstruktivismus

Die erkenntnistheoretische Position der hermeneutischen Wissenschaftstheorie lautet [29]:

- Wissensstand: Phänomenologische Hypothese
- Realitätsverständnis: Intentionalistische Hypothese
- Wissensgenerierung:
 - a) Interpretation der vom Mensch geschaffenen Realität – phänomenologische Erklärungsmodelle basierend auf einer Ziel-Mittel-Beziehung
 - b) Konstruktion einer neuen vom Mensch geschaffenen Realität – aktionale entwickelte Modelle basierend auf einer Ziel-Mittel-Beziehung.

Im Falle des RA-Modelles konstruiert der Wissenschaftler eine viable, neue vom Mensch geschaffenen Realität. Gemäß dem konstruktivistischen Forschungsparadigma von Piaget [30] und von Glasersfeld [31] müssen solche Modelle viabel, valide und reliabel sein. Diese Triangulation gemäß Yin [32] wird folgendermaßen erreicht:

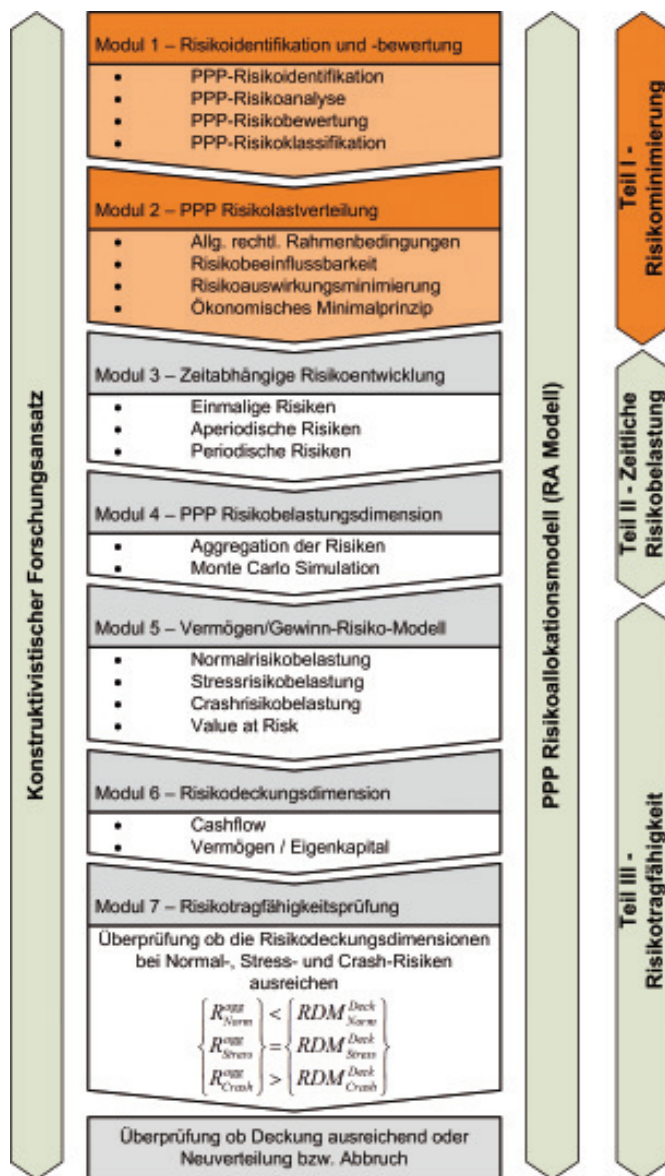


Bild 3. Risikoallokationsmodell (RA-Modell)
Fig. 3. Risk allocation model (RA model)

- Viabilität durch Konstruktion eines solchen Modelles gemäß der Ziel-Mittel Beziehung,
- Validität indem die Modellkonstruktion in einen theoretischen Bezugsrahmen (kybernetische Systemtheorie, Theorien der Finanzmathematik und Risikotheorien) eingebettet wird,
- Reliabilität indem das Modell hinsichtlich seiner intendierten Ziel-Mittel-Beziehung und alternativer abweichender Ziele bzw. Interpretationen getestet wird (Reliabilitätstest).

4 PPP-Risikoallokationsmodell (RA-Modell)

Das konstruktivistische, generisch-logische RA-Modell ist in drei Teile und sieben Module (Bild 3) strukturiert.

Teil 1 – Risikominimierung, setzt sich aus folgenden Modulen zusammen:

- In Modul 1 (Risikoidentifikation) werden die Risiken identifiziert, system-theoretisch strukturiert sowie bewertet. Dadurch wird eine generisch-hierarchischen Struktur über Risikofelder und deren Risikogruppen mit den jewei-

ligen Risikotypen und den Einzelrisiken bereitgestellt. Weiterhin werden die Risiken bezüglich ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit und ihrer Tragweite analysiert, bewertet und gemäß ihrer Bedeutung klassifiziert [5].

- In Modul 2 (Risikoverteilung) werden die in Modul 1 identifizierten Risiken hinsichtlich ihrer Optimierbarkeit und hinsichtlich ihrer Beeinflussbarkeit und Auswirkungsminimierung in Szenarien strukturiert, um die kostenminimale Risikoallokation zu finden (ökonomisches Minimalprinzip).

Teil 2 – Zeitliche Risikobelastung, setzt sich aus folgenden Modulen zusammen:

- In Modul 3 (zeitabhängige Klassifikation der Risiken) wird die Zeitabhängigkeit und die entsprechende Risikoentwicklung von den in Modul 1 identifizierten Risiken in PPP-Projekten analysiert. Außerdem werden die Risiken gemäß ihrem zeitbezogenen Auftreten in einmalige, aperiodische und periodische Risiken eingeteilt.
- In Modul 4 (Risikoaggregation) werden die probabilistischen Risikokosten mittels Monte-Carlo-Simulation aggregiert.

Teil 3 – Risikotragfähigkeit, setzt sich aus folgenden Modulen zusammen:

- In Modul 5 (Vermögen/Gewinn-Risiko-Modell) werden die Belastungsszenarien gemäß Gefahrenpotential in Normal-, Stress- und Crashrisikobelastungen unterteilt.
- In Modul 6 (Risikodeckungsdimensionen) wird die Risikodeckung eines PPP-Projektes bzw. der PPP-Projektgesellschaft gemäß dem Grundkonzept nach Girmscheid [3] gebildet, indem der Cashflow und das Eigenkapital der Projektgesellschaft analysiert werden.
- In Modul 7 (Risikotragfähigkeitsprüfung) wird die Risikotragfähigkeit getestet. Das RA-Modell ermöglicht es dem Entscheidungsträger, die notwendige Risikodeckung zu jedem Zeitpunkt des PPP-Projektes für die Risikobelastung nach Normal-, Stress- oder Crash-Level zu ermitteln. Mit dem RA-Modell kann der Entscheidungsträger bewerten, ob genügend Risikodeckung für die ermittelte Risikoverteilung nach dem ökonomischen Minimalprinzip vorhanden ist. Wenn die Risikodeckung nicht sicher gestellt ist, muss die Allokation von kritischen Risiken überprüft werden. Dies bedeutet, dass eine Beschaffung unter Umständen abgebrochen werden muss, wenn keine Risikoallokation gefunden werden kann, die PPP nach einer Kosteneffizienzanalyse priorisiert.

In dieser Veröffentlichung wird der erste Teil (Risikokostenminimierung) mit den Modulen 1 und 2 vorgestellt. Die Teile 2 und 3 des RA-Modells werden in Folgebeiträgen im Bauingenieur veröffentlicht.

5 Modul 1: PPP Risikoidentifikation und -bewertung

Die Risikoidentifikation für ein bestimmtes PPP-Projekt bzw. ein bestimmtes Aufgabengebiet erfolgt im Regelfall auf Basis einer generisch-logischen Strukturierung, in der die Risiken nach Kategorien geordnet und strukturiert werden.

Die Gliederung der Risikokategorisierung erfolgt aus systemtheoretischen Überlegungen nach generisch-hierarchischen Strukturen, die die öffentliche Aufgabe determinieren (Bild 4). Die von Girmscheid and Busch [5] entwickelte hierarchisch horizontale Gliederung der Risiken nach Aggregationsstufen in Risikofelder und deren Risikogruppen mit ihren Risikoarten und Einzelrisiken, wird vertikal ge-

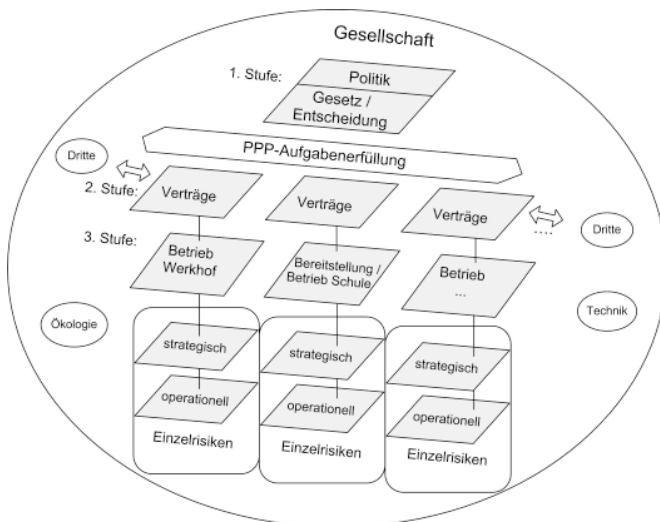


Bild 4. Systemorientierte hierarchische Gliederung der Risikoursachen
Fig. 4. System oriented hierarchical structure of risk causes

gliedert in die Risikoursachenebenen der Risikofelder Politik, Vertrag, Entwurf, Bau und Betrieb.

Diese Risikokategorisierung muss projekt- bzw. aufgabenspezifisch erstellt werden und die spezifischen Risikocluster beinhalten, damit eine systematische und strukturierte Risikoanalyse möglich ist.

Dabei erfolgte die Kategorisierung gemäß der zweidimensionalen Risikomatrix, die sich horizontal in Risikofelder, Risikogruppen und Risikoarten sowie vertikal in die hierarchischen Stufen Politik, Vertrag, Entwurf, Bau und Betrieb gliedert (Tabelle 1).

Mittels dieser Risikokategorisierungsmatrix kann eine situationsspezifische Risikoermittlung für PPP systematisch erfolgen.

Die mittels Checklisten strukturierten Risiken (Tabelle 1) werden im Anschluss analysiert und bewertet. Die Risikobewertung stellt die Erwartung von Eintrittswahrscheinlichkeit (P) und Tragweite (T) der identifizierten Risiken dar [5].

$$R_{E,i} = P_{E,i} * T_{E,i} \quad (1)$$

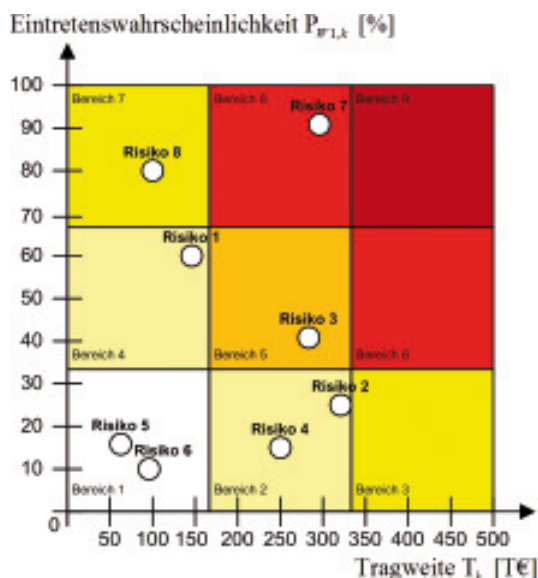
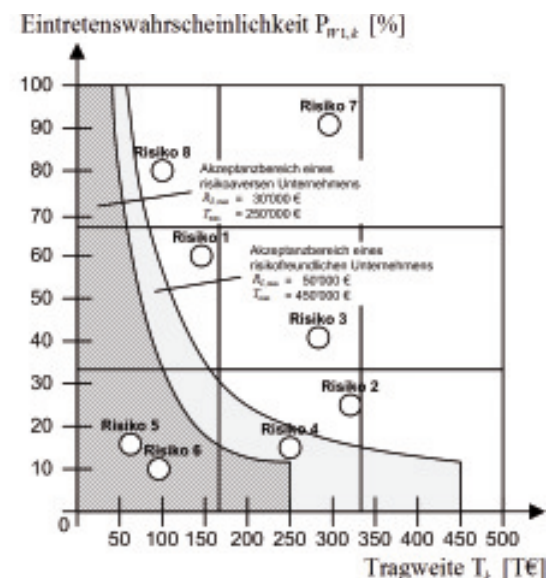


Bild 5. Portfoliomethode [5]
Fig. 5. Portfolio method [5]

Tabelle 1. Risikokategorisierung von PPP-Risiken, aufgeteilt in Risikofelder, Risikogruppen und Risikoarten (in Anlehnung an [2])
Table 1. Risk categorization of PPP risks subdivided into risk fields, risk groups and risk types (on the basis of [2])

Risikofeld (Risikoursache)	Risikogruppe	Risiken / Ereignisse
Politik	Gesetzänderungen	- Änderungen in Politik / Legislative - Änderungen in der Regierung - Änderungen in der Besteuerung
	Regeländerungen	- Umplanung - Änderung der Risikoprüfung
	Standardänderungen	- Änderung der technischen Standards - Änderung der betrieblichen Standards
Vertrag	Vertragsänderungen	- Änderung der gemeinsamen Projektanforderungen - Mängelhaft: Vertragsformulierung - Unvorhergesehene technische Probleme oder Umwelteinflüsse
	Partner	- Konflikt - Ausfallende oder ansonstende Aufgabenerfüllung durch Vertragspartner
	Anforderungsänderungen	- Änderung der Leistungsansprüche - Demographischer / sozialer Veränderungen
Entwurf	Anforderungsidentifikation	- Unzureichende Identifikation der Anforderungen: - Textinhalt - Nutzung - Umfang - Übergabe
	Unterhalt und Erneuerung	- Unzureichende Spezifikation der Anforderungen - Kostenüberschreitung von Unterhalt und Erneuerung aufgrund von schwierigem Zugang - Unzureichende Flexibilität für die erweiterte Komponente am Ende des Lebenszyklus
	Ungemessenes oder unvollständiges Design	- Unzureichende Kontrolle der: - Entwurfs hinsichtlich der Anforderungen - Entwurfs hinsichtlich der Bauteilherstellbarkeit
Bau	Qualität / Zeit / Kosten	- Unzureichende Kontrolle der: - der Qualität der Ausführung - der Zeitvorgaben - der Kostengrenzen
	Subunternehmer / Dritte	- Unzureichende Kontrolle der: - Leistung - Qualität - Termin - Risiko
	Natürliche Risiken	- Erdbeben - Stürme - Überschwemmungen
Betrieb	Anthropogene Risiken	- Demonstrationen - Proteste / Paraden - Events - Nutzerverhalten - Vandalismus
	Leistungserfüllung / Qualitätsrisiken	- Nutzungsbeeinträchtigungen: - Verfügbarkeit - Inspektion - Unterhalt - Erneuerung - Zeitliche Verzögerung des Komponenteneinsatzes - Kostenüberschreitung des Komponenteneinsatzes - Unzureichende SLA - Zustand der Infrastruktur am Komponenteneinsatz
	Management	- Schlechte Planung - Mängelhaft: Vertragsformulierung - Unzureichende Kontrolle - Entscheidungen



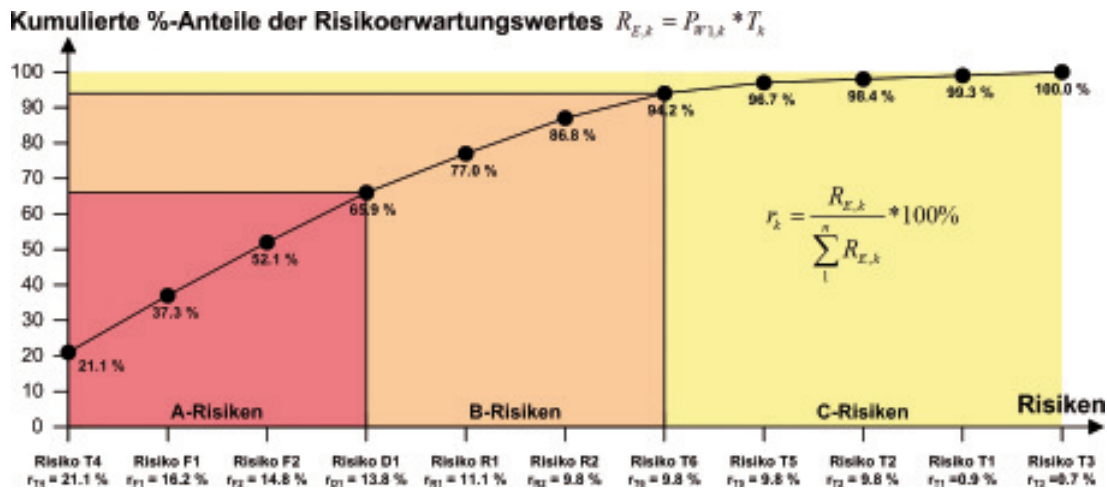


Bild 6. ABC Analyse [5]
Fig. 6. ABC analysis [5]

mit

- $R_{E,i}$ Erwartete Risikokosten des Risikos i
- $P_{E,i}$ Erwartete Eintrittswahrscheinlichkeit des Risikos i
- $T_{E,i}$ Erwartete Tragweite (Schadenshöhe) des Risikos i

Bei der Klassifizierung von Risiken werden verschiedene Methoden zur Veranschaulichung derer Behandlungsdürftigkeit eingesetzt; sehr geeignet und weit verbreitet sind die Portfolio-Methode (Bild 5) und die ABC-Analyse (Bild 6) [5]. Im Allgemeinen können die in Tabelle 1 identifizierten Risiken auf unterschiedliche Weise strukturiert werden, nämlich nach ihrer Zeitabhängigkeit und Ihrer Optimierbarkeit

abhängig von dem beabsichtigten Zweck der Strukturierung. Eine Strukturierung der Risiken gemäß ihrer Optimierbarkeit dient der Identifikation der optimalen Risikoverteilung wohingegen eine Strukturierung gemäß Zeitabhängigkeit dazu dient die Risikobelastung während der Konzessionsperiode zu beurteilen.

6 Modul 2: Risikolastverteilung – Evaluation der Risiken bezüglich Beeinflussbarkeit und Auswirkungsminimierung

Das Ziel der Risikoallokation ist es, gemäß dem ökonomischen Minimalprinzip, die Risikokosten für das PPP-Projekt zu minimieren. Diese Kostenminimierung wird insbesondere dadurch erreicht, dass entweder die Eintrittswahrscheinlichkeit ($P_{i,opt}$) oder die Tragweite ($T_{i,opt}$) oder beides minimiert werden, indem die Risiken auf die Projektpartner gemäß deren Kompetenzen und Beeinflussungsmöglichkeit verteilt werden. In diesem Modell werden die Risiken detailliert untersucht, um herauszufinden ob einer der beiden Partner in der Lage ist die Ursache des Risikos zu beeinflussen und somit die Eintrittswahrscheinlichkeit ($P_{i,opt}$) zu optimieren, oder – falls die Eintrittswahrscheinlichkeit nicht beeinflussbar ist – wenigstens die Möglichkeit besteht die Auswirkungen und somit auch die Tragweite ($T_{i,opt}$) zu minimieren (Bild 7). Falls keiner der Partner in der Lage ist weder die Eintrittswahrscheinlichkeit noch die Tragweite des Risikos zu beeinflussen, besteht die Möglichkeit, das Risiko beiden Partnern zuzuteilen. Die Kosten für Maßnahmen M_δ zur Reduzierung der Eintrittswahrscheinlichkeit und/oder der Tragweite und somit der Risikokosten R_i müssen in der Gesamtbetrachtung der Risikobewältigungskosten berücksichtigt werden (Tabelle 2). Mit Hilfe eines Simulationsalgorithmus werden die verschiedenen Szenarien δ (Tabelle 2) der Risikoallokation und der entsprechend gewählten Maßnahmen zur Reduktion der

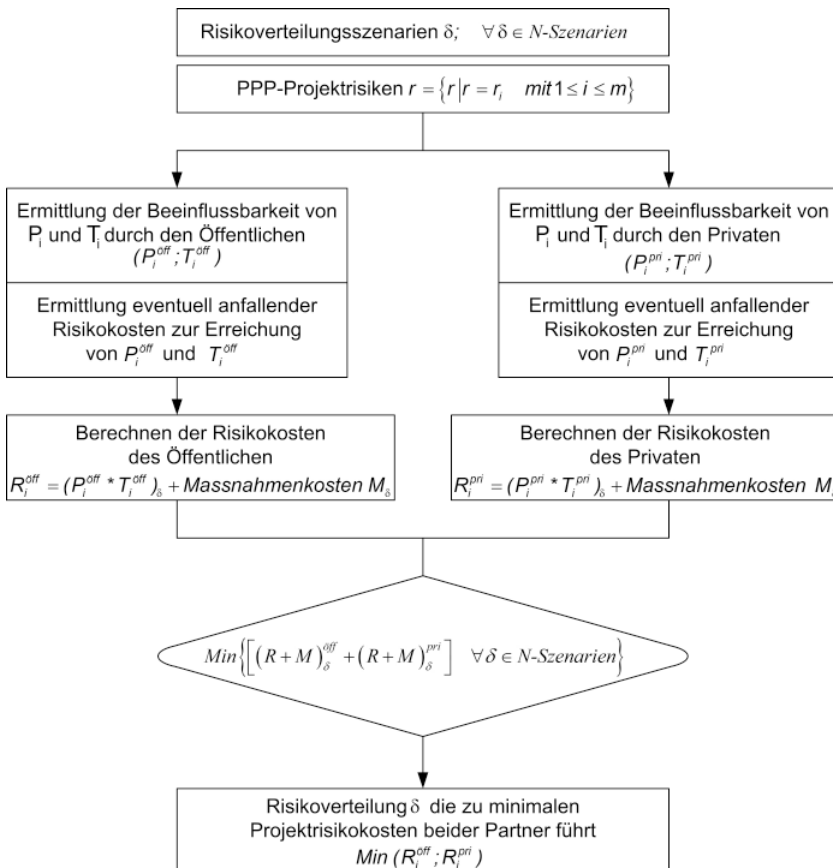


Bild 7. Fließdiagramm zur Minimierung der Risikokosten Ri
Fig. 7. Flow chart for the minimization of risk costs Ri

Tabelle 2. Auszug einer Risikoallokationsmatrix – Szenario δ der Risikokostenminimierung bezüglich Beeinflussbarkeit und Auswirkungsminimierung
 Table 2. Extract from the risk allocation matrix – Scenario δ of risk cost minimization according to influence and impact minimization

Nr.	Risikofelder Risikogruppen Risikoarten	Risikokosten (p.a.)			Beeinflussbarkeit der Risikokostenparameter				Risikoallokationsszenario				Risikokosten je Risikoträger (R^{Pri} bzw. R^{Off})	
		P_i	T_i	R_i	Beeinflussbarkeit der Eintrittswahrscheinlichkeit		Beeinflussbarkeit der Tragweite		Szenario $\delta-1$		Szenario δ		Privater Partner (R^{Pri})	Öffentl. Partner (R^{Off})
					Massnahmen (Wie?)	Akteur (Wer?)	Massnahmen (Wie?)	Akteur (Wer?)	Privater Partner (R^{Pri})	Öffentl. Partner (R^{Off})	Privater Partner (R^{Pri})	Öffentl. Partner (R^{Off})		
I	Politik													
A	Gesetzesänderungen													
B	Budgetänderungen													
C	Standardänderungen													
II	Vertrag													
A	Vertragsänderungen													
B	Partner													
C	Anforderungsänderungen													
III	Entwurf													
A	Anforderungsidentifikation													
B	Unterhalt und Erneuerung													
C	Unangemessenes oder unvollständiges Design													
IV	Bau													
A	Qualität / Zeit / Kosten													
B	Subunternehmer / Dritte													
C	Natürliche Risiken													
V	Betrieb													
A	Natürliche Risiken													
B	Anthropogene Risiken													
C	Leistungserfüllungs- / Qualitätsrisiken													
D	Management													

Legende

P: Eintrittswahrscheinlichkeit

T: Tragweite

R: Risikokosten

Öff: Öffentlicher Partner

Pri: Privater Partner

Eintrittswahrscheinlichkeit oder der Tragweite überprüft hinsichtlich der minimalen Projektrisikokosten und anschließend hinsichtlich der Risikotragfähigkeit des öffentlichen und privaten Partners.

Die folgenden Fragen sollten gestellt werden, um zu beurteilen wer in der Lage ist die Risiken zu geringeren Kosten zu übernehmen:

- Wer ist in der Lage die Ursache des Risikos und somit die Eintrittswahrscheinlichkeit zu beeinflussen?
- Wer ist in der Lage die Auswirkungen und somit die Tragweite des Risikos zu minimieren?
- Welche Maßnahmen, zu welchen Kosten, müssen durchgeführt werden um die Eintrittswahrscheinlichkeit und/oder Tragweite zu minimieren?

Nicht-verteilbare Risiken (z. B. gesetzlich vorgeschrieben) werden einem der beiden Partner nach den gesetzlichen Vorgaben zugewiesen. Risiken ohne klare Allokationskriterien können beiden Parteien zugewiesen werden; diese bilden dann u.a. die verschiedenen Szenarien δ .

Aus Tabelle 2 ist zu erkennen, dass es trotz Beurteilung der Eintrittswahrscheinlichkeit bzw. Tragweite besonders bei Risiken, die von beiden Parteien beeinflusst werden können, verschiedene subjektive Verteilungsmöglichkeiten bestehen. Dies führt zu verschiedenen Risikoallokationsszenarien δ .

Risiken, die nicht eindeutig einem der beiden Projektpartner zugeordnet werden können – z. B. weder aufgrund von gesetzlichen Vorgaben noch aufgrund der Beeinflussbarkeit von Eintrittswahrscheinlichkeit oder Tragweite – sollten demjenigen Partner zugewiesen werden, der durch die Risikoübernahme nicht extreme spekulative Kosten berücksichtigen muss.

Risiken mit eindeutiger Beeinflussbarkeit in Bezug auf Eintrittswahrscheinlichkeit bzw. Tragweite führen im Regelfall zu minimalen Risikokosten.

Die Qualität der Verteilung muss aus den Projekttrandbedingungen und den spezifischen Gegebenheiten von Experten möglichst auf der Basis einer modifizierten Delphi-Methode [33] herausgearbeitet werden.

Die verschiedenen Risikoallokationsszenarien δ gemäß den oben dargestellten Anforderungen können aus Tabelle 2 abgeleitet werden. Die Risikomaßnahmenkosten M_δ zur Reduzierung des Risikos müssen ebenso berücksichtigt werden, wie die Risikokosten selbst, um die Risikobewältigungskosten für jedes Szenario δ zu bestimmen.

Aus den verschiedenen Allokationsszenarien δ können die minimalen Risikokosten simuliert werden mittels dem ökonomischen Minimalprinzip.

Für jedes Szenario δ werden die Risikokosten des öffentlichen und privaten Partners folgendermaßen bestimmt:

- Die Risiken werden hinsichtlich ihrer Optimierbarkeit unterteilt, um somit die optimale Risikoallokation zu bestimmen.

$$R_i \rightarrow R_\varepsilon \quad \text{mit } \varepsilon = \{i \vee \varepsilon = j \vee \varepsilon = k \vee \varepsilon = l\}$$

- Im Szenario ergeben sich folgende Risikokosten für den privaten Partner:

$$R_\delta^{Pri} = \left\{ \begin{aligned} & \sum_i (P_{i,opt}^{Pri} * T_i) + \sum_j (P_j^{Pri} * T_{j,opt}^{Pri}) \\ & + \sum_k (P_{k,opt}^{Pri} * T_{k,opt}^{Pri}) + \sum_l (P_l^{Pri} * T_l^{Pri}) + \sum_{i,j,k,l} M_{i,j,k,l} \end{aligned} \right\}_\delta \quad (2)$$

Die Residualrisikokosten für die öffentliche Hand betragen:

$$R_\delta^{\ddot{off}} = \left\{ \begin{aligned} & \sum_i (P_{i,opt}^{\ddot{off}} * T_i) + \sum_j (P_j^{\ddot{off}} * T_{j,opt}^{\ddot{off}}) \\ & + \sum_k (P_{k,opt}^{\ddot{off}} * T_{k,opt}^{\ddot{off}}) + \sum_l (P_l^{\ddot{off}} * T_l^{\ddot{off}}) + \sum_{i,j,k,l} M_{i,j,k,l} \end{aligned} \right\}_\delta \quad (3)$$

Mit

i	Risiken deren Eintrittswahrscheinlichkeit optimiert aber deren Tragweite nicht optimiert werden kann
j	Risiken deren Eintrittswahrscheinlichkeit nicht optimiert aber deren Tragweite optimiert werden kann
k	Risiken deren Eintrittswahrscheinlichkeit und deren Tragweite optimiert werden kann
l	Risiken deren Eintrittswahrscheinlichkeit und deren Tragweite nicht optimiert werden können (Unbeeinflussbarkeit von Risiken)
$\ddot{off}$	Öffentlicher Partner
Pri	Privater Partner
R_δ	Summe der Risikokosten (des privaten und/oder öffentlichen Partners in Szenario δ)
$P_{i,opt}$	Optimierte Eintrittswahrscheinlichkeit des Risikos
$T_{i,opt}$	Optimierte Tragweite (Auswirkungen) des Risikos
P_j	Nicht-optimierbare Eintrittswahrscheinlichkeit
T_i	Nicht-optimierbare Tragweite
P_l	Unbeeinflussbare Eintrittswahrscheinlichkeit
T_l	Unbeeinflussbare Tragweite
$M_{i/j/k/l}$	Risikomaßnahmenkosten, um die Eintrittswahrscheinlichkeit und/oder Tragweite eines Risikos zu reduzieren
δ	Risikoallokationsszenario

- Die Gesamtrisikokosten des PPP-Projektes für das Risikoallokationsszenario ist die Summe der Gesamtrisikokosten beider Partner, wie folgt:

$$R_\delta^{PPP} = R_\delta^{Pri} + R_\delta^{\ddot{off}} \quad \text{mit } \delta \in N; \quad 1 \leq \delta \leq n \quad (4)$$

Mit

R_δ^{PPP}	Gesamtrisikokosten des PPP-Projektes für Szenario δ
R_δ^{Pri}	Risikokosten des privaten Partners für Szenario δ
$R_\delta^{\ddot{off}}$	Risikokosten des öffentlichen Partners für Szenario δ

- Das kostenminimale Risikoallokationsszenario von $1 \leq \delta \leq n$ Risikoallokationsszenarien lautet:

$$R_{\min}^{PPP} = \min_{1 \leq \delta \leq n} \{ R_\delta^{PPP} \mid R_\delta^{PPP} = (R_\delta^{Pri} + R_\delta^{\ddot{off}}) \} \quad (5)$$

7 Fazit

In diesem Beitrag wurde das Teilmodell „Risikominimierung“ des RA-Gesamtmodells für PPP-Projekte vorgestellt. Mit diesem Teilmodell der Risikokostenminimierung eines PPP-Projektes steht der Praxis ein Entscheidungstool zur Verfügung zur systematischen, rationalen Verteilung von Risiken unter den Partnern. Damit kann intuitivem und habitativen Vorgehen Grenzen gesetzt werden. Durch die Bildung von Risikoverteilungsszenarien, besonders für Risiken ohne klare Zuordnung zur Eintritts- bzw. Auswirkungsminimie-

rung, kann mittels des ökonomischen Minimalprinzips die optimale Risikoverteilung gefunden werden.

In zwei Folgebeiträgen werden die Teilmodelle „Zeitliche Risikobelastung“ und „Risikotragfähigkeit“ des RA-Gesamtmodells vorgestellt. Denn die „kostenminimale Risikoverteilung“ ist zur robusten Vertragsgestaltung eine notwendige Bedingung, doch führt erst die Betrachtung der „zeitlichen Risikobelastung“ und der „Risikotragfähigkeit“ des privaten Partners bzw. der Projektgesellschaft zur hinreichenden Bedingung einer vertraglichen Risikoverteilung.

Literatur

- [1] Jacob, D., Kochendörfer, B.: Effizienzgewinne bei privatwirtschaftlicher Realisierung von Infrastrukturvorhaben, Köln: Bundesanzeiger: 2002
- [2] Girmscheid, G., Pohle, T.: PPP – Stand der Praxis: Risikoidentifizierung im Strassenunterhalt und Risikoverteilungskonzept, Zürich: 2010
- [3] Girmscheid, G.: Holistic Probabilistic Risk Management Process Model for Project-Oriented Enterprises, Eigenverlag des IBB an der ETH Zürich: 2007
- [4] Girmscheid, G., Busch, T. A.: Unternehmensrisikomanagement in der Bauwirtschaft, Berlin: Bauwerk: 2008
- [5] Girmscheid, G., Busch, T. A.: Projektrisikomanagement in der Bauwirtschaft, Berlin: Bauwerk: 2008
- [6] Schierenbeck, H.: Risiko-Controlling und integrierte Rendite-/Risikosteuerung, Wiesbaden: Gabler: 2003
- [7] Akintoye, A., Beck, M., Hardcastle, C.: Public-Private Partnerships – Managing risks and opportunities, Oxford: Blackwell Science: 2003
- [8] BMVBW: PPP im öffentlichen Hochbau – Band III: Wirtschaftlichkeitsuntersuchung, Arbeitspapier Nr. 5: Risikomanagement, Berlin, BMVBW (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen): 2003
- [9] Boll, P.: Investitionen in Public-Private-Partnership-Projekte im öffentlichen Hochbau unter besonderer Berücksichtigung der Risikoverteilung – Eine theoretische und empirische Untersuchung, Köln: R. Müller: 2007
- [10] Boussabaine, A.: Cost Planning of PFI and PPP Building Projects, Abingdon, UK: Taylor & Francis: 2007
- [11] Elbing, C.: Risikomanagement für PPP-Projekte, Lohmann: Eul: 2006
- [12] Grimsey, D., Lewis, M. K.: Evaluating the risks of public private partnerships for infrastructure projects. In: International Journal of Project Management, 20, 2002 107–118
- [13] HM-Treasury: The Orange Book – Management of Risk – Principles and Concepts, London: 2004
- [14] Merna, A., Lamb, D.: Project Finance: The Guide to Value and Risk Management in PPP Projects, Oxford: Euromoney Books: 2003
- [15] Partnerships Victoria: Partnerships Victoria Guidance Material: Risk Allocation and Contractual Issues: A Guide. 2001
- [16] Racky, P. Stichnoth, P.: Empfehlungen für die vertragliche Allokation betriebsphasenspezifischer Risiken bei PPP-Projekten im Schulbau. In: Bauingenieur, 12/2009, p. 513–521
- [17] European-Commission: Guidelines for successful Public-Private-Partnerships, Brüssel, European-Commission: 2002
- [18] PPP Task Force NRW: Public Private Partnership im Hochbau – Anleitung zur Prüfung der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung von PPP-Projekten im öffentlichen Hochbau, Public Private Partnership-Initiative NRW (Federführung: Finanzministerium des Landes Nordrhein-Westfalen): 2007
- [19] Girmscheid, G.: Strategisches Bauunternehmensmanagement – Prozessorientiertes integriertes Management für Unternehmen in der Bauwirtschaft, Heidelberg: Springer: 2010
- [20] Girmscheid, G.: Risikoidentifikations- und Risikoallokationsmodell. In: Bauingenieur, 12/2009, p. 505–512
- [21] Popper, K. R.: Auf der Suche nach einer besseren Welt – Vorträge und Aufsätze aus dreissig Jahren, München [etc.]: Piper: 1987
- [22] Popper, K. R.: Logik der Forschung, Tübingen: Mohr: 2002
- [23] Dilthey, W.: Die Entstehung der Hermeneutik. In: (Hrsg.), Wilhelm Diltheys Gesammelte Schriften; Die geistige Welt: Einleitung in die Philosophie des Lebens – erste Hälfte: Abhandlungen zur Grundlegung der Geisteswissenschaften, Verlag von B.G.Teubner, Leipzig: 1900
- [24] Plessner, H.: Die Stufen des Organischen und der Mensch – Einleitung in die philosophische Anthropologie, Berlin: De Gruyter: 1965
- [25] Heidegger, M.: Die Zeit des Weltbildes. In: (Hrsg.), Gesamtausgabe – Band 5: Holzwege, Klostermann, Frankfurt am Main: 1938, p. 75–96
- [26] Taylor, C.: Philosophical papers: Vol. 1. Human agency and language, Cambridge, Cambridge University Press: 1985, p. 294
- [27] Schwandt, T. A.: Three Epistemological Stances for qualitative inquiry – Interpretativism, Hermeneutics and Social Constructionism. In: (Hrsg.), Handbook of qualitative research, Sage Publications, Inc., Thousand Oaks: 2000, p. 1065
- [28] Denzin, N. K.: Handbook of qualitative research, London: Sage Publications: 2000
- [29] Thietart, R. A.: Doing Management Research – A Comprehensive Guide, London: Sage Pub Inc.: 2001
- [30] Piaget, J.: Erkenntnistheorie der Wissenschaften vom Menschen: Die Wissenschaften vom Menschen und ihre Stellung im Wissenschaftssystem, Frankfurt a. M.: Ullstein: 1973
- [31] von Glasersfeld, E.: Radikaler Konstruktivismus: Ideen, Ergebnisse, Probleme, Frankfurt a. M.: Suhrkamp: 1998
- [32] Yin, R. K.: Case study research: design and methods, Thousand Oaks, Calif. [u.a.]: Sage: 2003
- [33] Franke, A.: Risikobewusstes Projekt-Controlling Risikoanalyse und Risikobewertung als Aufgaben des Projekt-Controllings, Bremen, 5 Mikrofiches: 1991

Risikoallokationsmodell (RA-Modell): Zeitliche Risikobelastung – Der kritische Erfolgsfaktor für Public Private Partnerships Teil 2

G. Girmscheid

Zusammenfassung Die Risikoverteilung bildet ein Schlüsselement für den langfristigen Erfolg einer Public Private Partnership (PPP). Aus einer Studie der ETH Zürich geht hervor, dass die Praxis über keine systematischen Konzepte verfügt, um die Risiken zwischen den Partnern aufzuteilen. Diese Aufteilung erfolgt weitgehend intuitiv, habitativ und opportunistisch. Das hier vorgestellte Risikoallokationsmodell (RA-Modell) versucht diese Lücke rational zu schließen, indem es

- die Aufteilung der Risiken so vornimmt, dass sie zur Risikokostenminimierung des Projektes führt,
- die zeitliche Risikoentwicklung mit der dazugehörigen Risikobelastung analysiert und
- die Risikotragfähigkeit des privaten Partners bzw. der Projektgesellschaft für die optimierte zeitlich veränderliche Risikobelastung untersucht.

Diese Publikation analysiert systematisch die zeitliche Risikoverteilung in einem PPP-Projekt und baut auf dem vorherigen Teil 1 „Risikominimierung“ [1] auf. Diese Publikation wird ergänzt durch den nachfolgenden Teil 3 „Risikotragfähigkeit“. Damit erhält die Praxis ein Bewertungstool, mit dem die zeitliche Risikobelastung eines PPP-Projektes analysiert werden kann.

Risk Allocation Model (RA Model): Temporal Risk Load – The critical success factor for public private partnerships, Part 2

Abstract Risk allocation is a key element driving the long term success of a public private partnership (PPP). A study conducted by ETH Zurich reveals that there are no systematic concepts available for practical application that divide the risks among the partners. The risks are largely allocated intuitively, habitatively and opportunistically. The risk allocation model (RA model) presented here tries to close this gap rationally by

- allocating the risks in such a manner as to minimize the risk costs of the project,
- to analyze the development of risks over time, together with the associated risk loads, and

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid
M.ASCE, John O. Bickel Award 2004 und 2005
Professor für Bauprozess- und
Bauunternehmensmanagement
Vorsteher Institut für Bau- und
Infrastrukturmanagement
ETH Zürich
CH-8093 Zürich
girmscheid@ibi.baug.ethz.ch
Tel. (+41) 44 633 37 87
Fax (+41) 44 633 14 52

- to examine the risk-bearing ability of the private partner or special purpose company for the optimized risk load as it changes over time.

This publication systematically analyzes the allocation over time of the risks associated with a PPP project and builds on the preceding Part 1 "Risk Minimization" [1]. The publication is completed by the subsequent Part 3 "Risk-Bearing Ability".

The model provides an evaluation tool for practical application that enables the analysis of the temporal risk load of a PPP project.

1 Einleitung

Die Publikation „Risikobelastung“ ist der zweite Teil des Risikoallokationsmodells (RA-Modell), das vom Verfasser an der ETH Zürich für Industriepartner entwickelt wurde. Dieser zweite Teil des RA-Modells baut auf der ersten Veröffentlichung „Risikominimierung“ im Bauingenieur [1] auf. In einer weiteren Veröffentlichung im Bauingenieur wird das RA-Modell durch den Teil „Risikotragfähigkeit“ vollständig vorgestellt.

2 PPP Risikoallokationsmodell (RA-Modell)

Das konstruktivistische, generisch-logische RA-Modell ist in drei Teile und sieben Module (Bild 1) strukturiert.

Teil 1 – Risikominimierung, setzt sich aus folgenden Modulen zusammen:

- In Modul 1 (Risikoidentifikation) werden die Risiken identifiziert, system-theoretisch strukturiert sowie bewertet. Dadurch wird eine generisch-hierarchische Struktur über Risikofelder und deren Risikogruppen mit den jeweiligen Risikotypen und den Einzelrisiken bereitgestellt. Weiterhin werden die Risiken bezüglich ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit und ihrer Tragweite analysiert, bewertet und gemäß ihrer Bedeutung klassifiziert [2].
- In Modul 2 (Risikoverteilung) werden die in Modul 1 identifizierten Risiken hinsichtlich ihrer Optimierbarkeit und hinsichtlich ihrer Beeinflussbarkeit und Auswirkungsminimierung in Szenarien strukturiert, um die kostenminimale Risikoallokation zu finden (ökonomisches Minimalprinzip).

Teil 2 – Zeitliche Risikobelastung, setzt sich aus folgenden Modulen zusammen:

- In Modul 3 (zeitabhängige Klassifikation der Risiken) wird die Zeitabhängigkeit und die entsprechende Risikoentwicklung von den in Modul 1 identifizierten Risiken in PPP-Projekten analysiert. Außerdem werden die Risiken gemäß ihrem zeitbezogenen Auftreten in einmalige, aperiodische und periodische Risiken eingeteilt.

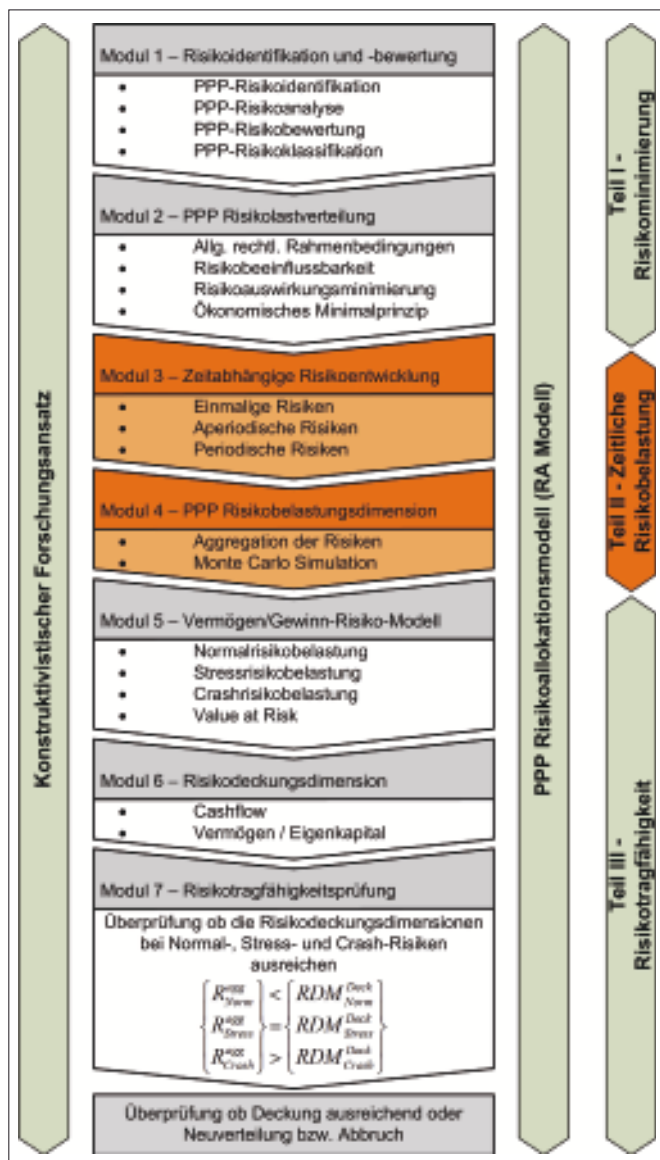


Bild 1. Risikoallokationsmodell (RA-Modell)

Fig. 1. Risk allocation model (RA model)

- In Modul 4 (Risikoaggregation) werden die probabilistischen Risikokosten mittels Monte-Carlo-Simulation aggregiert.

Teil 3 – Risikotragfähigkeit, setzt sich aus folgenden Modulen zusammen:

- In Modul 5 (Vermögen/Gewinn-Risiko-Modell) werden die Belastungsszenarien gemäß Gefahrenpotential in Normal-, Stress- und Crashrisikobelastungen unterteilt.
- In Modul 6 (Risikodeckungsdimensionen) wird die Risikodeckung eines PPP-Projektes bzw. der PPP-Projektgesellschaft gemäß dem Grundkonzept nach Girmscheid [3] gebildet, indem der Cashflow und das Eigenkapital der Projektgesellschaft analysiert werden.
- In Modul 7 (Risikotragfähigkeitsprüfung) wird die Risikotragfähigkeit getestet. Das RA-Modell ermöglicht es dem Entscheidungsträger, die notwendige Risikodeckung zu jedem Zeitpunkt des PPP-Projektes für die Risikobelastung nach Normal-, Stress- oder Crash-Level zu ermitteln. Mit dem RA-Modell kann der Entscheidungsträger bewerten, ob genügend Risikodeckung für die nach dem ökonomischen Minimalprinzip ermittelte Risikovertei-

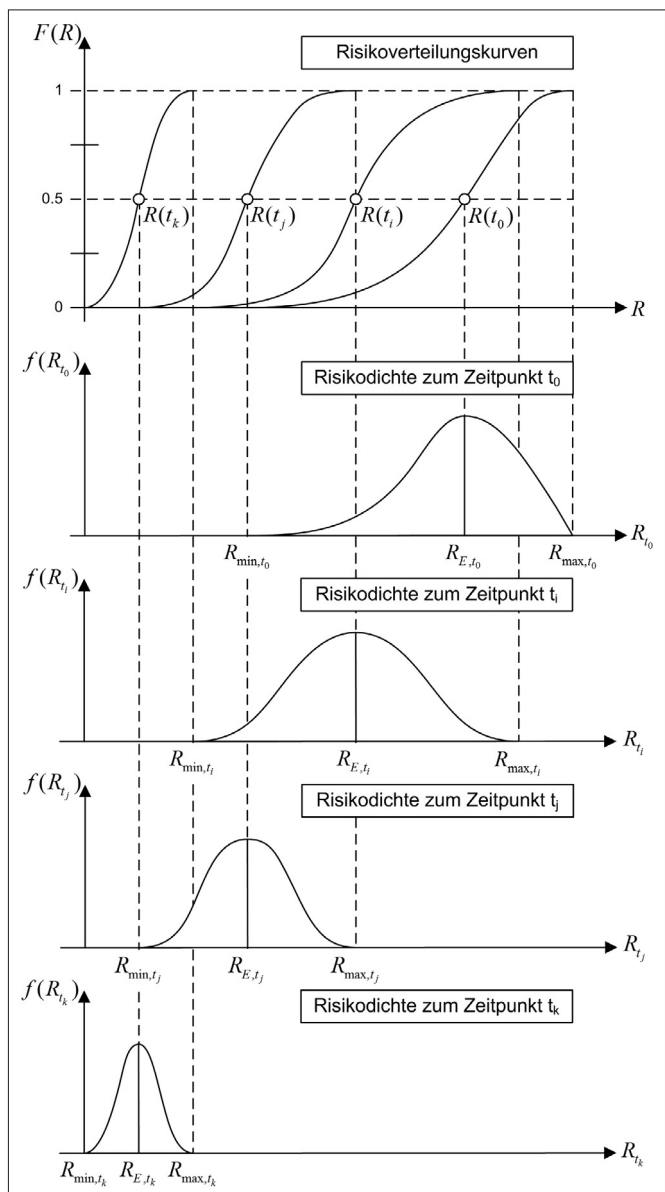


Bild 2. Risikoverteilung über die Konzessionsperiode

Fig. 2. Risk distribution over the concession period

lung vorhanden ist. Wenn die Risikodeckung nicht sicher gestellt ist, muss die Allokation von kritischen Risiken überprüft werden. Dies bedeutet, dass eine Beschaffung unter Umständen abgebrochen werden muss, wenn keine Risikoallokation gefunden werden kann, die PPP nach einer Kosteneffizienzanalyse priorisiert.

In diesem Beitrag werden die Module 3 und 4 vorgestellt. Dieser Beitrag baut auf der ersten Veröffentlichung im Bauingenieur „Risikominimierung“ mit den Modulen 1 und 2 [1] auf. In einem Folgebeitrag werden die Module 5, 6 und 7 des RA-Modells vorgestellt.

3 Modul 3: Zeitabhängige Risikoentwicklung in PPP-Projekten

Im Gegensatz zu temporären Bauprojekten erstrecken sich PPP-Risiken über die Planungs-, Bau- und Betriebsphase mit einem Zielhorizont von 20 bis 30 Jahren. Die zeitliche Risikobeanspruchung ist nicht konstant sondern verändert sich über die Verlaufszeit des Projektes dynamisch (Bild 2).

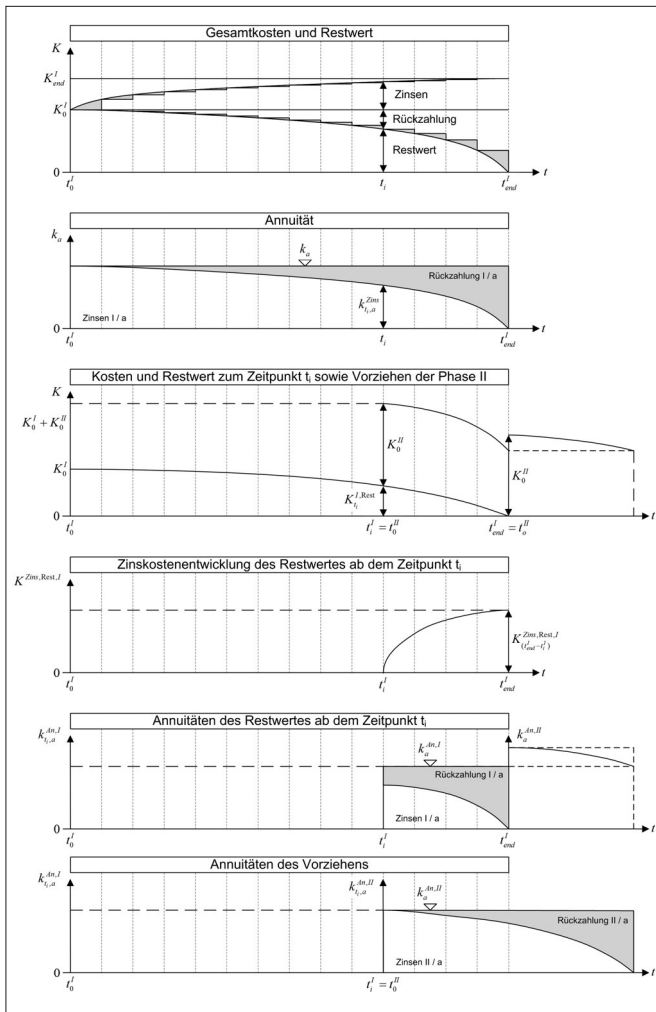


Bild 3. Zusatzkosten durch Neubestellung des privaten Partners zum Zeitpunkt t_i infolge Insolvenz oder Entlassung, mit konstanten Annuitäten
 Fig. 3. Additional costs of commissioning a new private partner at point in time t_i following bankruptcy or dismissal, with fixed annuities

Dementsprechend wird im Folgenden eine Unterteilung der allgemeinen Risikotypen nach zeitlichen Aspekten durchgeführt. Dies steht in Abgrenzung zur in Girmscheid [4] durchgeführten Unterteilung nach Aspekten der Optimierbarkeit.

$$R_i \rightarrow R_h \quad \text{mit } h = \{h | h = j \vee h = k \vee h = r\}$$

Zu Beginn der Konzessionsperiode $t = 0$ sind noch alle Risiken vorhanden – somit liegt die höchste Risikobelastung vor. Mit zunehmender Konzessionszeit treten die Risiken ein ($R_h = T_h * P_h$ ($W = 1$)) oder die Risiken treten nicht ein ($R_h = T_h * P_h$ ($W = 0$)) oder die Tragweite nimmt über die Restkonzessionszeit ab. Somit verringern sich die verbleibenden Risiken über die Restlaufzeit.

Dies wird vor allem bei einem der Crash-Risiken, dem Konkurs der Projektgesellschaft, wie folgt, deutlich:

Zum Zeitpunkt $t = 0$ treten die höchsten aggregierten Risikokosten auf (welche über den Verlauf der Konzession reduziert werden), durch

- die Neubestellung eines privaten Partners mit Risikokosten für die Übergangsphase,
- die Neuausschreibung für die Betriebsphase mit Übernahme der Garantierisiken,

- das PPP-Entgelt-Risiko durch Ersatzpartner (möglicherweise wird dieses jährlich wesentlich höher sein (akkumuliert auf die Gesamtkonzessionszeit)), und
 - technische Risiken und Risiken durch Nutzer und Dritte.
- Mit fortschreitender Konzessionszeit reduzieren sich die Risiken bis zum Konzessionsende. Die Risikokosten werden für die Bestellung eines Ersatzpartners bei dessen Konkurs, bezogen auf das Projekt, anteilmäßig immer geringer, da am Ende der Konzessionszeit sowieso eine Neubestellung erforderlich ist.

Bild 3 stellt den Verlust/die Tragweite bei frühzeitigem Ausscheiden des privaten Partners zum Zeitpunkt $t_i^I = t_0^{II}$ bei progressiver jährlicher Abschreibung und konstanten Annuitäten dar.

Der Index I bedeutet „1. Konzessionsphase“ und der Index II bedeutet „2. Konzessionsphase“. Im obigen Teil beginnt die 2. Konzessionsphase nicht zum Zeitpunkt t_{end}^I , sondern schon zum Zeitpunkt t_i^I . Dadurch kann der Restwert der 1. Konzessionsphase nicht voll amortisiert werden.

Aufgrund dieses Beispiels lässt sich verdeutlichen, dass zeitabhängige Risiken eines PPP-Projektes, bedingt durch die lange Laufzeit einer dynamischen Veränderung unterliegen, im Bezug auf den Variablenzeitpunkt t_i .

Für diese Betrachtung werden die Risiken nach ihrer zeitlichen Periodizität wie folgt unabhängig von ihrer Risikoart eingeteilt:

- Einmalige Risiken: z. B. Konzessionsabbruch
- Aperiodische Risiken: Risiken, die nur in gewissen größeren Zeitabständen auftreten (z. B. Instandsetzung/Erneuerung von Anlagen (Heizung, Fassade, etc.))
- Periodische Risiken: Risiken, die zeitlich kontinuierlich auftreten können, wie z. B. ausufernde Unterhalts-, Instandhaltungs- und Wartungskosten oder ineffektive Arbeitsprozesse

3.1 Einmalige Kostenrisiken

Ein einmaliges Risiko mit oft starken Auswirkungen ist z. B. das bereits erörterte Konzessionsabbruchrisiko.

Der Verlust bzw. die Tragweite bei diesem Risiko ergibt sich aus der Integration der restlichen Annuitäten ab dem Zeitpunkt t_i^I des Ausscheidens (Insolvenz) des Privaten bis zum Ende der Konzessionslaufzeit t_{end}^I . Diese Betrachtung und Vorgehensweise ist identisch bei allen Kosten für die eine Abschreibung über die gesamte Konzessionszeit vorgesehen ist und durch Abbruch der Konzession oder andere Bedingungen nicht amortisiert werden können.

Die Tragweite der Risiken ergibt sich wie folgt (über Kalkulation):

$$T_{j,t_i}^{Einn} = K_{j,(t_i^I - t_{end}^I)}^{Zins} + K_{j,t_i^I}^{Rest} \quad (1)$$

$$T_{j,t_i}^{Einn} = \int_{t_i^I}^{t_{end}^I} k_{j,a}^{An}(t) dt = \int_{t_i^I}^{t_{end}^I} k_{j,a}^{Zins}(t) dt + \int_{t_i^I}^{t_{end}^I} k_{j,a}^{Rück}(t) dt$$

Mit

T_{j,t_i}^{Einn}	Tragweite des einmaligen Risikos j zum Zeitpunkt t_i^I
$K_{j,(t_i^I - t_{end}^I)}^{Zins}$	Residuale Zinskosten beim Eintritt des einmaligen Risikos j zum Zeitpunkt t_i^I
$K_{j,t_i^I}^{Rest}$	Restwert beim Eintritt des einmaligen Risikos j zum Zeitpunkt t_i^I
$k_{j,a}^{An}(t)$	Jährliche Annuität

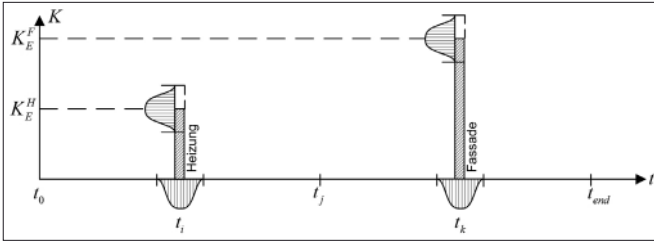


Bild 4. Aperiodische technische Kosten- und Zeitrissen bei der Instandsetzung und Erneuerung von Anlagen und Bauteilen

Fig. 4. Non-periodic technical cost and time risks associated with the repair and renewal of systems and components

$k_{j,a}^{Zins}(t)$	Jährliche Zinsen
$k_{j,a}^{Rück}(t)$	Jährliche Rückzahlungen
t_i^I	Abbruch der Konzession
t_{end}^I	Ende der Konzessionsperiode

Die Risikokosten werden mit der Eintrittswahrscheinlichkeit und Tragweite ermittelt:

$$R_{j,t_i}^{Einn} = T_{j,t_i}^{Einn} * P_j(W_j) \quad (2)$$

Im Regelfall gibt es nicht nur einen deterministischen Erwartungswert der Tragweite T_{j,E,t_i} , sondern meist liegt auch die Tragweite in einem Intervall mit einer Normal-, Beta-, Rechtecks- oder Dreiecksdichtefunktion. Somit gilt für die Tragweite:

$$T_{j,t_i}^{Einn} = \left\{ T_{j,t_i}^{Einn} \mid T_{j,t_i}^{Einn} \in \mathbb{R} \text{ mit } T_{j,t_i,\min}^{Einn} \leq T_{j,E,t_i}^{Einn} \leq T_{j,t_i,\max}^{Einn} \right\} \quad (3)$$

Dabei hat die Eintrittswahrscheinlichkeit $P_j(W_j)$ folgende Bedeutung:

$P_j(W_j)$ soll zum Beispiel 60 % = 0.6 betragen. Dies bedeutet, dass in einem Zufallsraum mit 1000 Ereignissen 600 Mal das Ereignis $W = 1$ auftreten wird und damit das Risiko in voller Tragweite. In 400 Fällen würde jedoch das Ereignis auftreten und damit das Risiko nicht wirksam werden.

Die Risikokosten für einmalige Risiken kann man also schlussendlich auch folgendermaßen ausdrücken:

$$R_{j,t_i}^{Einn} = \begin{cases} R_{j,t_i}^{Einn} & \text{für } P_j(W_j = 0) = 1 - \alpha \\ T_{j,t_i}^{Einn} & \text{für } P_j(W_j = 1) = \alpha \end{cases} \quad (4)$$

Diese Formulierung ist auch Grundlage bei einer Monte-Carlo-Simulation. Bei der Praktikermethode, die nur von deterministischen Mittelwerten bzw. Erwartungswerten ausgeht, gilt:

$$R_{j,E,t_i}^{Einn} = T_{j,E,t_i}^{Einn} * P_j(W_j)$$

Mit R_{j,t_i}^{Einn}	Risikokosten von einmaligen Risiken j zum Zeitpunkt t_i , z.B. Konkurs der PPP-Projektgesellschaft
R_{j,E,t_i}	Erwartungswert der Risikokosten
T_{j,t_i}^{Einn}	Tragweite von einmaligen Risiken j zum Zeitpunkt t_i

T_{j,E,t_i}	Erwartungswert der Tragweite
$P_j(W_j)$	Eintrittswahrscheinlichkeit von einmaligen Risiken j mit $P_j(W_j) \in [0;1]$ und $W_j = (0 \vee 1)$
$T_{j,t_i,\min,5\%}^{Einn}$	5%-Fraktile des Tragweitenintervalls mit Dichteverteilung
T_{j,E,t_i}^{Einn}	Erwartungswerte der Tragweite mit Dichteverteilung
$T_{j,t_i,\max,95\%}^{Einn}$	95%-Fraktile des Tragweitenintervalls mit Dichteverteilung
q	Zins

3.2 Aperiodische Kostenrisiken

Die zeitliche Veränderung betrifft auch die aperiodischen Risiken (Bild 4). Wenn bereits zum Zeitpunkt t_i die Heizung erneuert wurde, besteht zum Zeitpunkt t_j nicht mehr das Kosten- oder das Zeitpunktrisiko des Versagens. Es entsteht nur weiterhin das Unterhaltskostenrisiko.

So besteht zum Zeitpunkt t_i sowohl das Kostenrisiko als auch das Zeitrisko (für alle Erneuerungs- und Instandsetzungsmaßnahmen) z.B. für die Heizungs- und Fassadenerneuerung.

Das Kosten- und Zeitabweichungsrisiko für die Erneuerung von Anlagen und Teilsystemen, wie die Fassaden eines Gebäudes, kann wie folgt formuliert werden:

$$R_{k,t_i}^{Aperio} = R_{k,t_i,\text{Sys}}^{Ern} = \{ \Delta K_{k,t_i,\text{Sys}}^{Ern} \mid \Delta K_{k,t_i,\text{Sys}}^{Ern} = (K_{k,t_i,\text{Sys}}^{Ern} - K_{k,t_i,\text{Sys},E}^{Ern}) * P_{k,t_i}^{Kost}(W_{k,t_i}^{Kost}) + K_{k,t_i,\text{Sys}}^{Ern} (1 + q)^{(\Delta t_k \mid \Delta t_k = (t_k^{+-} - t_{k,E}) * P_{j,t_i}^{Zeit}(W_{j,t_i}^{Zeit}))} \} \quad (5)$$

mit $K_{k,t_i,\text{Sys}}^{Ern} \in [K_{k,t_i,\min,5\%}^{Ern}; K_{k,t_i,\max,95\%}^{Ern}]$
mit $t_k^{+-} \in [t_{k,t_i,5\%}^{+-}; t_{k,t_i,95\%}^{+-}]$

Mit $R_{k,t_i,\text{Sys}}^{Ern}$	Risikokosten von aperiodischen Risiken k zum Zeitpunkt t_i (z.B. Erneuerung von Anlagen oder Bauteilen)
$K_{k,t_i,\text{Sys}}^{Ern}$	Realkosten von aperiodischen Risiken k zum Zeitpunkt t_i in einem Intervall mit Dichtefunktion
$K_{k,E,t_i,\text{Sys}}^{Ern}$	Erwartungswert der Realkosten von aperiodischen Risiken k zum Zeitpunkt t_i
$K_{k,t_i,\min,5\%}^{Ern}$	5%-Fraktile der Realkosten von aperiodischen Risiken k zum Zeitpunkt t_i
$K_{k,t_i,\max,95\%}^{Ern}$	95%-Fraktile der Realkosten von aperiodischen Risiken k zum Zeitpunkt t_i
$P_{k,t_i}^{Kost}(W_{k,t_i}^{Kost})$	Eintrittswahrscheinlichkeit der Kostenabweichung vom dem Erwartungswert der Realkosten mit $P_j(W_j) \in [0;1]$ und $W_j = (0 \vee 1)$
Δt_k	Zeitliche Verschiebung der Erneuerung vom Erwartungszeitpunkt
t_k^{+-}	Ereignis vor (-) oder nach (+) Erwartungszeitpunkt
$t_{k,E}$	Erwarteter Zeitpunkt der Erneuerung
$t_{k,t_i,5\%}^{+-}$	5%-Fraktile der Abweichung vom erwarteten Zeitpunkt
$t_{k,t_i,95\%}^{+-}$	95%-Fraktile der Abweichung vom erwarteten Zeitpunkt
$P_{k,t_i}^{Zeit}(W_{k,t_i}^{Zeit})$	Eintrittswahrscheinlichkeit der zeitlichen Verschiebung vom erwarteten Zeitpunkt mit $P_j(W_j) \in [0;1]$ und $W_j = (0 \vee 1)$
k	$k = \{k \mid k = \text{Heizung} \vee k = \text{Dach} \vee k = \text{Fassade} \vee k = \dots\}$

3.3 Periodische Kostenrisiken

Zu den periodischen Kostenrisiken zählen die laufenden Kosten für

- Administration
- Reinigung
- Wartung
- Instandhaltung
- Etc.

Diese Kosten können zum Zeitpunkt $t = 0$ in einer relativ engen Bandbreite ermittelt werden. Für die Kostenentwicklung in der Zukunft muss der Preisindex berücksichtigt werden. Jedoch können die Kosten zum Zeitpunkt t_0 aufgrund Unsicherheiten des Marktpreises oder des Leistungsumfanges schwanken. Ferner wird der Preisindex für die Zukunft meist auf retrospektivem Datenmaterial extrapoliert und ist somit auch einer Bandbreite unterworfen. Damit wird deutlich, dass die Kosten sowie der Teuerungsindex in einem Intervall um einen Erwartungswert herum liegen. Diese Unsicherheit kann sich zu einer Chance sowie zu einer Gefahr entwickeln, ein typisches Risiko. Die Kosten- und Inflationsindizes können auf Güter und Dienstleistungen bezogen werden:

$$\mu I = \begin{bmatrix} LI \\ MI \\ AI \\ BI \\ PI \end{bmatrix} \quad (6)$$

Mit

LI Lohnindex
 MI Materialindex
 AI Anlagenindex
 BI Bauindex
 PI Preisindex

Die unsichere Entwicklung dieser Güter und Dienstleistungen wird folgendermaßen im Intervall ausgedrückt:

$\mu I = \{\mu I | \mu I \in (\mu I_{\min}; \mu I_{\max})\}$ Die Risikokosten der periodischen Risiken ergeben sich einerseits aus der Abweichung von den erwarteten jährlichen Kosten zu Konzessionsbeginn $t = 0$ und andererseits aus der Abweichung von der erwarteten Teuerungsrate über den Konzessionsverlauf wie folgt:

$$R_{r,t_i}^{Perio} = \sum_{t=0}^{t_i} \Delta k_{r,t_0} * (1 + \mu I)^t + \sum_{t=0}^{t_i} k_{r,t_0,E} * \left[(1 + \mu I + \Delta \mu I)^t + (1 + \mu I)^t \right] \quad (7)$$

mit $\Delta k_{r,t_0} = k_{r,t_0} - k_{r,t_0,E}$
 $k_{r,t_0} \in [k_{r,t_0,\min}; k_{r,t_0,\max}]$

Mit:

$k_{r,t_0,E}$ Erwartete jährliche Kosten zum Zeitpunkt $t = 0$ für entsprechende laufende Leistungen
 k_{r,t_0} Mögliche jährliche Kosten zum Zeitpunkt $t = 0$ für entsprechende laufende Leistungen
 $\Delta \mu I$ Mögliche Abweichung von der erwarteten Teuerungsrate (+/-)

4 Modul 4: Risikobelastungsanalyse in äquidistanten Zeitabständen

Die Risiken des jeweiligen Projektzeithorizontes müssen aggregiert werden um zum jeweiligen Betrachtungszeitraum die Gesamt-Risikobelastung zu erhalten.

Der Erwartungswert der Risikokosten eines PPP-Projektes ergibt sich wie folgt:

$$R_{E,(t_i-t_{end})} = \sum_{t=t_i}^{t_{end}} \left(\sum_{j=1}^n R_{j,E,t}^{Einnm} + \sum_{k=1}^m R_{k,E,t}^{Aperio} + \sum_{r=1}^o R_{r,E,t}^{Perio} \right) \quad (8)$$

Mit

$R_{E,(t_i-t_{end})}$ Erwartungswert der Gesamtrisiken im Zeitintervall $(t_i - t_{end})$
 $R_{j,E,t}^{Einnm}$ Erwartungswert der einmaligen Risiken j zum Zeitpunkt t
 $R_{k,E,t}^{Aperio}$ Erwartungswert der aperiodischen Risiken k zum Zeitpunkt t
 $R_{r,E,t}^{Perio}$ Erwartungswert der periodischen Risiken r zum Zeitpunkt t

Die Analyse des Risikos beginnt zum Zeitpunkt t_0 und wird während des Projektverlaufes, z.B. in Zeitabständen von 5 Jahren, „neu“ prospektiv durchgeführt. Ferner sollte die Risikoanalyse jährlich nachgeführt werden. Die Entscheidungsanalyse für die Verteilung der Risiken jedoch erfolgt zum Zeitpunkt $t_i = t_0 = 0$. Die Risikobelastung im Zeitintervall $(t_i - t_{end})$ kann durch ihre Tragweite und Eintrittswahrscheinlichkeit wie folgt dargestellt werden:

$$R_{E,(t_i-t_{end})} = \left(\sum_{j=1}^n T_{j,E,(t_i-t_{end})}^{Einnm} (p_j) * P_j(W_j) \right) + \left(\sum_{k=1}^m T_{k,E,(t_i-t_{end})}^{Aperio} (p_k) * P_k(W_k) \right) + \left(\sum_{r=1}^o T_{r,E,(t_i-t_{end})}^{Perio} (p_r) * P_r(W_r) \right) \quad (9)$$

Mit

$T_{j,E,(t_i-t_{end})}^{Einnm} (p_j)$ Erwartungswert der Tragweite von einmaligen Risiken j im Zeitintervall $(t_i - t_{end})$
 $P_j(W_j)$ Eintrittswahrscheinlichkeit von einmaligen Risiken j
 $T_{k,E,(t_i-t_{end})}^{Aperio} (p_k)$ Erwartungswert der Tragweite von aperiodischen Risiken k im Zeitintervall $(t_i - t_{end})$
 $P_k(W_k)$ Eintrittswahrscheinlichkeit von aperiodischen Risiken k
 $T_{r,E,(t_i-t_{end})}^{Perio} (p_r)$ Erwartungswert der Tragweite von periodischen Risiken r im Zeitintervall $(t_i - t_{end})$
 $P_r(W_r)$ Eintrittswahrscheinlichkeit von periodischen Risiken r
 $p_{j/k/r}$ Dichtefunktion der jeweiligen Tragweite von Risiken $j/k/r$
 $W_{j/k/r}$ Digitalzahl $W_{j/k/r} = (0 \vee 1)$ bezüglich Ereigniseintritts

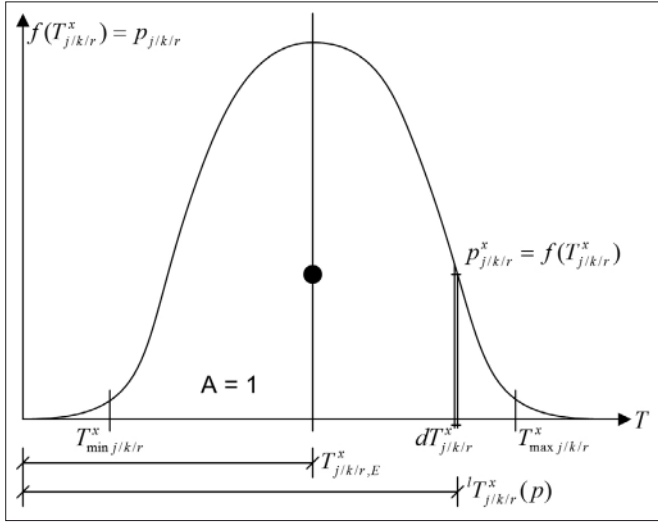


Bild 5. Tragweitendichtefunktion – Ermittlung des Erwartungswertes
Fig. 5. Impact density function – Calculation of the expected value

Die Dichtefunktion der Risikotragweiten liegt in den Intervallen:

$$\left\{ T_{j/k/r,(t_i-t_{end})}^x(p_{j/k/r}) \middle| T_{j/k/r,(t_i-t_{end})}^x(p_{j/k/r}) \in (T_{min j/k/r,(t_i-t_{end})}^x; T_{max j/k/r,(t_i-t_{end})}^x) \in \mathbb{R} \right\} \quad (10)$$

Mit

$$x = \{x \mid x = Einm \vee x = Aperio \vee x = Perio\}$$

$$f(T_{j/k/r}^x) = p_{j/k/r}$$

Aufgrund der normierten Dichtefunktion für die Tragweiten der Einzelrisiken kann der Erwartungswert $T_{j/k/r,E}^x$ mittels statischen Schwerpunktsatzes wie folgt formuliert werden (**Bild 5**):

$$T_{j/k/r,E}^x \cdot 1 = \int_{T_{min j/k/r}^x}^{T_{max j/k/r}^x} T_{j/k/r}^x(p) * p_{j/k/r}^x * dT_{j/k/r}^x(p) \quad (11)$$

Die probabilistische Aggregation der Risikobelastung soll mittels Monte-Carlo-Simulation erfolgen, um nicht nur einen Erwartungswert zu beurteilen, sondern das gesamte Risikointervall und dessen Dichtefunktion.

Die Monte-Carlo-Simulation (MCS) ist ein hervorragend geeignetes Instrument, um einzelne Risiken durch Simulation verschiedener Szenarien l zu einem Gesamtprojektrisiko zu kumulieren oder um sämtliche Projektrisiken auf der Ebene der PPP-Projektgesellschaft zu aggregieren.

Die MCS wird angewandt, um mittels Zufallszahlen (z.B. Latin Hypercube) zufallsbedingte Risikoereignisse in jedem Szenario l zu generieren, welches eines von vielen Simulationsdurchläufen repräsentiert (Berechnungen). Das MCS verwendet zwei Zufallszahlen:

- Die erste Zufallszahl $Z(W)_{j/k/r,t_i} = (0 \vee 1)$ bestimmt das Ein- bzw. Nichteintreten eines Risikos $j/k/r$. Im Falle der Eintrittswahrscheinlichkeit von $P(W)_{j/k/r,t_i} = \alpha_{j/k/r,t_i}$ wird in sämtlichen Simulationsdurchläufen $l = n_1 < \infty$ die Eintrittszufallszahl $Z(W)_{j/k/r,t_i} = 0$ in $1 - \alpha_{j/k/r,t_i}$ Fällen nicht eintreten und für $Z(W)_{j/k/r,t_i} = 1$ in $\alpha_{j/k/r,t_i}$ Fällen eintreten.

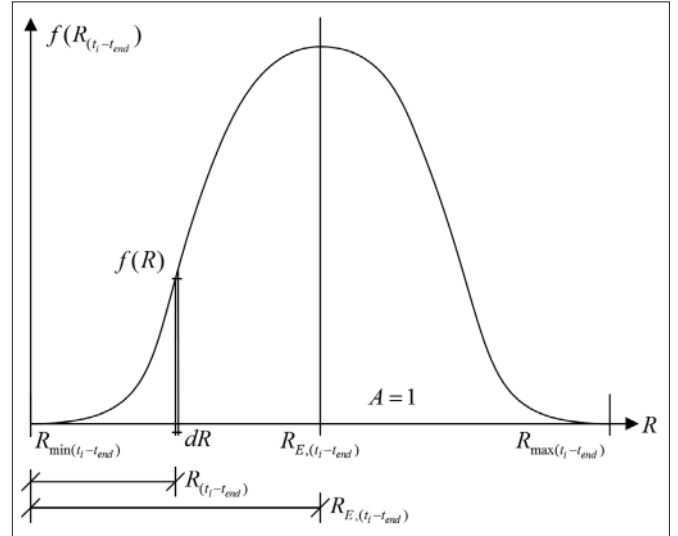


Bild 6. Risikodichteverteilung mit Risikoerwartungswert im Zeitintervall $(t_i - t_{end})$
Fig. 6. Risk density distribution with expected risk value in time interval $(t_i - t_{end})$

- Die zweite Zufallszahl $Z(T_{j/k/r,t_i}) = \{Z(T_{j/k/r,t_i}) \in \mathbb{R} \mid (0 \leq Z(T_{j/k/r,t_i}) \leq 1)\}$ dient zur Bestimmung der Ausprägung der Tragweite, welche aus der kumulativen Verteilungsfunktion der Risikokostentragweite $F(T_{j/k/r,t_i})$ eines jeden Risikos $j/k/r$ im spezifischen Simulationsdurchlauf l ermittelt wird.

Mittels MSC werden in den $l > n_1 \sim 10'000$ Szenarien bzw. Simulationen folgende Rechenabläufe durchgeführt:

1. Ermittlung der Risikokosten des Risikos $j/k/r$ im Intervall der Tragweite $[T_{min j/k/r,t_i}; T_{max j/k/r,t_i}]$ des Szenarios l :

$$\begin{aligned} {}^l R_{j/k/r,(t_i-t_{end})} &= \{ {}^l R_{j/k/r,(t_i-t_{end})} \mid {}^l R_{j/k/r,(t_i-t_{end})} = \\ &= {}^l T_{j/k/r,(t_i-t_{end})}(p_{j/k/r,(t_i-t_{end})}) * {}^l P_{j/k/r,(t_i-t_{end})}(W_{j/k/r}) \} \\ &= \begin{cases} 0 & \text{für } {}^l P_{j/k/r,(t_i-t_{end})}(W_j = 0) = 1 - \alpha \\ {}^l T_{j/k/r,(t_i-t_{end})} & \text{für } {}^l P_{j/k/r,(t_i-t_{end})}(W_j = 0) = \alpha \end{cases} \end{aligned} \quad (12)$$

2. Die Gesamtrisikokosten der betrachteten Zeitspanne $(t_i - t_{end})$ im Szenario l ergeben sich wie folgt:

$${}^l R_{(t_i-t_{end})} = \sum_{j/k/r=1}^{n/m/o} {}^l R_{j/k/r,(t_i-t_{end})} \quad (13)$$

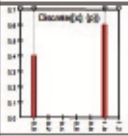
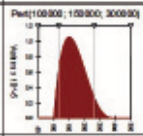
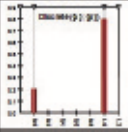
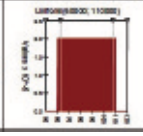
Die Gesamtrisikoverteilung der Dichtefunktion (**Bild 6**) ergibt sich nach Durchlauf von $l > \text{e.g., } 10'000$ Szenarien:

$$\begin{aligned} R_{(t_i-t_{end})}(p) &= \{ R_{(t_i-t_{end})}(p) \in \\ &= (R_{min(t_i-t_{end})} \leq R_{E,(t_i-t_{end})} \leq R_{max(t_i-t_{end})}) \in \mathbb{R} \} \end{aligned} \quad (14)$$

Die erwarteten Risikokosten der Restlaufzeit des Projektes $(t_i - t_{end})$ können folgendermaßen von der durch MCS entwickelten Dichtefunktion abgeleitet werden:

$$R_{E,(t_i-t_{end})} = \int_{R_{min}}^{R_{max}} R_{(t_i-t_{end})} * f(R) * dR \quad (15)$$

Tabelle 1. Ausgangsdaten zur Berechnung des Restrisikos (Ausschnitt)
Table 1. Original data for calculating the residual risk (excerpt)

City-Arealüberbauung, Zürich Ausgangsdaten zur Ermittlung der PPP-Risikokosten auf Angebot Nr. 59/2003									
Nr.	Bezeichnung	Modellierung des Risikoeintritts		Modellierung der Tragweite					
		Eintretens- wahrschein- lichkeit $P_{W_{j/k/r}}$ [%]	Wahrschein- lichkeits- dichte $f(W)$	Minimaler Schaden T_{min} [€]	Wahrschein- licher Schaden T_E [€]	Maximaler Schaden T_{max} [€]	Dichte- funktion $f(T_{j/k/r})$	Mittelwert $T_{E,j/k/r}$	Standard- abweichung $\sigma_{T,j/k/r}$
1.	Leistungsbeschreibung unvollständig	60 %		100'000	150'000	300'000		166'667	35'635
2.	Extreme Qualitätsanforderungen des Architekten	80 %		60'000	85'000	110'000		85'000	14'434

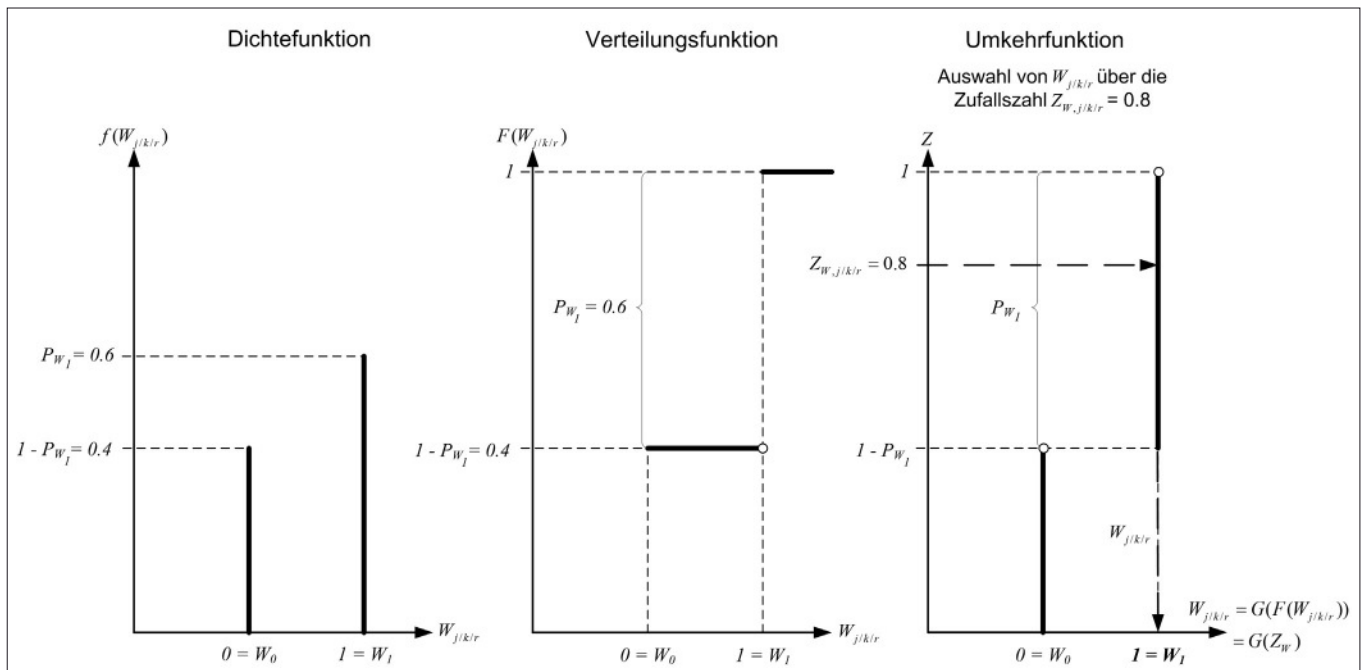


Bild 7. Dichtefunktion, Verteilungsfunktion und Umkehrfunktion für den Eintritt des Risikos $j/k/r$
Fig. 7. Probability density, distribution function and inverse function for the occurrence of risk $j/k/r$

Alternativ können die erwarteten Risikokosten nach $l = n_1$ Szenarios folgendermaßen ermittelt werden:

$$R_{E,(t_i-t_{end})} = \sum_{l=1}^{n_1} \left(\sum_{j=1}^n ({}^lT_{j,(t_i-t_{end})}^{Einn}(p_j) * {}^l p_j) * P_j(W_j) \right. \\ \left. + \sum_{k=1}^m ({}^lT_{k,(t_i-t_{end})}^{Aperio}(p_k) * {}^l p_k) * P_k(W_k) \right. \\ \left. + \sum_{r=1}^o ({}^lT_{r,(t_i-t_{end})}^{Perio}(p_r) * {}^l p_r) * P_r(W_r) \right) \quad (16)$$

4.1 Anwendung der Monte-Carlo-Simulation bei der Ermittlung der Dichte- und Verteilungsfunktion von Risikokosten

Die Monte-Carlo-Simulation erfordert eine große Anzahl von Simulationsdurchläufen, wobei jeder Durchlauf einem möglichen Risikoszenario mit der Kombination verschiedener zufallsbedingter Risikoereignisse innerhalb des betrachteten Projekts entspricht. Die Simulation möglicher Risikoszenarien z.B. für ein PPP-Projekt erfolgt mit Hilfe von Zufallszahlen und den in Tabelle 1 beispielhaft dargestellten Ausgangsdaten.

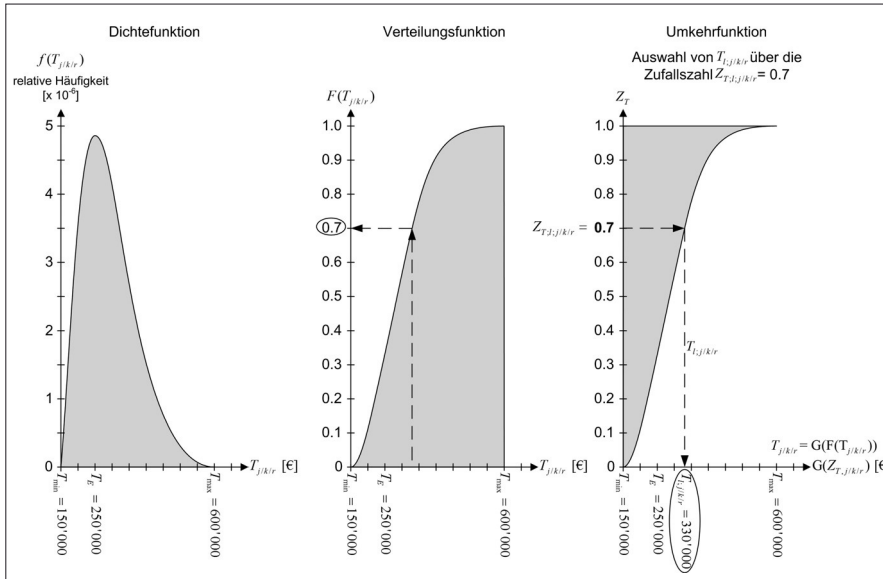


Bild 8. Exemplarische Dichte-, Verteilungs- und Umkehrfunktion für die Tragweite $T_{j/k/r}$ des Risikos $j/k/r$
 Fig. 8. Possible density, distribution and inverse function for impact $T_{j/k/r}$ of risk $j/k/r$

Mit
 $f(W_{j/k/r})$ Wahrscheinlichkeit der Zufallsvariablen $W_{j/k/r}$
 $P_{W1;j/k/r}$ Eintrittswahrscheinlichkeit des Einzelrisikos $j/k/r$
 W_1 Ausprägung der Zufallsvariable $W_{j/k/r}$ für „Risikoeintritt“
 W_0 Ausprägung der Zufallsvariable $W_{j/k/r}$ für „Risiko tritt nicht ein“

Das Ereignis „Risikoeintritt“ erhält den Wert $W_{j/k/r} = W_1 = 1$, das Ereignis „Risiko tritt nicht ein“ den Wert $W_{j/k/r} = W_0 = 0$. Die Werte $W_{j/k/r} = 0$ und $W_{j/k/r} = 1$ dienen als Multiplikator für die Tragweite zur Bestimmung der Risikokosten in der jeweiligen Projektsimulation. Für eine Eintrittswahrscheinlichkeit $P_{W1;j/k/r}$ des Einzelrisikos $j/k/r$ von 60 % sind die Dichtefunktion und die Verteilungsfunktion in Bild 7 dargestellt.

Mittels der Zufallszahl $Z_{W_{j/k/r}}$ wird über die Umkehrfunktion $G(F(W_{j/k/r}))$ der Wert von $W_{j/k/r}$ für den Simulationslauf l und das Einzelrisiko $j/k/r$ ermittelt und damit bestimmt, ob das Risiko im Simulationslauf l eintritt ($W_1 = 1$) oder nicht ($W_0 = 0$).

$$G(F(W)_{j/k/r}) = G(Z_{W,j/k/r}) = {}^l W_{j/k/r} \quad (18)$$

mit $0 \leq Z_{W,j/k/r} \leq 1$

Mit
 $G(F(W)_{j/k/r})$ Umkehrfunktion von $F(W)_{j/k/r}$
 ${}^l W_{j/k/r}$ ($0 \vee 1$); Ausprägung der Zufallsvariable $W_{j/k/r}$ des Einzelrisikos $j/k/r$ im Simulationslauf l
 ${}^l Z_{W,j/k/r}$ Zufallszahl zur Bestimmung von $W_{j/k/r}$ des Einzelrisikos $j/k/r$ im Simulationslauf l

Da das Verfahren des Latin Hypercube Sampling ein „internes Gedächtnis“ besitzt, und bereits ausgewählte Intervalle nicht mehr gezogen werden können, tritt das Einzelrisiko $j/k/r$ mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit $P(W) = 1$ bei z. B. 1'000 Iterationsläufen genau 600 Mal auf; der Wert für W ist gleich eins. In den anderen 400 Fällen tritt es nicht auf, der Wert für W ist deshalb null.

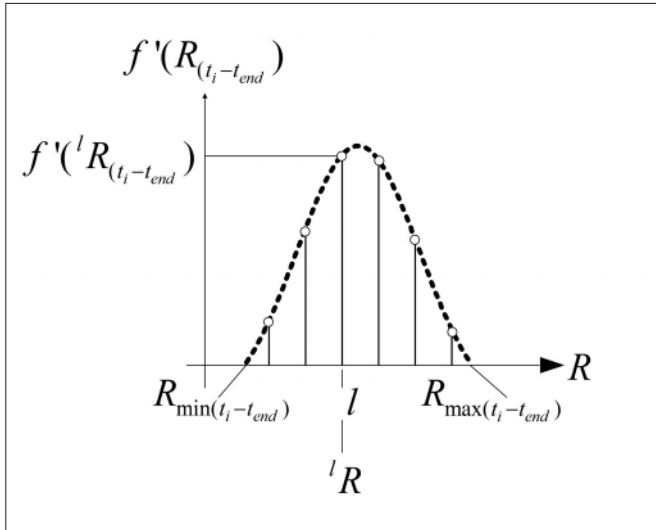


Bild 9. Dichtefunktion der Risikokosten des PPP-Projektes auf Basis der MC Simulation
 Fig. 9. Density function of the risk costs of the PPP project based on the MC simulation

4.1.1 Simulation des Eintritts $W_{j/k/r}$ des Einzelrisikos $j/k/r$ im Simulationsdurchlauf l

Da ein Risiko zwar eintreten kann, aber nicht zwingend muss, ist es notwendig, für den Eintritt eine Wahrscheinlichkeit $P_{W1;j/k/r}$ abzuschätzen. Mit ihr kann nun die Wahrscheinlichkeitsdichte $f(W)$ und die Verteilungsfunktion $F(W)$ für die diskrete Zufallsvariable $W_{j/k/r}$ „Risikoeintritt“ in Form einer Digitalfunktion, die die Ausprägungen $W_{j/k/r} = (0 \vee 1)$ annehmen kann, zur Aktivierung des Risikoeintritts gebildet werden.

$$f(W) = \begin{cases} P_{W1;j/k/r} & \text{für } W = W_1 = 1 \\ 1 - P_{W1;j/k/r} & \text{für } W = W_0 = 0 \end{cases} \quad (17)$$

mit $W \in [0;1]$ und $0 \leq P_{W1;j/k/r} \leq 1$

4.1.2 Simulation des Tragweite $T_{j/k/r}$ des Einzelrisikos $j/k/r$ im Simulationsdurchlauf l

Tritt ein Einzelrisiko $j/k/r$ ein, so kommt es zu einem Schaden. In welcher genauen Höhe dieser Schaden allerdings liegt, ist in den wenigsten Fällen vorauszusagen. Es ist sicherer, für diesen Risikoschaden eine Bandbreite, d.h. ein Intervall, in dem die Tragweite liegt, anzugeben. Für die Grobmodellierung der Tragweite mangels genauer Ist-daten haben sich die Dreiecksverteilung, Normalverteilung und die BetaPERT-Verteilung bewährt. Die Dichtefunktion $f(T_{j/k/r})$ dieser Verteilungen ist durch die drei Werte $T_{\min}$ „minimaler Schaden“, T_E „erwarteter Schaden“ und $T_{\max}$ „maximaler Schaden“ definiert. Aus der Dichtefunktion der Tragweite $f(T_{j/k/r})$ bildet man eine Verteilungsfunktion $F(T_{j/k/r})$ der Tragweite $T_{j/k/r}$. Für eine BetaPERT-Verteilung ergeben sich folgende Formeln:

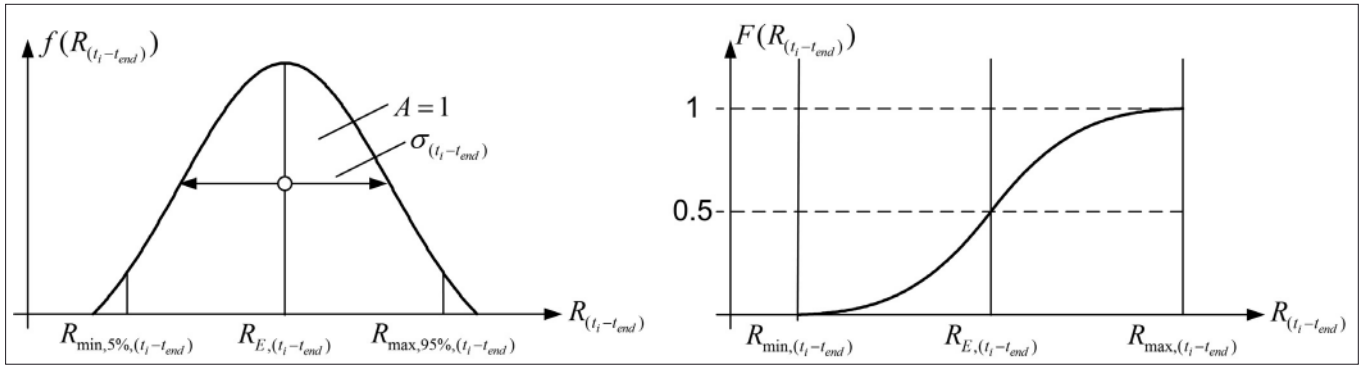


Bild 10. Dichtefunktion und kumulative Verteilungsfunktion der Risikokosten des PPP-Projektes im Zeitraum $(t_i - t_{end})$
Fig. 10. Probability density function and cumulative distribution function of the risk costs of the PPP project during period $(t_i - t_{end})$

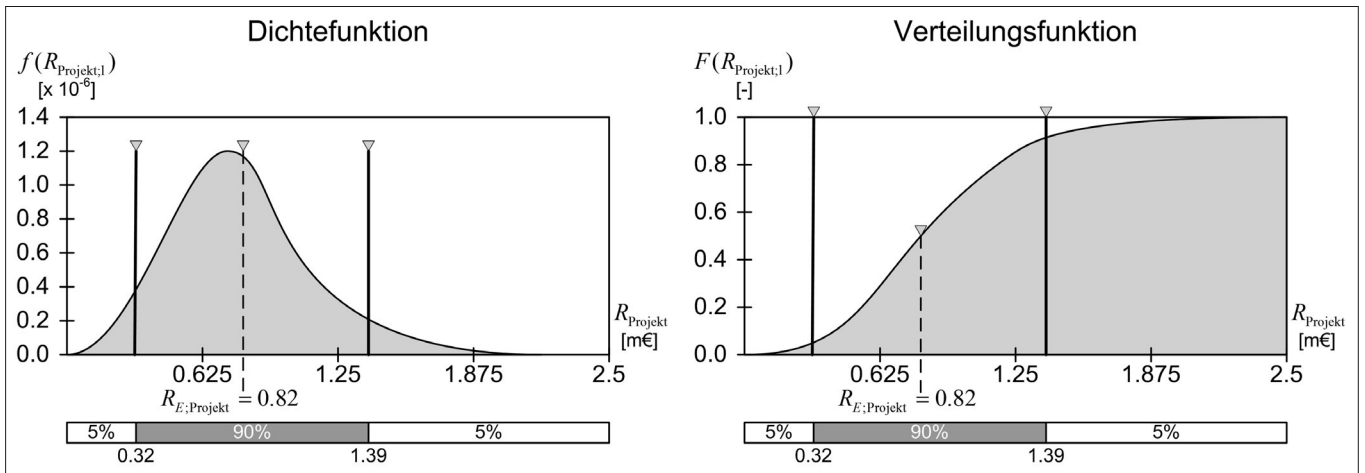


Bild 11. Graphische Darstellung der Ergebnisse der Monte-Carlo-Simulation als Dichtefunktion $f(R_{(t_i - t_{end})})$ und Verteilungsfunktion $F(R_{(t_i - t_{end})})$ der PPP-Risikokosten für den Zeitraum $(t_i - t_{end})$
Fig. 11. Graphs of the results of the Monte Carlo simulation in the form of a density function $f(R_{(t_i - t_{end})})$ and a distribution function $F(R_{(t_i - t_{end})})$ for the risk costs in the time period $(t_i - t_{end})$

$$f(T_{j/k/r}) = \text{BetaPERT}(T_{\min}, T_E, T_{\max}) \quad (19)$$

mit $T_{\min} \leq T_{j/k/r} \leq T_{\max}$

$$F(T_{j/k/r}) = \int_{T_{\min}}^{T_{j/k/r}} f(T_{j/k/r}) dT_{j/k/r}$$

Mit

$f(T_{j/k/r})$ Dichtefunktion der Zufallsvariable der Tragweite

$T_{j/k/r}$

$T_{\min}$ Minimale Tragweite des Einzelrisikos $j/k/r$

T_E Erwartete Tragweite des Einzelrisikos $j/k/r$

$T_{\max}$ Maximale Tragweite des Einzelrisikos $j/k/r$

$F(T_{j/k/r})$ Verteilungsfunktion der Zufallsvariable der Tragweite $T_{j/k/r}$

In **Bild 8** ist die BetaPERT-Verteilung für die Tragweite $T_{j/k/r}$ eines Einzelrisikos $j/k/r$ mit den Werten $T_{\min} = 150'000$ €, $T_E = 250'000$ € und $T_{\max} = 600'000$ € in Form einer Dichte-, Verteilungs- und Umkehrfunktion dargestellt.

Mit Hilfe einer Zufallszahl $Z_{j/k/r}$, die dem Funktionswert $F(T_{j/k/r})$ entspricht, wird über die Umkehrfunktion $G(F(T))$ der Wert der Tragweite $T_{j/k/r}$ im aktuellen Szenario l für das Risiko $j/k/r$ bestimmt.

$$G(F(T_{j/k/r})) = G(F(Z_{j/k/r})) = T_{j/k/r} \quad (20)$$

mit $0 \leq Z_{j/k/r} \leq 1$

Mit

$G(F(T_{j/k/r}))$ Umkehrfunktion von $F(T_{j/k/r})$

$Z_{j/k/r}$ Zufallszahl zur Bestimmung der Tragweite $T_{j/k/r}$ des Einzelrisikos $j/k/r$ im Simulationsdurchlauf l

$T_{j/k/r}$ Ausprägung der Zufallsvariable $T_{j/k/r}$ des Einzelrisikos $j/k/r$ im Simulationsdurchlauf l

4.1.3 Risikokosten $R_{j/k/r}$ des Einzelrisikos $j/k/r$ im Simulationsdurchlauf l

Die Höhe der Risikokosten des Einzelrisikos $j/k/r$ im Simulationslauf l ergeben sich aus dem Produkt der Zufallsvariablen $W_{j/k/r}$ und der zugehörigen Tragweite $T_{j/k/r}$. Die Höhe der Risikokosten $R_{j/k/r}$ entspricht für den Fall, dass das Risiko im Simulationsdurchlauf eintritt ($W_{j/k/r} = 1$), der Tragweite $T_{j/k/r}$. Generell ergeben sich die Risikokosten eines Einzelrisikos $j/k/r$ im Simulationslauf l aus folgender Berechnung:

Risikokosten des Einzelrisikos $j/k/r$ im Simulationslauf l :

$$R_{j/k/r} = \begin{cases} R_{j/k/r} & \text{für } W_{j/k/r} = 1 \\ 0 & \text{für } W_{j/k/r} = 0 \end{cases} \quad (21)$$

Tabelle 2. Spreadsheet der Monte-Carlo-Simulation für einen Simulationslauf l , basierend auf MS-Excel®
 Table 2. Monte Carlo simulation spreadsheet for one simulation run l , based on MS-Excel®

City-Arealüberbauung, Zürich									
Monte-Carlo-Simulation der Risikokosten $R_{Projektl}$ zur Bestimmung des Risikozuschlags auf Angebot Nr. 59/2003									
Bezeichnung der Einzelrisiken		Modellierung des Risikoeintritts		Modellierung der Tragweite				Risiko-	
Nr.	Bezeichnung	Eintretens- wahr- schein- lichkeit	Zufalls- variable des Risiko- eintritts	Dichte- funktion	Minimaler Schaden	Wahrschein- licher Schaden	Maximaler Schaden	Zufalls- variable der Tragweite	Kosten der Einzel- risiken (im Simulations- durchlauf l)
		$P_{E,j/k/r}$ [%]	$W_{L,j/k/r}$ [t]	$f(T_{j,k,l})$	T_{min} [€]	T_{wah} [€]	T_{max} [€]	$T_{L,j,k,r}$ [€]	$R_{L,j,k,r}$ [€]
1.	Leistungsbeschreibung unvollständig	60 %	1	BetaPERT	100'000	150'000	300'000	166'667	166'667
2.	Extreme Qualitätsanforderungen des Architekten	80 %	1	Gleich	60'000	85'000	110'000	85'000	85'000
3.	Ausführungsfrist: Konventionstrafe	90 %	1	Dreieck	45'000	150'000	175'000	123'333	123'333
4.	Bonität/Zahlungsmoral des Bauherrn	40 %	0	Dreieck	200'000	266'000	340'000	266'667	0
5.	Baugrund: Schlechter als erwartet	25 %	0	BetaPERT	150'000	250'000	500'000	275'000	0
6.	Altlasten im Baugrund: Bodenaushub	15 %	0	BetaPERT	35'000	70'000	120'000	72'500	0
7.	Altlasten im Baugrund: Deponiegebühr	15 %	0	BetaPERT	70'000	140'000	200'000	138'333	0
8.	Dichtigkeit der Baugrubensohle	25 %	0	BetaPERT	80'000	150'000	250'000	155'000	0
9.	Funktionsgarantie Lüftung - Fassade	20 %	0	Dreieck	150'000	300'000	450'000	300'000	0
10.	Qualitätsmängel bei der Schlitzwand	10 %	0	BetaPERT	75'000	120'000	250'000	134'167	0
11.	Fremdleistungskaulation Haustechnik	30 %	0	BetaPERT	100'000	200'000	350'000	208'333	0
12.	Fremdleistungskaulation Fassade	25 %	0	BetaPERT	200'000	320'000	450'000	321'667	0
13.	Bauphysik: Raumakustik	25 %	0	Gleich	25'000	35'000	45'000	35'000	0
14.	Konkurs des NÜ für die Baumeisterarbeiten	35 %	0	BetaPERT	50'000	120'000	180'000	118'333	0
15.	10-jährige Gewährleistung für die Dachabdichtung	35 %	0	Dreieck	30'000	75'000	125'000	76'667	0
					$\Sigma T_{min}:$	$\Sigma T_{wah}:$	$\Sigma T_{max}:$	$\Sigma T_{L,j,k,r}:$	$R_{Projektl}:$
					1'370'000	2'431'000	3'845'000	2'478'667	375'000

PPP-Projektrisikokosten im Simulationsdurchlauf l :

$${}^lR = \sum_{j/k/r=0}^{m/n/o} {}^lR_{j/k/r} \quad \text{mit } 1 \leq j/k/r \leq n/m/o \quad (22)$$

Bei entsprechend hoher Anzahl $l = n_1$ von Simulation er-
 geben sich:

- Dichtefunktion der PPP-Projektrisikokosten:

$$f(R_{(t_i-t_{end})}) = f({}^lR_{E,(t_i-t_{end})}; \sigma_{(t_i-t_{end})}^2) \quad (23)$$

Die Dichtefunktion ist charakterisiert durch den Erwar-
 tungswert ${}^lR_{E,(t_i-t_{end})}$ und die Varianz $\sigma_{(t_i-t_{end})}^2$.

- Verteilungsfunktion der PPP-Projektrisikokosten:

$$F({}^lR_{(t_i-t_{end})}) = \int f({}^lR_{E,(t_i-t_{end})}; \sigma_{(t_i-t_{end})}^2) * dR \quad (24)$$

Mit

$$\begin{aligned} & (Z_{W,j/k/r}; Z_{T,j/k/r}) = \\ & \left\{ Z_{x,j/k/r} \in \mathbb{R} \mid 0 \leq Z_{x,j/k/r} \leq 1 \text{ mit } x = (P_{W1,j/k/r} \vee T_{j/k/r}) \right\} \end{aligned}$$

Mit

${}^lR_{j/k/r}$ Zufallsvariable der Risikokosten des Einzelrisi-
 kos $j/k/r$ im Simulationslauf l

lR Gesamtrisikokosten eines Simulationslaufes l

$G(F({}^lW_{j/k/r}))$ Umkehrfunktion von $F({}^lW_{j/k/r})$

$G(F({}^lT_{j/k/r}))$ Umkehrfunktion von $F({}^lT_{j/k/r})$

${}^lT_{j/k/r}$

Ausprägung der Zufallsvariable $T_{j/k/r}$ des Ein-
 zelrisikos $j/k/r$ im Simulationslauf l

${}^lW_{j/k/r}$

Ausprägung der Zufallsvariable $W_{j/k/r}$ des Ein-
 zelrisikos $j/k/r$ im Simulationslauf l

$n/m/o$

Anzahl der Einzelrisiken

n_1

Gesamtzahl der Simulationsläufe

lR_E

Erwartungswert der Risikokosten des PPP-
 Projektes

${}^lR_{min}$

Minimum der Risikokosten des PPP-Projektes

${}^lR_{max}$

Maximum der Risikokosten des PPP-Projektes

${}^lR_{95}$

95%-Fraktile der Risikokosten des PPP-Pro-
 jektes

lR_5

5%-Fraktile der Risikokosten des PPP-Projektes

σ

Standardabweichung der Risikokosten des
 PPP-Projektes

${}^lZ_{W,j/k/r}$

Zufallszahl zur Auswahl, ob das Einzelrisiko
 $j/k/r$ im Simulationsdurchlauf l auftritt

${}^lZ_{T,j/k/r}$

Zufallszahl zur Auswahl der Tragweitemaus-
 prägung $I_{j/k/r}$ des Einzelrisikos $j/k/r$ im Simula-
 tionsdurchlauf l

Die MCS-Dichtefunktion f' der PPP-Projektrisikokosten
 wird zur Vereinfachung in der weiteren Betrachtung auf
 die Fläche $A = 1$ normiert (**Bild 9**):

$$f(R_{(t_i-t_{end})}) = f \frac{f'(R_{(t_i-t_{end})})}{\int_{R_{min}}^{R_{max}} f'(R_{(t_i-t_{end})}) * dR} \quad (25)$$

- Der Erwartungswert der Risikokosten des PPP-Projekts
 im Zeitraum $(t_i - t_{end})$ (**Bild 10**):

$$R_{E,(t_i-t_{end})} = \int_{R_{min}}^{R_{max}} R_{(t_i-t_{end})} * f(R_{(t_i-t_{end})}) * dR \quad (26)$$

- Die Varianz der Risikokosten des PPP-Projekts im Zeit-
 raum $(t_i - t_{end})$:

$$\begin{aligned} \sigma_{(t_i-t_{end})}^2 &= \int_{R_{min}}^{R_{max}} (R_{(t_i-t_{end})} - R_{E,(t_i-t_{end})})^2 * f(R_{(t_i-t_{end})}) * dR \quad (27) \\ f(R_{(t_i-t_{end})}) &= f(R_{E,(t_i-t_{end})}; \sigma_{(t_i-t_{end})}^2) \end{aligned}$$

4.2 Fallbeispiel zur Durchführung der Monte-Carlo- Simulation

Das PPP-Projektrisiko $R_{(t_i-t_{end})}$ im Fallbeispiel setzt sich
 aus 15 Einzelrisiken zusammen. In **Tabelle 2** ist das benö-
 tigte Spreadsheet für die auf dem Latin Hypercube Sam-
 pling basierende Monte-Carlo-Simulation dargestellt. Es
 enthält lediglich das Ergebnis eines Simulationsdurchlaufs
 l . Wenn $n_1 = 10'000$ Simulationsdurchläufe benötigt wer-
 den, so wertet die verwendete Software das Spreadsheet
 10'000 Mal aus und sammelt die Ergebnisse für $R_{(t_i-t_{end})}$.
 Ihre Auswertung ergibt nach der Normierung auf $A = 1$
 eine Dichtefunktion $f(R_{(t_i-t_{end})})$ sowie eine Verteilungs-
 funktion $F(R_{(t_i-t_{end})})$.

Für 10'000 Simulationsdurchläufe ergeben sich für das
 Fallbeispiel die Graphen in **Bild 11**. Die Simulation resul-
 tiert in einem Erwartungswert der Risikokosten $R_{E,(t_i-t_{end})}$
 in Höhe von 818'908 € und einer Standardabweichung
 $\sigma_{(t_i-t_{end})}$ von 326'444 €.

Falls zwischen zwei oder mehreren Risiken Abhängigkeiten in Form von Korrelationskoeffizienten bestehen, so lassen sich diese mit Hilfe einer Korrelationsmatrix relativ einfach in der Simulation berücksichtigen. Auf die verschiedenen Methoden der Einbindung der Korrelation beim Sampling sei auf die Fachliteratur verwiesen [4].

Mit den Ergebnisgraphen kann in Abhängigkeit von einem statistischen Sicherheitsniveau α ein spezifischer kalkulatorischer Risikozuschlag $R_{Kalk;\alpha}$ für die identifizierten Risiken des PPP-Projektes ausgewählt werden.

Ausschlaggebend für die Verwendung der Monte-Carlo-Simulation sind mehrere Anforderungen der Risikoanalyse:

- Ein Gesamtrisiko setzt sich häufig aus verschiedenen Einflussgrößen (Teilrisiken) zusammen. In diesem Fall muss die Korrelation der Teilrisiken berücksichtigt werden.
- Empirische Daten stehen für die Risikoprognose nicht zur Verfügung. Sie müssen mit Hilfe von Expertenschätzungen in einer vernünftigen Bandbreite nachgebildet werden.
- Die Bandbreite der Eintrittswahrscheinlichkeit und Tragweite der Risiken wird durch die Dichtefunktion gewichtet.

Die Verwendung der Monte-Carlo-Simulation bietet im Gegensatz zu anderen Techniken weitere Vorteile:

- Abhängigkeiten zwischen Teilrisiken können über Korrelationsmatrizen einfach modelliert werden.
- Die Präzision der Analyse kann durch eine Steigerung der Iterationsschritte einfach erhöht werden.
- Aufwendige mathematische Funktionen (z.B. Logarithmus- oder Exponentialfunktionen und „Wenn-dann“-Anweisungen) können in das Modell integriert werden.
- Da die MCS eine anerkannte Simulationstechnik ist, werden die Resultate eine breitere Akzeptanz finden.
- Das Modellverhalten kann ohne großen Aufwand untersucht werden.
- Änderungen am Modell können schnell eingearbeitet und mit früheren Resultaten verglichen werden.

5 Fazit

In diesem Beitrag wurde das Teilmodell „Zeitliche Risikobelastung“ des RA-Grundmodells vorgestellt. Mit diesem Teilmodell steht der Praxis ein Beurteilungstool zur Verfügung, um den zeitlichen Verlauf der Risikobelastung im Rahmen eines PPP-Projektes zu beurteilen. Damit wird dem Praktiker deutlich, wann welche Risiken im zeitlichen Verlauf sowie in den jeweiligen Größenordnungen mit ihrer probabilistischen Verteilung auftreten. Damit ergänzt das Teilmodell „Zeitliche Risikobelastung“ das Teilmodell von Teil 1 „Risikominimierung“ [1] zur Beurteilung der Risikowirkung. Zudem bildet das Teilmodell „Zeitliche Risikobelastung“ die Grundlage für das 3. Teilmodell „Risikotragfähigkeit“. In diesem abschließenden Teilmodell wird die Risikoallokation nach dem ökonomischen Minimalprinzip des 1. Teilmodells „Risikominimierung“ [1] im Rahmen der „zeitlichen Risikobelastung“ des 2. Teilmodells auf die „Risikotragfähigkeit“ des privaten Partners bzw. der PPP-Projektgesellschaft überprüft. Dadurch soll sichergestellt werden, dass die Risikoallokation, die für das PPP-Projekt zu den minimalsten Risikokosten führt, auch im zeitlichen Verlauf von der PPP-Projektgesellschaft in allen Phasen getragen werden kann.

Literatur

- [1] Girmscheid, G.: Risikoallokationsmodell (RA-Modell): Risikominimierung – Der kritische Erfolgsfaktor für Public Private Partnerships Teil 1. In: Bauingenieur 86, 2011
- [2] Girmscheid, G., Busch, T. A.: Unternehmensrisikomanagement in der Bauwirtschaft, Berlin: Bauwerk: 2008
- [3] Girmscheid, G.: Holistic Probabilistic Risk Management Process Model for Project-Oriented Enterprises, Eigenverlag des IBB an der ETH Zürich: 2007
- [4] Vose, D.: Quantitative risk analysis a guide to Monte Carlo simulation modelling, Chichester [etc.]: Wiley:1996

Risikoallokationsmodell (RA-Modell): Risikotragfähigkeit – Der kritische Erfolgsfaktor für Public Private Partnerships Teil 3

G. Girmscheid

Zusammenfassung Die tragfähige Risikoverteilung ist für eine langfristige Zusammenarbeit wie sie im Rahmen von PPP-Projekten vertraglich vereinbart wird ein wesentlicher kritischer Erfolgsfaktor. In der Praxis erfolgt nach einer Studie der ETH Zürich die Risikoverteilung nach intuitiven, habitativen und opportunistischen Gepflogenheiten. Eine tragfähige Partnerschaft braucht jedoch eine rationale Entscheidungsgrundlage für die Risikoverteilung. Dazu wurde im Rahmen des hier vorgestellten RA-Modells ein Entscheidungstool für die Risikoallokation nach dem ökonomischen Minimalprinzip sowie ein Bewertungstool zur Beurteilung der zeitlichen Risikobelastung über die Konzessionszeit entwickelt. In diesem Beitrag wird aufbauend auf den Teilmodellen „Risikominimierung“ [1] und „Zeitliche Risikobelastung“ [2] die Risikotragfähigkeit des privaten Partners bzw. der PPP-Projektgesellschaft als „stand-alone entity“ bewertet. Dieser Beitrag hilft der Praxis zu bewerten, ob über den zeitlichen Risikobelastungsverlauf aufgrund der optimierten Risikoverteilung für das PPP-Projekt auch genügend finanzielle Mittel bzw. Vermögenswerte zur Verfügung stehen, um diese Risiken zu decken. Dazu wurde die Risikobelastung in Normal-, Stress- und Crashbelastung mit den dazugehörigen Deckungsdimensionen unterteilt.

Mittels dieses Bewertungstools lässt sich für die vertraglich anvisierte Risikoallokation überprüfen, ob zu den jeweiligen Zeitpunkten der Konzession genügend Deckungsmassen als Cash bzw. Vermögen vorhanden ist.

Damit steht der Praxis mit diesem RA-Modell ein Bewertungs- und Entscheidungstool zur Verfügung, um eine tragfähige und robuste vertragliche Risikoverteilung vorzunehmen.

Risk Allocation Model (RA Model): Risk-Bearing Ability – The critical success factor for public private partnerships, Part 3

Abstract Sustainable risk allocation is a primary and critical factor for the success of long term cooperation agreements, such as those contracted for PPP projects. According to a study conducted by ETH Zurich, risks are allocated in practice on an intuitive, habitative

and opportunistic basis. A rational basis for making decisions about risk allocation is, however, essential for a sustainable partnership. As part of the RA model presented here, a decision-making tool for risk allocation has been developed in line with the economic minimum principle, together with an evaluation tool for assessing the temporal risk load over the concession period. Building on the “Risk Minimization” [1] and “Temporal Risk Load” [2] partial models, this paper evaluates the risk-bearing ability of the private partner or special purpose company as a “stand-alone entity”. This paper provides a mean of practically evaluating the optimized allocation of the risks to ensure that sufficient financial capacity or assets are available to cover the risks over the temporal risk load progression of the PPP project. To this end, the risk load has been broken down into normal, stress and crash loads with their respective coverage dimensions.

This evaluation tool makes it possible to review the contractually envisaged risk allocation in terms of whether sufficient coverage is available in the form of cash or assets at the respective points in time during the concession.

As such, this RA model provides an evaluation and decision-making tool for practical application that permits a sustainable and solid contractual allocation of the risks.

1 Einleitung

Die Publikation „Risikotragfähigkeit“ ist der dritte Teil des RA-Modells, das vom Verfasser an der ETH Zürich für Industriepartner entwickelt wurde. Dieser dritte Teil des RA-Modells baut auf dem ersten Teil „Risikominimierung“ [1] auf, der als Entscheidungstool zur kostenminimalen Risikoverteilung für das Projekt nach dem ökonomischen Minimalprinzip dient. Zudem stützt sich der dritte Teil des RA-Modells auf den zweiten Teil „Zeitliche Risikobelastung“ [2], der als Bewertungstool dient, um die zeitliche Risikobelastung zu analysieren. Mittels des dritten Teilmodells „Risikotragfähigkeit“ steht der Praxis ein Beurteilungstool zur Verfügung, um die angestrebte Risikoverteilung nach dem ökonomischen Minimalprinzip auf die Tragfähigkeit des privaten Partners zu überprüfen.

Dieses RA-Modell mit den Entscheidungs-, Bewertungs- und Beurteilungstools kann von dem öffentlichen und privaten Partner zum Entwurf einer Risikoverteilung benutzt werden. Mittels dieses RA-Modells kann einerseits der private Partner analysieren, ob er genügend Risikodeckungsmassen während der Konzessionszeit in seiner Kalkulation berücksichtigt hat, um erfolgreich abzuschließen. Andererseits kann der öffentliche Partner prüfen, ob die vorgelegten Angebote so gestaltet sind, dass genügend Risikodeckungsmassen vorhanden sind, um im zeitlichen Verlauf der Konzession die sich verändernde Risikostruktur decken und eine erfolgreiche Partnerschaft sichern zu können.

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid

M.ASCE, John O. Bickel Award 2004 und 2005

Professor für Bauprozess- und
Bauunternehmensmanagement
Vorsteher Institut für Bau- und
Infrastrukturmanagement
ETH Zürich

CH-8093 Zürich

girmscheid@ibi.baug.ethz.ch

Tel. (+41) 44 633 37 87

Fax (+41) 44 633 14 52

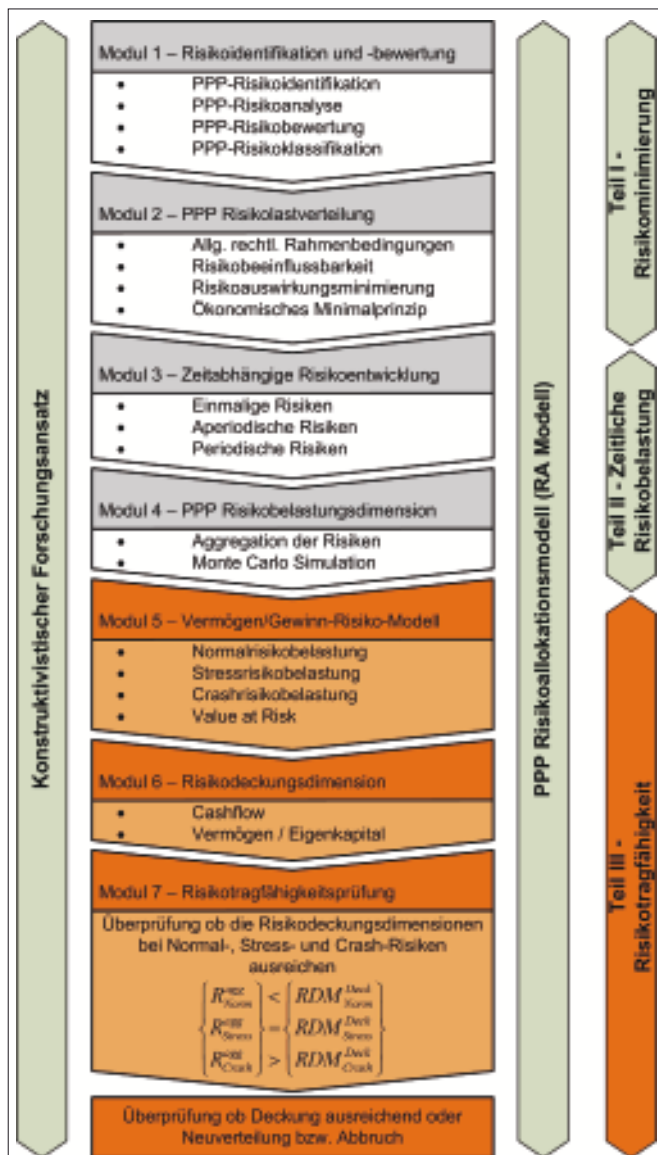


Bild 1. Risikoallokationsmodell (RA-Modell)
Fig. 1. Risk allocation model (RA model)

2 PPP Risikoallokationsmodell (RA-Modell)

Das konstruktivistische, generisch-logische RA-Modell ist in drei Teile und sieben Module (**Bild 1**) strukturiert.

Teil 1 – Risikominimierung [1], setzt sich aus folgenden Modulen zusammen:

- In Modul 1 (Risikoidentifikation) werden die Risiken identifiziert, system-theoretisch strukturiert sowie bewertet. Dadurch wird eine generisch-hierarchische Struktur über Risikofelder und deren Risikogruppen mit den jeweiligen Risikotypen und den Einzelrisiken bereitgestellt. Weiterhin werden die Risiken bezüglich ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit und ihrer Tragweite analysiert, bewertet und gemäß ihrer Bedeutung klassifiziert [1].
- In Modul 2 (Risikoverteilung) werden die in Modul 1 identifizierten Risiken hinsichtlich ihrer Optimierbarkeit und hinsichtlich ihrer Beeinflussbarkeit und Auswirkungsminimierung in Szenarien strukturiert, um die kostenminimale Risikoallokation zu finden (ökonomisches Minimalprinzip).

Teil 2 – Zeitliche Risikobelastung [2], setzt sich aus folgenden Modulen zusammen:

- In Modul 3 (zeitabhängige Klassifikation der Risiken) wird die Zeitabhängigkeit und die entsprechende Risikoentwicklung von den in Modul 1 identifizierten Risiken in PPP-Projekten analysiert. Außerdem werden die Risiken gemäß ihrem zeitbezogenen Auftreten in einmalige, aperiodische und periodische Risiken eingeteilt.
- In Modul 4 (Risikoaggregation) werden die probabilistischen Risikokosten mittels Monte-Carlo-Simulation aggregiert.

Teil 3 – Risikotragfähigkeit, setzt sich aus folgenden Modulen zusammen:

- In Modul 5 (Vermögen/Gewinn-Risiko-Modell) werden die Belastungsszenarien gemäß Gefahrenpotential in Normal-, Stress- und Crashrisikobelastungen unterteilt.
- In Modul 6 (Risikodeckungsdimensionen) wird die Risikodeckung eines PPP-Projektes bzw. der PPP-Projektgesellschaft gemäß dem Grundkonzept nach Girmscheid [3] gebildet, indem der Cashflow und das Eigenkapital der Projektgesellschaft analysiert werden.
- In Modul 7 (Risikotragfähigkeitsprüfung) wird die Risikotragfähigkeit getestet. Das RA-Modell ermöglicht es dem Entscheidungsträger, die notwendige Risikodeckung zu jedem Zeitpunkt des PPP-Projektes für die Risikobelastung nach Normal-, Stress- oder Crash-Level zu ermitteln. Mit dem RA-Modell kann der Entscheidungsträger bewerten, ob genügend Risikodeckung für die ermittelte Risikoverteilung nach dem ökonomischen Minimalprinzip vorhanden ist. Wenn die Risikodeckung nicht sicher gestellt ist, muss die Allokation von kritischen Risiken überprüft werden. Dies bedeutet, dass eine Beschaffung unter Umständen abgebrochen werden muss, wenn keine Risikoallokation gefunden werden kann, die PPP nach einer Kosteneffizienzanalyse priorisiert.

In diesem Beitrag werden die Module 5, 6 und 7 des RA-Modells vorgestellt. Dieser Beitrag baut auf den vorausgegangenen Veröffentlichungen „Risikominimierung“ [1] und „Zeitliche Risikobelastung“ [2] auf.

3 Modul 5: Vermögen/Gewinn-Risiko-Modell (VGR-Modell)

Aus der entwickelten Analyse des PPP-Projektes mit der Risikoverteilungsfunktion $F(R)$ muss nun eine Beurteilung stattfinden bezüglich:

- Welche Risikokosten werden durch den kalkulierten Risikozuschlag gedeckt?
- Welche Risikodeckungskapazitäten kann der kalkulierte Gewinn auffangen?
- Welche Risiken müssen durch das Eigenkapital gedeckt werden?

Aufgrund der Risikoverteilung des PPP-Projektes müssen zu allen Zeiten ausreichende Risikodeckungsmassen vorhanden sein. Zudem muss festgelegt werden, ob Risiken mit einer bestimmten Eintrittswahrscheinlichkeit:

- aus den kalkulierten Risikozuschlägen gedeckt werden?
- aus dem kalkulierten Gewinn gedeckt werden?
- aus dem Eigenkapitalanteil und dem akkumulierten Gewinn gedeckt werden müssen?

Dies führt dazu, dass man die Eintrittswahrscheinlichkeit folgendermaßen unterteilen kann [3]:

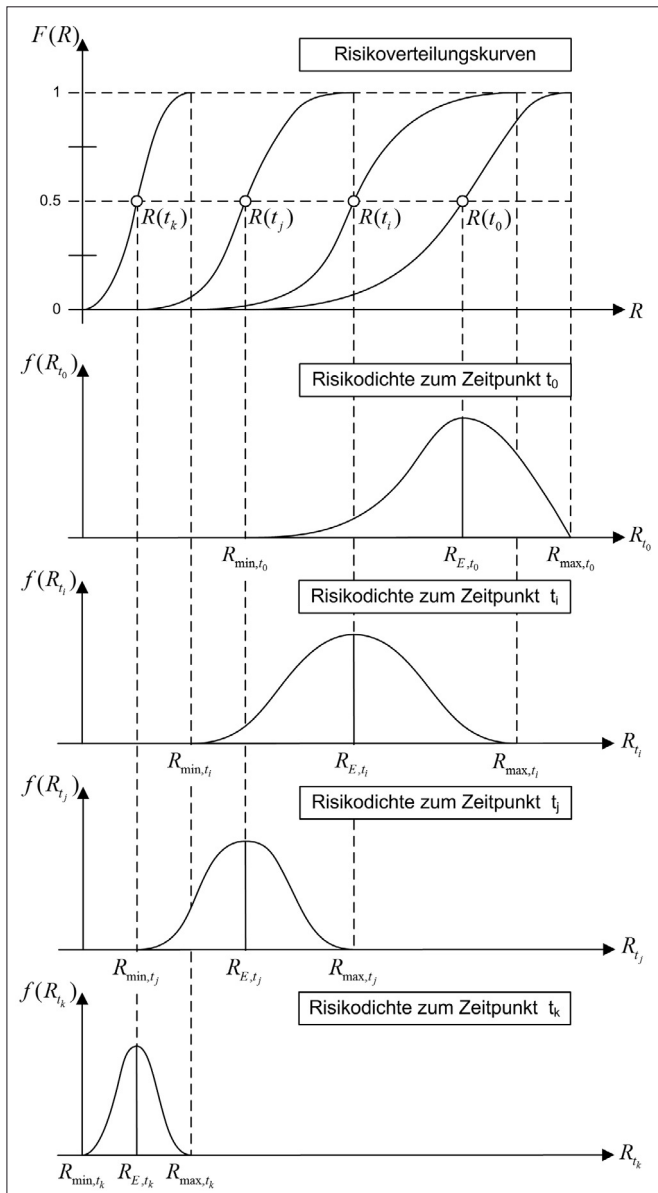


Bild 2. Risikoentwicklung während der Konzessionslaufzeit eines PPP-Projektes
Fig. 2. Risk development during the concession period in a PPP project

- Normalrisikoeintritt
- Stressrisikoeintritt
- Crashrisikoeintritt

Dies führt zu dem Vermögen/Gewinn-Risiko-Modell (VGR-Modell) des RA-Gesamtmodelles, in Anlehnung an das von Girmscheid [3] entwickelte Risikomodell für projektorientierte Unternehmen. Das VGR-Modell soll aufzeigen, wie sich die PPP-Risiken über den zeitlich langfristigen Verlauf des PPP-Projektes sowie

- die kalkulierten Risikozuschläge,
- der kalkulierte Gewinn und
- das Eigenkapital

verändern.

Zudem kann der Unternehmer wie auch der Auftraggeber aus dem Vermögen/Gewinn-Risiko-Modell die notwendige Risikodeckungskapazität für die diagnostizierten prospektiven Risiken bzw. die aus dem Entscheidungstool „Risikominimierung“ [1] gewonnene Risikoverteilung ableiten. Besonders dieser Ergebnisaspekt des VGR-Modell ist ein hervorragendes Supportinstrument zur:

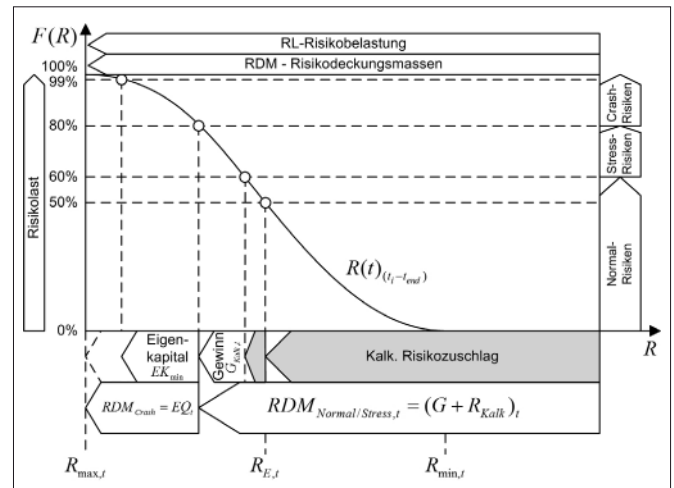


Bild 3. Vermögen/Gewinn-Risiko-Modell für das Zeitfenster $(t_i - t_{end})$

mit $t_0 \leq t_i \leq t_{end}$

Fig. 3. Asset/Profit Risk Model for the time period $(t_i - t_{end})$ with $t_0 \leq t_i \leq t_{end}$

- Festlegung der Cash-Flow-Kapazität
- Festlegung des Eigenkapitalanteils
- Festlegung der vertraglichen Vereinbarung zur Sicherung dieser finanziellen und vermögenswirksamen Kapazität über die gesamte Konzessionszeit

Das VGR-Modell für PPP baut auf dem von Girmscheid am Massachusetts Institute of Technology entwickelten “cash flow risk model” und “asset profit risk model” auf [3], [4], [5]. Ferner findet man in Girmscheid und Busch [6] weitere detaillierte Hinweise.

Die Risikoentwicklung in einem PPP-Projekt ist in Bild 2 dargestellt. Zum Zeitpunkt t_0 ist noch die volle Bandbreite der Risiken über die gesamte Laufzeit $(t_0 - t_{end})$ vorhanden. In den nachfolgenden Zeitabschnitten verringern sich die Restrisiken über die Restlaufzeit. Diese Restrisiken haben sich verringert durch:

- Potentiellen Eintritt ($W = 1$) oder auch Nicht-Eintritt ($W = 0$) von Risiken in den vorhergehenden Zeitabschnitten
- Reduzierung der Tragweite bei Risiken, die von der verbleibenden Projektdauer abhängig sind

In Bild 2 sind exemplarisch qualitativ die Risikoverläufe in den Zeitintervallen $(t_0 - t_{end}) > (t_i - t_{end}) > (t_j - t_{end}) > (t_k - t_{end})$ dargestellt.

Ein VGR-Modell (Bild 3) muss für jede veränderte Risikoentwicklung in der Laufzeit $(t_i - t_{end})$ des PPP-Projektes neu aufgesetzt werden (Bild 2).

Das VGR-Modell wird durch Transformation (Spiegelung) der jeweiligen Risikoverteilungsfunktion $R(t)_{(t_i - t_{end})}$ zum Zeitpunkt $t_0 \leq t_i \leq t_{end}$ gewonnen (siehe auch [3], [4], [5], [6]).

3.1 Risikobelastungsklassen

Zur Differenzierung der Risikobelastung in:

- geringere, immer wieder auftretende/jährliche
- mittlere, aperiodische (alle 2–5 Jahre), und
- seltenere, meist einmalige schwere (alle 5–30 Jahre)

werden die folgenden Risikobelastungskategorien und Limits für die Risiken eingeführt:

- Normalbelastungsszenario (N)

stellt eine normale Risikobelastung dar, welche die deterministische Risikoprämie R_{Kalk} übersteigt und z.B. durch $VaR_{\alpha = 50 \div 60\%}$ limitiert wird (Bild 3). Das „Normalbelastungsszenario“ stellt eine stochastische Sicherheit von z.B. $\alpha_N = 50 \div 60\%$ aller Ereignisfälle dar und wird

nur in $(1 - \alpha) = 40 \div 50\%$ aller Fälle überstiegen. Das bedeutet, dass z.B. der Cashflow $CF_{\alpha = 50 \div 60\%}$ sowie der Gewinn $G_{\alpha = 50 \div 60\%}$ in $\alpha_N = 50 \div 60\%$ der Ereignisfälle erreicht und nur in $(1 - \alpha) = 40 \div 50\%$ aller Fälle nicht erreicht wird. Im Allgemeinen wird für den Risikozuschlag $\alpha_N = 50\%$ bei einem PPP-Projekt angesetzt; dies entspricht dem Erwartungswert bei einer normalverteilten Dichtefunktion.

- **Stressbelastungsszenario(S)**
stellt eine hohe Risikobelastung dar, welche die deterministische Risikoprämie R_{Kalk} übersteigt und z.B. durch $VaR_{\alpha = 80\%}$ limitiert wird. Das „Stressbelastungsszenario“ stellt eine stochastische Sicherheit von z.B. $\alpha_S = 80\%$ der Ereignisfälle dar und wird nur in $(1 - \alpha) = 20\%$ aller Fälle überstiegen.
- **Crashbelastungsszenario (C)**
stellt eine extrem hohe Risikobelastung dar, welche die deterministische Risikoprämie R_{Kalk} übersteigt und z.B. durch $VaR_{\alpha = 99\%}$ limitiert wird. Das „Crashbelastungsszenario“ stellt eine stochastische Sicherheit von z.B. $\alpha_C = 99\%$ aller Ereignisfälle dar und wird nur in $(1 - \alpha) = 1\%$ aller Fälle überstiegen.

Die Eingrenzung der Intervallbereiche für Normal-, Stress- und Crashrisikobelastung obliegt den verantwortlichen Auftraggebern und Auftragnehmern und kann im Rahmen des Angebotsprozesses nach den folgenden neuen Vergabemodellen in der EU festgelegt werden:

- Wettbewerblicher Dialog
- Verhandlungsverfahren

Beide Vergabemodelle basieren auf der selektiven Bieterauswahl und Verhandlungen zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer im Vergabeprozess. Die beiden Verfahren unterscheiden sich nur bezüglich des Inhalts der Verhandlungen.

Aufgrund des Risikobelastungsprofils (Bild 3) zum jeweiligen Zeitpunkt t_i der Konzession (und der entsprechenden Konzessionsrestdauer $(t_i - t_{end})$) und der Festlegung der Normal-, Stress- und Crashrisikobelastungsintervalle, können nun die notwendigen Risikodeckungsmassen zugeordnet werden. Diese Zuordnung der Risikodeckungsmassen zu dem jeweiligen Risikoprofil (Risikobelastung) zum jeweiligen Zeitpunkt t_i bis zum Endzeitpunkt t_{end} der Konzession ermöglicht die nahtlose Konstruktion der notwendigen Risikodeckungsmassen zu jedem Zeitpunkt der Konzession. Mit diesem VGR-Modell kann man nicht nur feststellen, welche Risikodeckung zu jedem Zeitpunkt notwendig ist, sondern auch, ob überhaupt die Risikodeckung möglich ist und damit die Tragfähigkeit der PPP-Gesellschaft für eine beidseitige, erfolgreiche, langjährige Partnerschaft gegeben ist.

Bei der Risikodeckung muss beachtet werden, dass eine zeitweise Unterdeckung durchaus verkraftbar sein kann und vielleicht auch notwendig ist. Jedoch muss über den Gesamtverlauf des Projektes sicher gestellt sein, dass genügend Risikodeckungsmasse vorhanden ist und dass der antizipierte Gewinn und die Rückgewinnung des Eigenkapitals nach Einlösung aller vertraglichen Verpflichtungen gewährleistet wird. Aus diesem Grund ist es erforderlich eine Bewertung der Chancen und Gefahren bezüglich der Erzielung des Gewinns und der Rückgewinnung des Eigenkapitals vorzunehmen.

3.2 Risikobelastungstheorem – Value at Risk

Aus dem VGR-Modell kann man erkennen, dass weder der Gewinn noch das Eigenkapital des privaten Partners berührt werden, solange die auftretenden Risiken während des PPP-Verlaufes gleich oder kleiner sind als der kalkulatorische Risikozuschlag. Erst wenn die Risikoeintritte größere Risikokosten verursachen, wird der Gewinn bzw. das Eigenkapital des privaten Partners gefährdet. Die Finanzwissenschaft hat dazu ein Chancen-Gefahren-Kalkül entwickelt, den „Return on Risk adjusted Capital“ (RoRaC).

$$RoRaC = \frac{\text{Nettoergebnis}}{\text{Risikokapital}} \quad (1)$$

Mit diesem Bewertungsparameter kann man Chancen und Gefahren zur Sicherung des antizipierten Gewinns und der Rückführung des Eigenkapitals bewerten. Ferner wird für das Risikokapital, das den Risikodeckungsmassen entspricht, der Value at Risk eingesetzt. Da der kalkulierte Risikozuschlag bereits zur Abdeckung der erwarteten Risiken vorgesehen ist, wird das Risikokapital nur durch den Gewinn und das Eigenkapital gebildet.

$$RoRaC = \frac{\text{Nettoergebnis}}{\text{Risikodeckungsmassen (RDM)}} \quad (2)$$

Es muss gelten:

$$VaR \leq RDM \quad (3)$$

Dann kann der RoRaC folgendermaßen ausgedrückt werden:

$$RoRaC = \frac{\text{Nettoergebnis}}{\text{Value at Risk}} \quad (4)$$

Das Nettoergebnis entspricht dem Jahresüberschuss bzw. -fehlbetrag der Projektgesellschaft, also den Umsatzerlösen verrechnet mit

- betrieblichen Aufwendungen und Erträgen,
- finanzbezogenen Aufwendungen und Erträgen,
- außerordentlichen Aufwendungen und Erträgen
- sowie Steuern.

Bei der Berechnung des RoRaC ist darauf zu achten, dass sich Zähler und Nenner auf den gleichen Zeithorizont beziehen. Gemäß VGR-Modell (Bild 3) ist der VaR die Risikokostengröße, welche den Risikozuschlag übersteigt und somit den Gewinn oder das Eigenkapital angreift.

Entsprechend muss folgendes für den VaR im VGR-Modell gelten:

$$VaR_{t_i} = R_{\alpha, (t_i - t_{end})} - R_{Kalk, \alpha, (t_i - t_{end})} \quad (5)$$

Gemäß der Definition der Risikoklassen erhalten wir folgenden VaR pro Risikobelastungsstufe:

- Normalbelastungsszenario ($\alpha_N \leq 50 \div 60\%$)
 $VaR_{N, \alpha, t_i} = R_{N, \alpha \leq 50-60\%, (t_i - t_{end})} - R_{Kalk, \alpha, (t_i - t_{end})}$
mit $VaR_N \geq 0$
- Stressbelastungsszenario ($a_{s, \min} = 60\%; a_{s, \max} = 80\%$)
 $VaR_{S, \alpha, t_i} = R_{S, \alpha \leq 80\%, (t_i - t_{end})} - R_{Kalk, \alpha, (t_i - t_{end})}$
mit $VaR_S \geq 0$
- Crashbelastungsszenario ($a_{c, \min} = 80\%; a_{c, \max} = 99\%$)
 $VaR_{C, \alpha, t_i} = R_{C, \alpha \leq 99\%, (t_i - t_{end})} - R_{Kalk, \alpha, (t_i - t_{end})}$
mit $VaR_C \geq 0$

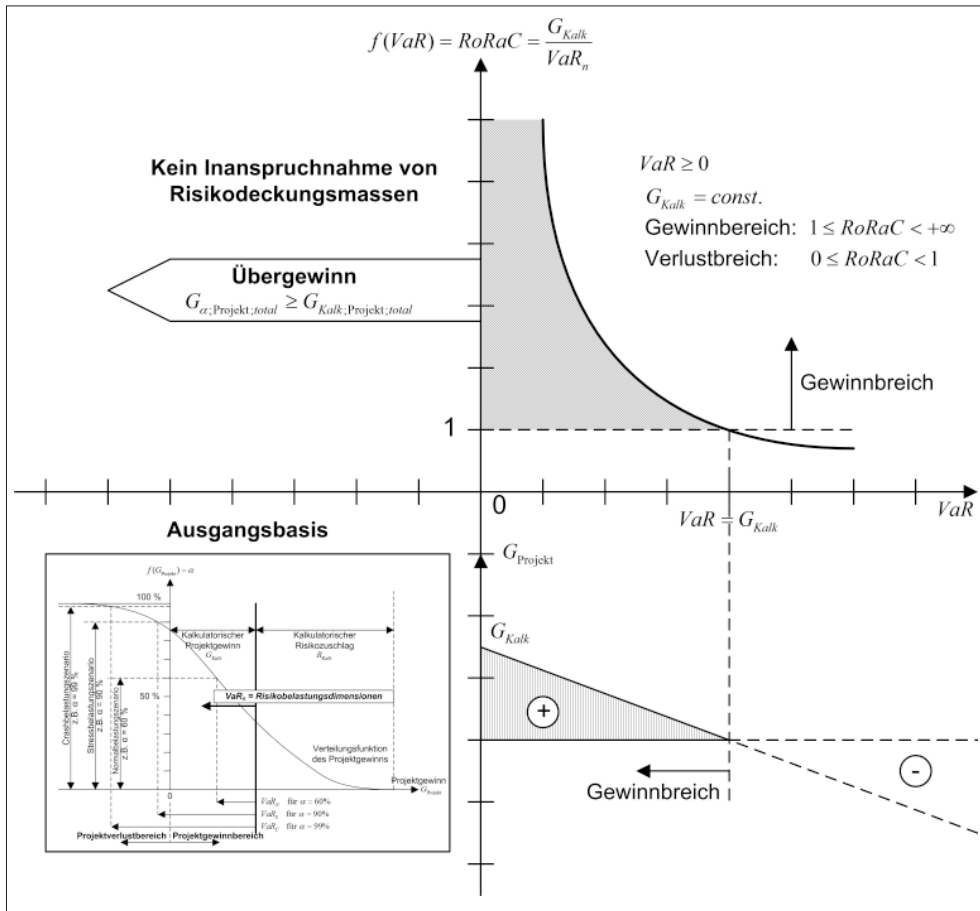


Bild 4. $RoRaC_n$ – Verlauf zur Beurteilung des Chancen-Gefahren-Profiles eines PPP-Projektes
Fig. 4. $RoRaC_n$ for the assessment of the opportunities-threats profile of a PPP project

Für den Gewinnbereich bzw. den Verlustbereich des PPP-Projekts gilt folgende Grenzbetrachtung (vgl. Bild 4):

G_{Kalk,t_i} const.
Gewinnbereich:

$$\begin{aligned} VaR_{t_i} &\leq 0 \\ VaR_{t_i} &= R_{\alpha,(t_i-t_{end})} - R_{Kalk,\alpha,(t_i-t_{end})} \leq 0 \\ RoRaC_{t_i} &= \frac{G_{Kalk,t_i}}{VaR_{t_i}} \leq 0 \\ G_{\alpha,t_i} &= G_{Kalk,t_i} - \underbrace{(R_{\alpha,(t_i-t_{end})} - R_{Kalk,\alpha,(t_i-t_{end})})}_{\leq 0} \geq G_{Kalk,t_i} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} VaR_{t_i} &= 0 \\ VaR_{t_i} &= R_{\alpha,(t_i-t_{end})} - R_{Kalk,\alpha,(t_i-t_{end})} = 0 \\ RoRaC_{t_i} &= \frac{G_{Kalk,t_i}}{\lim_{VaR_{t_i} \rightarrow 0}} = +\infty \\ G_{\alpha,t_i} &= G_{Kalk,t_i} - VaR_{t_i} = G_{Kalk,t_i} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} VaR_{t_i} &= G_{Kalk,t_i} \\ VaR_{t_i} &= R_{\alpha,(t_i-t_{end})} - R_{Kalk,\alpha,(t_i-t_{end})} = G_{Kalk,t_i} \\ RoRaC_{t_i} &= \frac{G_{Kalk,t_i}}{G_{Kalk,t_i}} = 1 \\ G_{\alpha,t_i} &= G_{Kalk,t_i} - VaR_{t_i} = 0 \end{aligned}$$

Verlustbereich:

$$\begin{aligned} VaR &\geq G_{Kalk,t_i} \\ VaR_{t_i} &= R_{\alpha,(t_i-t_{end})} - R_{Kalk,\alpha,(t_i-t_{end})} \geq G_{Kalk,t_i} < EK_{t_i} \\ RoRaC_{t_i} &= \frac{G_{Kalk,t_i}}{VaR_{t_i}} \leq 1 \\ G_{\alpha,t_i} &= G_{Kalk,t_i} - VaR_{t_i} < 0 \end{aligned}$$

Teile des Eigenkapitals EK_{t_i} werden jetzt zur Deckung benötigt!

$$\begin{aligned} VaR &\rightarrow EK_{t_i} \\ VaR_{t_i} &= R_{\alpha,(t_i-t_{end})} - R_{Kalk,\alpha,(t_i-t_{end})} >> G_{Kalk,t_i} \\ RoRaC_{t_i} &= \frac{G_{Kalk,t_i}}{\lim_{VaR_{t_i} \rightarrow \infty}} = 0 \end{aligned}$$

Hier muss das restliche Eigenkapital EK_{t_i} der PPP-Projektgesellschaft heran gezogen werden.

$$\begin{aligned} RoRaC_{t_i} &= \frac{G_{Kalk,t_i} + EK_{t_i}}{VaR_{t_i}} \geq 1 \\ VaR &\rightarrow +\infty \Rightarrow RoRaC \rightarrow 0 \end{aligned}$$

Daraus ergeben sich folgende Gewinn-/Verlustbereiche des PPP-Projekts bzw. einer PPP-Projektgesellschaft:

Gewinnbereich: $1 \leq RoRaC < +\infty$
Verlustbereich: $0 \leq RoRaC < 1$

Der $RoRaC_n$ ist aufgrund der oben angegebenen Beziehung dimensionslos. Je höher der Wert ist, desto besser sind die eingesetzten Ressourcen zur Risikodeckung, bezogen auf das Zielergebnis des PPP-Projekts, ausgenutzt. Läuft der Wert für den VaR gegen Null, d.h. es werden keine Ressourcen zur Risikodeckung verbraucht, so wird der $RoRaC_n$ *unendlich groß* (Bild 4). Solange der VaR kleiner als der kalkulatorische PPP-Projektgewinn $G_{Kalk,(t_i-t_{end})}$ ist, befindet sich das PPP-Projekt im betrachteten Szenario im Gewinnbereich. Für den Fall, dass der VaR gleich dem kalkulatorischen Projektgewinn $G_{Kalk,(t_i-t_{end})}$ ist, hat das Projekt im betrachteten Szenario ein neutrales Ergebnis. Der $RoRaC_n$ ist in diesem Fall *gleich 1*.

Bei einem $RoRaC_n$ kleiner als 1 ist der VaR größer als der kalkulatorische Projektgewinn $G_{Kalk,(t_i-t_{end})}$. Das Projekt befindet sich daher für dieses Belastungsszenario im Verlustbereich. Möglicherweise muss jetzt das restliche Eigenkapital des privaten Partners durch die öffentliche Hand zur Risikodeckung gesichert werden.

Die gleichen Überlegungen gelten für das eingesetzte Eigenkapital. Das Ziel-Nettoergebnis beinhaltet dann den kalkulierten Gewinn G_{Kalk,t_i} und das jeweilige restliche Eigenkapital EK_{t_i} .

4 Modul 6: Risikodeckungsdimension – Beurteilung der Risikodeckungsmassen der Projektgesellschaft

Modul 6 dient der Analyse der Risikodeckungsmassen des PPP-Projektes und/oder der Projektgesellschaft des privaten Partners um die Risikoexposition aus der Normal-, Stress- und Crashrisikobelastungen abzudecken. Die Risikodeckungsmassen des PPP-Projektes und/oder der Projektgesellschaft werden auf Grundlage des Risikodeckungskonzeptes für Unternehmen [3], [7] evaluiert.

Das Risikodeckungskonzept für Projektgesellschaften ist von den Basel II/III Anforderungen abgeleitet. Gemäß Gleissner und Fuser [8] müssen sich Kreditrankings für Unternehmen auf zwei Bereiche konzentrieren: die Beurteilung der finanziellen Kapazität (quantitative Evaluationskriterien) und die Beurteilung der Nachhaltigkeit des Unternehmens (qualitative Evaluationskriterien) zusätzlich zur Beurteilung der Risiken und dem potentiellen Wertverlust im Zusammenhang mit dem Investment [8], [9].

Diese Arbeit bezieht sich nur auf PPPs, welche als Projektgesellschaften mit Eigenkapitalanteil des privaten Partners umgesetzt sind. Aus einer buchhalterischen Perspektive sind diese Projektgesellschaften „stand-alone“ Organisationen mit beschränktem Eigenkapital und können daher als eigene Unternehmen betrachtet werden. Daher können die selben Konzepte der Risikodeckung, die für Unternehmen [3], [6], [7] entwickelt wurden, auch für diese PPP-Projekte eingesetzt werden:

- Finanzielle Dimension des PPP-Cashflows
- Vermögenswirtschaftliche Dimension des PPP-Eigenkapitals

Die Kreditwürdigkeit eines PPP-Projektes oder einer Projektgesellschaft (die Risikodeckungsmassen des privaten Partners) kann entsprechend auf zwei verschiedenen Ebenen beurteilt werden. Die vermögenswirtschaftliche Kapazität wird auf Grundlage des Eigenkapitalanteils des privaten Partners im PPP-Projekt beurteilt. Die finanzielle Kapazität der Projektgesellschaft wird hinsichtlich deren Fähigkeit beurteilt, langfristig einen positiven Cashflow

zu generieren. Die finanzielle Kapazität und die Nachhaltigkeit der Projektgesellschaft werden auf diesen zwei Ebenen im Zusammenhang mit den zu tragenden verschiedenen Risiken untersucht.

4.1 Normal- und Stresdeckungsmassen

Die finanzielle Kapazität und Nachhaltigkeit einer PPP-Projektgesellschaft werden hinsichtlich des Potentials gemessen Cashflow-Überschüsse zu generieren. Die Normaldeckungsmassen werden vom jährlichen Cashflow-Überschuss abgeleitet und dienen dazu die (geringere) Normalbelastungsrisiken abzudecken, die andauernd auftreten.

$$RDM_{Normal,t}^{Deck} = CF_{a,PG,\bar{U}ber,t}^{PPP} = G_{Kalk,\bar{U}ber,t} + R_{Kalk,t} \quad (6)$$

Mit

$RDM_{Normal,t}^{Deck}$	Normaldeckungsmassen
$CF_{a,PG,\bar{U}ber,t}^{PPP}$	Jährlicher Cashflow-Überschuss aus dem PPP-Projekt
$G_{Kalk,\bar{U}ber,t}$	Kalkulierter Gewinnüberschuss im Jahr t
$R_{Kalk,t}$	Kalkulierter Risikozuschlag im Jahr t
a	jährlich

Die Stresdeckungsmassen werden aus dem über mehrere Jahre akkumulierten Cashflow-Überschuss abgeleitet und dienen dazu (mittlere) Stressbelastungsrisiken abzudecken.

$$RDM_{Stress,(t_0-t_i)}^{Deck} = \sum_{t=t_0}^{t_i} \widetilde{CF}_{a,PG,t}^{PPP} = \sum_{t=t_0}^{t_i} (G_{Kalk,\bar{U}ber,t} + R_{Kalk,t}) \quad (7)$$

Mit

$RDM_{Stress,(t_0-t_i)}^{Deck}$	Stresdeckungsmassen
$\sum_{t=t_0}^{t_i} \widetilde{CF}_{a,PG,t}^{PPP}$	Über die Jahre akkumulierter Cashflow-Überschuss aus dem PPP-Projekt von t_0 bis t_i , dem Betrachtungszeitpunkt

4.2 Crashdeckungsmassen

Die vermögenswirtschaftliche Kapazität wird auf Grundlage des Eigenkapitals der Projektgesellschaft beurteilt. Der Eigenkapitalanteil wird genutzt, um Risiken abzuschern, welche nicht durch den akkumulierten Cashflow-Überschuss abgedeckt werden können. Der akkumulierte Cashflow-Überschuss nimmt stetig von Jahr 1 bis Jahr n zu. Es wird davon ausgegangen, dass die großen Risiken nicht auftreten, bevor der Vertrag nicht voll im Gang ist, zum Beispiel als Ergebnis einer alternden Infrastruktur.

Die Crashrisikodeckungsmassen werden vom Eigenkapital der Projektgesellschaft und vom akkumulierten Cashflow-Überschuss abgeleitet und dienen dazu (große) Crashbelastungsrisiken abzudecken.

$$RDM_{Crash,(t_0-t_i)}^{Deck} = \widetilde{EK}_{t_i}^{PG} + \sum_{t=t_0}^{t_i} \widetilde{CF}_{a,PG,t}^{PPP} \quad (8)$$

Mit

$RDM_{Crash,(t_0-t_i)}^{Deck}$	Crashdeckungsmassen
$\widetilde{EK}_{t_i}^{PG}$	Eigenkapital der Projektgesellschaft

Im Allgemeinen kann das Eigenkapital nur begrenzt zur Verfügung gestellt werden. Es kann z. B. verwendet werden, wenn der private Partner sich von dem Projekt zurückzieht und somit nicht mehr als Betreiber zur Verfügung steht.

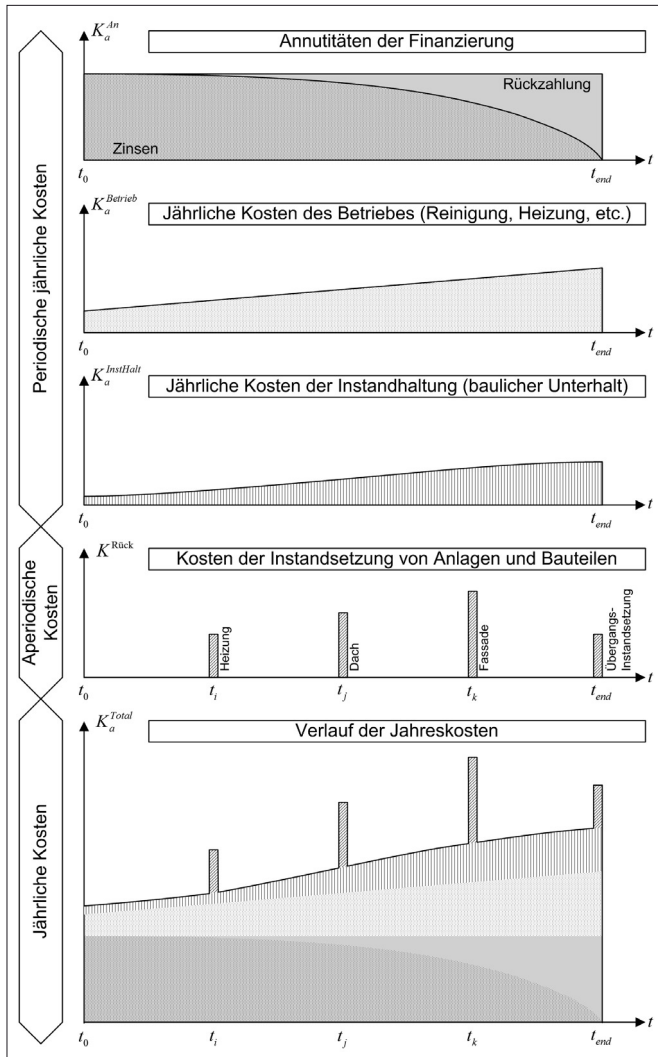


Bild 5. Jährliche Kosten einer PPP
Fig. 5. Annual costs of a PPP

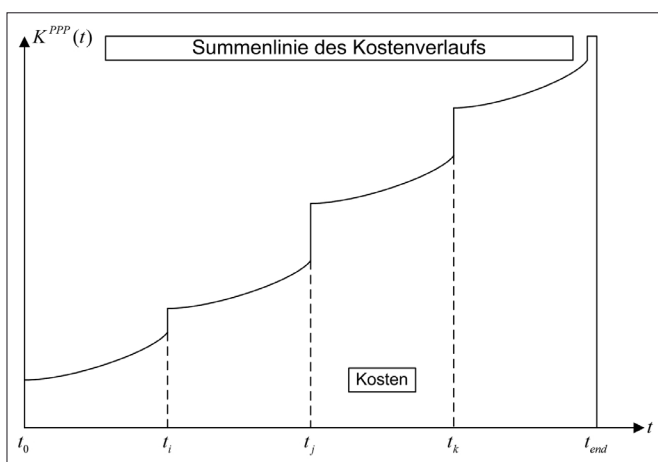


Bild 6. Kostensummenlinie einer PPP
Fig. 6. Cumulative total cost of a PPP

Um die Funktion dieses Instrumentes zur Risikodeckung für verschiedene Szenarien sicherzustellen, muss Sorge getragen werden, dass die vertraglichen Vereinbarungen ein vorzeitiges und unkontrolliertes Abziehen des Eigenkapitals, des Risikozuschlages und des Übergewinnes durch den privaten Partner vom Projekt verhindern. Daher sollte

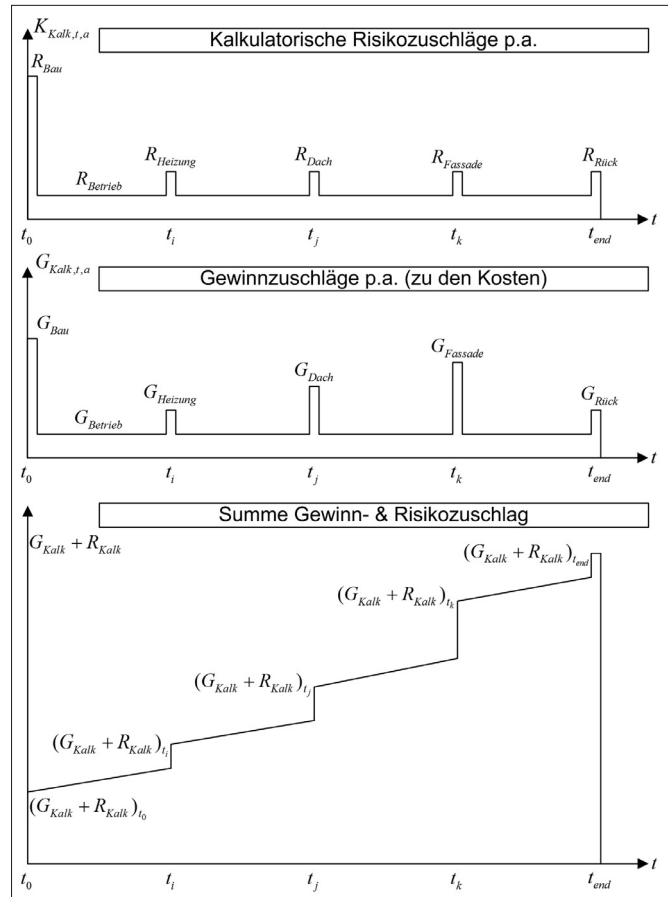


Bild 7. PPP-Kostenzuschläge – Kalkulierter Gewinn- und Risikozuschlag als potentielle Normal- und Stressrisikodeckung
Fig. 7. PPP project cost supplements – Profit and risk premium as potential normal and stress risk coverage

ein Teil des jährlichen Cashflow-Überschusses auf einem gemeinsamen gesperrten Konto zur Deckung größerer betrieblicher Risiken akkumuliert werden. Der verbleibende gebundene Cashflow wird verzinst und steht der Projektgesellschaft am Ende der Konzession zur Verfügung.

4.3 Ermittlung der Risikodeckungsmassen

Die Risikodeckungsmassen in einem PPP-Projekt setzen sich aus folgenden Komponenten zusammen:

- deterministisch kalkulierte, im Preis berücksichtigte Risikodeckung $R_{Kalk,\alpha}$
- überschüssiger Gewinn (evtl. auch der minimale Gewinn) $G_{Kalk,\text{über},t}$
- Eigenkapital des Privaten im Projekt EK_t

Die Risikodeckungsmassen verändern sich dynamisch mit dem zeitlichen Ablauf analog der Risikobelastung und der Veränderung des restlichen Eigenkapitals und des akkumulierten Cashflow.

Die notwendigen kalkulatorischen Strukturelemente der Risikodeckungsmassen in diesem VGR-Modell setzen sich wie folgt zusammen:

- Cashflow-wirksame Finanzelemente aus den quantitativen jährlichen Kosten einer PPP und des Gesamtkostenverlaufes über die Konzessionszeit sowie dem kalkulierten Risiko- und Gewinnzuschlag.
- Vermögenswirksame Finanzelemente des jeweiligen restlichen Eigenkapitals des privaten Partners im PPP-Projekt.

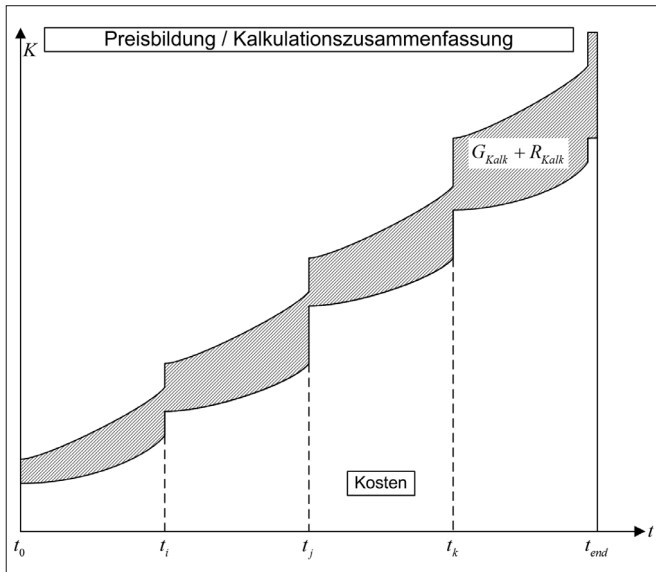


Bild 8. Preisbildung/Kalkulationszusammenfassung
Fig. 8. Pricing/PPP estimation summary

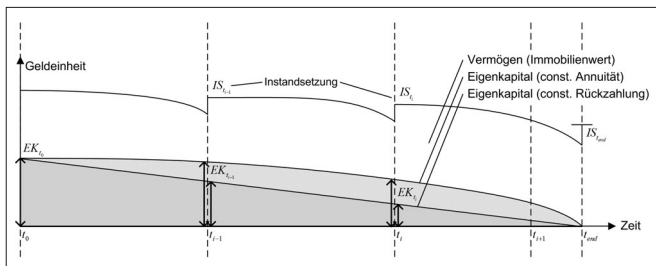


Bild 9. Vermögens- und Eigenkapitalentwicklung als potentielle Crash-Risikodeckung
Fig. 9. Asset value and equity development as potential crash risk coverage

Damit erhalten wir als Zusammenfassung der Kalkulation die lebenszyklusorientierte Preisbildung.

4.3.1 Cashflow-wirksame Finanzelemente

Die cashflow-wirksamen Risikodeckungsmassen ergeben sich aus den Annahmen der Kalkulation für den prospektiven Kostenverlauf der PPP. Daher werden in **Bild 5** folgende jährliche Kostenverläufe dargestellt:

- Annuitätenverlauf des Fremd- und Eigenkapitals
- Jährliche Betriebskosten für Reinigung, Heizung, etc.
- Jährliche Instandhaltungskosten für Inspektion, Wartung und kleine Reparaturen
- Aperiodische Instandsetzung und Erneuerung von Anlagen und Bauteilen

In **Bild 6** wird die Kostensummenkurve über die gesamte Konzessionszeit ohne kalkulatorischen Gewinn und Risikozuschlag dargestellt.

Basierend auf diesen Kostenbetrachtungen wird der Gewinn- und Risikozuschlag deterministisch bestimmt.

Basierend auf der reinen Kostenbetrachtung werden die kalkulatorischen Risikozuschläge für die Risiken der PPP-Projektgesellschaft (**Bild 7**) für den Bau der Anlage einmalig und für den Betrieb kontinuierlich (linear) sowie für die Kosten der zukünftigen Instandsetzung und Erneuerung (aperiodische Einzelrisiken gemäß **Bild 7**) ermittelt und berücksichtigt. Zudem werden die Gewinnzuschläge (**Bild 7**) für den Bau, Betrieb und die Instandsetzung über den Konzessionsverlauf ermittelt und berücksichtigt. Die Sum-

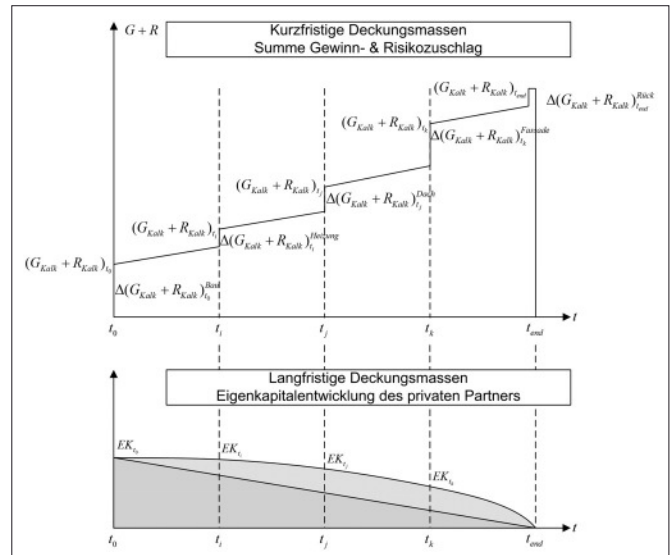


Bild 10. Kurz- und langfristige Elemente der Risikodeckungsmassen
Fig. 10. Short and long term elements of risk coverage capacity

menlinie aus kalkulatorischen Risiko- und Gewinnzuschlägen ergibt das Grundpotential der cashflow-wirksamen Risikodeckungsmassen (**Bild 7**, unten). Die Preisbildung für die Konzession über deren Verlaufszeit ist in **Bild 8** dargestellt. Die Preisbildung setzt sich aus den diskutierten Kostenverlaufelementen sowie dem antizipierten Risiko- und Gewinnzuschlag zusammen. Im kalkulatorischen Risikozuschlag werden im Allgemeinen nur der Risikoerwartungswert mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von $\alpha = 50-60\%$ berücksichtigt.

4.3.2 Vermögenswirksame Finanzelemente

Bei einem PPP-Projekt muss im Regelfall 20–50% Eigenkapital bereitgestellt werden, um den Rest des Investitionsbedarfs durch Fremdfinanzierung (50–80%) zu sichern. Die hier entwickelte Tragfähigkeitsanalyse macht sehr deutlich, dass der Eigenkapitalanteil des privaten Partners an einem solchen langfristigen PPP-Projekt ein stabilisierendes Element darstellt. Dieses stabilisierende partnerschaftliche Element sichert einerseits das langfristige unternehmerische Interesse des privaten Partners und andererseits ist dieses Finanzelement unabdingbar zur Absicherung des öffentlichen Partners vor Crash-Risiken. Alle PPP-Konzepte, die das Eigenkapital und die Fremdfinanzierung des privaten Partners frühzeitig herauslösen, wie z.B. die Forfaitierung, ermöglichen opportunistisches Verhalten des privaten Partners, weil das strategische Sicherungselement fehlt. Diese PPP-Konzepte, die durch vermeintlich günstigere Risikozuschläge bei der Fremdfinanzierung belohnt werden, öffnen Spielraum für opportunistisches Verhalten des privaten Partners durch:

- Erzielung eines übergewichteten Gewinns während des Baus zu Lasten der Betriebsphase
- Ausstieg des Privaten ohne Restriktionsmöglichkeiten während der Betriebsphase

Werden bei PPP-Projekten Forfaitierungs-Finanzierungen vereinbart, muss der öffentliche Partner auf einer Eigenkapitalbeteiligung des Privaten bestehen, welche nur jährlich als Annuität über das PPP-Entgelt getilgt werden kann. In **Bild 9** ist der Verlauf des substantiellen Immobilien- bzw. Anlagenwertes dargestellt. Auf eine Marktwertbetrachtung

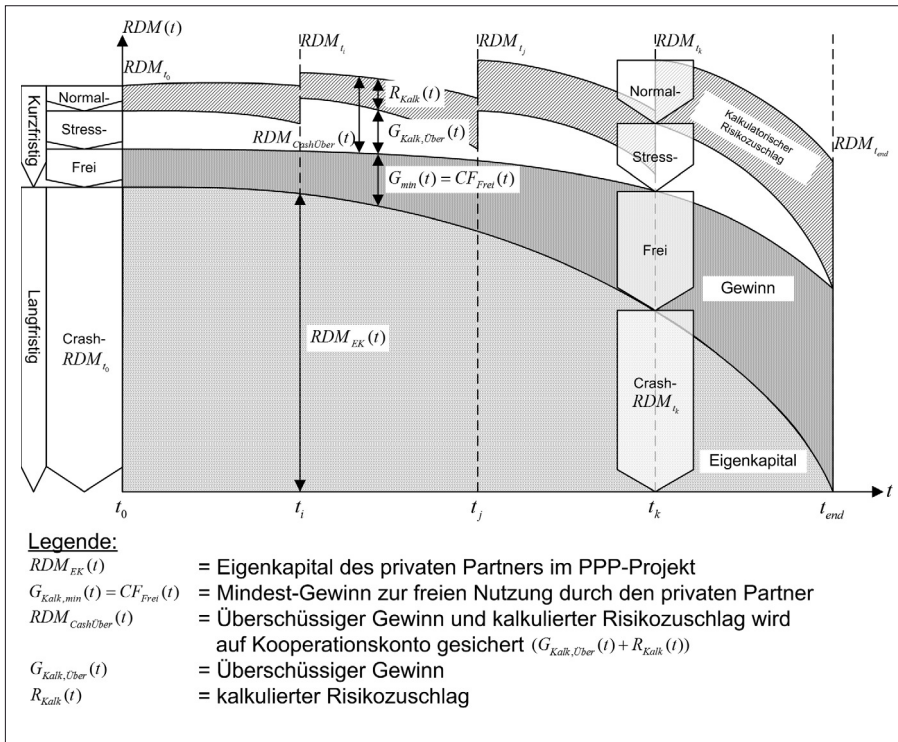


Bild 11 Gesamt-Risikodeckungsmassen
Fig. 11. Total risk coverage capacity

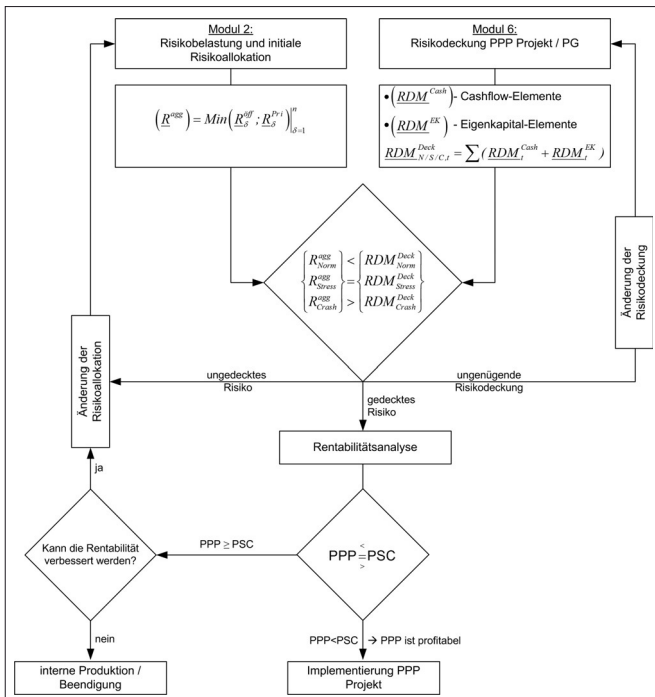


Bild 12. Risikotragfähigkeitsprüfung – Überprüfung der Risikotragfähigkeit der Projektgesellschaft
Fig. 12. Risk load resistance theorem – Testing the risk-bearing capacity of the SPC

wird wegen der meist spezifischen Nutzung hier verzichtet. Die Immobilie bzw. Anlage verliert während des Betriebes, der Abnutzung erzeugt, an Wert (Bild 9). In gewissen Zeitabständen müssen Anlagenteile, Anlagen (z.B. HKL) oder bauliche Module, wie Dach oder Fassade, instandgesetzt oder erneuert werden. In Bild 9 wird außerdem der Verlauf der Eigenkapitalbindung des privaten Partners im Projekt dargestellt. Auf die Darstellung des Fremdkapitals wurde hier verzichtet.

Diese Eigenkapitalbindung über den zeitlichen Verlauf eines PPP-Projektes dient zur Absicherung der Crash-Risiken, z.B. Ausstieg oder Konkurs des privaten Partners während der Konzessionszeit zur Absicherung des privaten Partners.

4.3.3 Risikodeckungsmassen

Aufgrund der vorigen Analyse konnten die Risikodeckungsmassen identifiziert werden. Die Risikodeckungsmassen (RDM) unterscheiden sich (Bild 10) in:

- Kurzfristige RDM: Gewinn- und Risikozuschlag
- Langfristige RDM: Eigenkapitalbindung des privaten Partners

Die gesamten Risikodeckungsmassen, bestehend aus den kurz- und langfristigen Elementen, sind in Bild 11 dargestellt. Aus der Gesamtbetrachtung erkennt man, dass das Eigenkapital gebunden ist und nur kontinuierlich über Annuitäten von dem privaten Partner heraus gelöst werden kann.

Die kurzfristigen Deckungsmassen können jedoch von dem privaten Partner kontinuierlich aus der PPP-Gesellschaft heraus gelöst werden, da sie im Cash-Flow des PPP-Entgeltes enthalten sind. Dies würde jedoch dazu führen, dass möglicherweise nicht ausreichende Risikoreserven in Form von kurzfristigen Finanzmitteln vorhanden wären, um geringe und mittlere Risiken abzudecken. Der private Partner könnte sogar, wenn keine vertraglichen Barrieren vorliegen, den nicht genutzten bzw. akkumulierten kalkulatorischen Risikozuschlag zur Deckung später auftretender Risiken, als Gewinn aus der Gesellschaft abziehen. Man erkennt aus den gezeigten potentiellen Szenarien, dass vertragliche Barrieren vorhanden sein müssen, um über die gesamte Laufzeit einer PPP genügend Risikodeckungsmassen verfügbar machen zu können. Denn wenn diese Barrieren bezüglich

- Eigenkapital
 - Sicherung des Cashflow-Anteiles
- zur Risikoabdeckung nicht bestehen, lädt man den privaten Partner zu opportunistischem Verhalten ein. Daher sollte der kalkulierte Gewinnzuschlag folgendermaßen unterteilt werden:

- Minimalgewinn – kann direkt entnommen werden
- Gewinnüberschuss – zurückgelegt für Normal- und Stressrisikodeckung

Der kalkulatorische Gewinnzuschlag kann folglich folgendermaßen ausgedrückt werden:

$$G_{Kalk,t} = G_{Kalk,min,t} + G_{Kalk,über,t} \quad (9)$$

Daher sollten folgende Barrieren (Bild 11) zur Sicherung der finanz- und vermögenswirtschaftlichen Stabilität gegenüber potentiell eintretenden Risiken in einer PPP aufgebaut werden:

- Minimalanteil am Eigenkapital vertraglich festlegen mit sukzessiver annuitätsbezogener Rückführung

- Rücklagenbildung aus dem Cashflow, bestehend aus dem nicht aufgebrauchten kalkulatorischen Risikozuschlag $R_{Kalk,t}$ sowie einem überschüssigem Gewinnanteil $G_{Kalk,über,t}$ (Bild 11). Diese Rücklagenbildung sollte auf ein separates Konto der PPP-Projektgesellschaft fließen. Die Entnahme kann nur nach vertraglich festgelegten Bedingungen und mit Unterschrift beider Partner erfolgen

Mit diesem Sicherungskonstrukt wird sichergestellt, dass bis zum Ende der Konzessionszeit, einschließlich für die vertragliche Rückgabe der Immobilie bzw. Anlage nach vertraglich vereinbarter Zustandsqualität, genügend Risikodeckungsmassen vorhanden sind. Am Ende der Konzessionszeit erhält der private Partner alle akkumulierten finanziellen und vermögensorientierten Finanzwerte zurück, die für die Risikodeckung gesichert und nicht aufgebraucht wurden.

5 Modul 7: Risikotragfähigkeitsprüfung

Das multidimensionale Risikoallokationsmodell (RA-Modell) basiert auf den folgenden drei Entscheidungsdimensionen (Basisvariablen der Risikoallokation), gemäß der Definition von Girmscheid [3], [7]:

- Fähigkeit der Akteure die Risiken zu beeinflussen,
 - Fähigkeit der Akteure die Tragweiten der Risiken zu minimieren, und
 - Die Risikodeckungskapazität der Risikoträger, welche zu einem holistischen Ganzen kombiniert werden.
- Dieses Modul „Risikotragfähigkeitsprüfung“ testet, ob die Normal-, Stress- und Crashrisikobelastungen von den finanz- und vermögenswirtschaftlich basierten Risikodeckungsmassen getragen werden können. Falls die Risikodeckung ausreichend für alle Risikoszenarien σ ist, die das ökonomische Minimalprinzip erfüllen, dann ist eine nachhaltig optimierte Risikoallokation mit ausreichender Risikotragfähigkeit gesichert. Falls die Risikodeckungskapazität der Projektgesellschaft nicht ausreichend ist, muss der Prozess der Risikoallokation unter Verwendung kybernetischer Prozesse wiederholt werden (Bild 12). Sobald die Risikoallokation optimiert wurde, sollte eine Beurteilung des Ergebnis mit dem Public Sector Comparator und nach Kosteneffizienzaspekten [10] erfolgen, um herauszufinden ob diese „mögliche“ Risikoallokation nachwievor die PPP-Option gegenüber der konventionellen Erstellung durch die öffentliche Hand begünstigt.

6 Fazit

In diesem Beitrag wurde der dritte Teil des RA-Modells, das „Risikotragfähigkeitsmodell“, vorgestellt. Mit diesem Teilmodell können einerseits die Unternehmen ihren Risiko- und Gewinnzuschlag ermitteln, um eine reale Mindestdeckung der Risikobelastung zu sichern. Andererseits ermöglicht das Teilmodell dem Auftraggeber zu prüfen, welche Anteile des Gewinns und welcher Risikozuschlag im Laufe der Konzessionszeit auf einem Sparkonto gesichert werden müssen, damit reale Reserven vorhanden sind, um probabilistische Risiken abzudecken. Zudem müssen im Rahmen des PPP-Entgeltes neben dem überschüssigem Cashflow und dem kalkulatorischen Risikozuschlag die Rücklagen für Instandsetzungen und Erneuerungen auf einem Sparkonto gesichert werden.

Mit diesem dritten Teilmodell des Risikoallokationsmodells (RA-Modell) erhält die Praxis ein holistisches Entscheidungs-, Bewertungs- und Beurteilungstool für eine systematische, rationale Risikoverteilung. Das RA-Modell besteht somit aus:

- 1. Teilmodell – Risikominimierung [1]
- 2. Teilmodell – Zeitliche Risikobelastung [2]
- 3. Teilmodell – Risikotragfähigkeit

Im Rahmen der „Risikominimierung“ wird eine Risikoverteilung nach systematischen hierarchisch strukturierten Kriterien in Szenarien vorgenommen und die optimalste Verteilung für das Projekt nach dem ökonomischen Minimalprinzip ermittelt. Im Rahmen der „Zeitlichen Risikobelastung“ wird die zeitliche Verteilung der einzelnen Risiken untersucht, um zu jedem Zeitpunkt die Risikobelastung zu kennen. Im Rahmen der „Risikotragfähigkeit“ wird die Risikoverteilung und damit die zeitliche Risikobelastung überprüft hinsichtlich der vorhandenen bzw. erforderlichen Risikodeckung in Form der akkumulierten finanziellen Mittel aus dem kalkulatorischen Risikozuschlag und „überschüssigem“ Cashflow sowie dem jeweiligen zeitlich abhängigen Eigenkapitalanteil an dem PPP-Projekt.

Literatur

- [1] Girmscheid, G.: Risikoallokationsmodell (RA-Modell): Risikominimierung – Der kritische Erfolgsfaktor für Public Private Partnerships Teil 1. In: Bauingenieur, 86, 2011
- [2] Girmscheid, G.: Risikoallokationsmodell (RA-Modell): Zeitliche Risikobelastung – Der kritische Erfolgsfaktor für Public Private Partnerships Teil 2. In: Bauingenieur, 86, 2011
- [3] Girmscheid, G.: Holistic Probabilistic Risk Management Process Model for Project-Oriented Enterprises, Eigenverlag des IBB an der ETH Zürich, 2007
- [4] Girmscheid, G.: Risikomanagement-Prozess-Modell für Bauunternehmen – Risikobelastungsdimensionen. In: Bauingenieur, 82, 53–61, 2007
- [5] Girmscheid, G.: Risikomanagement-Prozess-Modell für Bauunternehmen – Risikotragfähigkeits- und Risikoprozesssteuerungsdimension. In: Bauingenieur, 82, 62–70, 2007
- [6] Girmscheid, G., Busch, T. A.: Unternehmensrisikomanagement in der Bauwirtschaft. Berlin: Bauwerk, 2008
- [7] Girmscheid, G.: Strategisches Bauunternehmensmanagement – Prozessorientiertes integriertes Management für Unternehmen in der Bauwirtschaft. Heidelberg: Springer, 2007
- [8] Gleissner, W., Füser, K.: Leitfaden Rating Basel II: Rating-Strategien für den Mittelstand. München: Vahlen, 2003
- [9] Standard & Poor's: Corporate Ratings Criteria. The McGraw-Hill Companies, 2006
- [10] Institut für Bauplanung und Baubetrieb (Zürich), Girmscheid, G., Schweiz Bundesamt für Straßen: Kommunale Straßennetze in der Schweiz: Formen neuer Public Private Partnership (PPP) – Kooperationen für den Unterhalt. Bern: Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK. 2008