

NPV-Wirtschaftlichkeitsanalysemodell – Lebenszyklusbetrachtung von kommunalen Straßenunterhalts-PPPs

G. Girmscheid

Zusammenfassung Die Umstellung des kommunalen Straßenunterhalts von der klassischen Eigenleistung der Gemeinden auf eine Abwicklung mit einem privaten Partner in Form einer Public-Private-Partnership erfordert in der Konzeptions- und Ausschreibungsphase den Nachweis der Wirtschaftlichkeit einer solchen Maßnahme.

Das hier vorgestellte Wirtschaftlichkeitsanalysemodell bietet die Grundlage für einen umfassenden probabilistischen Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen Eigenleistung des Public Sector (PS-Abwicklungsform) und der Leistungserbringung durch einen privaten Partner (PPP-Abwicklungsform). Dazu werden, ausgehend von einer klaren Systemabgrenzung, die Net-Present-Values der alternativen Abwicklungsformen probabilistisch unter Einbeziehung möglicher Risikokosten berechnet und mit Hilfe des Net-Present-Value-Differenzaxioms und des Net-Present-Value-Effizienzaxioms bewertet.

Um zu gewährleisten, dass einerseits kurzfristige Einflüsse durch die Umstellung des Straßenunterhalts nicht überbewertet werden und andererseits auch eine langfristige Wirtschaftlichkeit gesichert ist, muss die Betrachtung über mindestens zwei Langzeitphasen erfolgen.

NPV – Life Cycle Analysis Model for Community Street Networks

Abstract Changing communal street maintenance from internal performance of the communes to an execution by a private partner in a Public-Private-Partnership requires the proof of the economic efficiency over the whole duration of the partnership in the concept and tender phase. Therefore, based on a clear delimitation of the examined system, the probabilistic Net-Present-Value of the two alternatives is calculated including possible risk costs. Using the Net-Present-Value-Difference-Axiom and the Net-Present-Value-Efficiency-Axiom the results are valued.

To assure that on the one hand short-time effects of changing the execution of the street-maintenance are not overrated and on the other hand the long-term economic efficiency is assured the examination has to include at least two long-term-periods.

1 Einleitung

Die Herausforderung den ständig wachsenden Anforderungen an die öffentliche Infrastruktur mit schwindenden Haushaltsmitteln gerecht zu werden zwingt die öffentliche Hand nach neuen Modellen nicht nur für Finanzierung, Planung und Bau, sondern auch für den Betrieb und Unterhalt ihrer Infrastruktur zu suchen. Grundsatz der

öffentlichen Aufgabenerfüllung und Verpflichtung der öffentlichen Hand bleibt es aber, den Steuerzahlern „value for money“ zu garantieren [1]. Daher können neue effizienzsteigernde Abwicklungsformen (z.B. Public Private Partnership) für die Erfüllung öffentlicher Aufgaben nicht ohne vorausgegangene Wirtschaftlichkeitsanalyse umgesetzt werden.

Der Prozess des Wirtschaftlichkeitsvergleichs analysiert für die öffentlichen Entscheidungsträger die qualitativen und quantitativen Chancen und Gefahren einer Public Private Partnership im kommunalen Straßenunterhalt und führt diese zu einer Gesamtbewertung der zu untersuchenden Varianten zusammen.

2 Forschungsmethodik

Als Grundlage des Wirtschaftlichkeitsvergleichs zweier alternativer Abwicklungsformen wird ein Modell zur Wirtschaftlichkeitsbewertung von öffentlichen Aufgabenerfüllungsleistungen (nicht investiv) sowie der Leistungserbringung durch einen privaten Partner dargestellt. Zur wissenschaftlichen Abstützung des NPV-Wirtschaftlichkeitsmodells wird das hermeneutische Forschungsparadigma mit dem konstruktivistischen Forschungsansatz zur Gestaltung sozio-technischer Strukturen herangezogen. Das denklogisch-deduktive Modell wird validiert und reliabilität durch Triangulation. Ausgehend von empirischen Beobachtungen wurden die realen Systeme (PS- bzw. PPP-Aufgabenerfüllung des kommunalen Straßenunterhalts) mittels der Systemtheorie von Bertalanffy in ihre inhaltlichen und zeitlichen Strukturen und Interaktionen gegliedert. Dadurch wurde die Möglichkeit geschaffen die reale, organisierte Komplexität auf theoretischer Ebene mathematisch funktional zu beschreiben und durch einen Realisierbarkeitstest die Ziel-Mittel-Beziehung zu testen [2].

3 Systemabgrenzung

Grundlage eines aussagekräftigen Wirtschaftlichkeitsvergleichs zwischen PS- und PPP-Abwicklungsform ist eine klare Systemabgrenzung des verwendeten Modells. Dazu ist es erforderlich von vergleichbaren Randbedingungen auszugehen. Es muss also sowohl eine inhaltliche, als auch eine zeitliche Systemabgrenzung für die Betrachtung definiert werden.

Der Wirtschaftlichkeitsvergleich erfolgt nach dem ökonomischen Minimalprinzip, d.h. ein bestimmter Nutzen soll mit einem Minimum an Ausgaben erreicht werden. Für den kommunalen Straßenunterhalt besteht dieser Nutzen in der Erbringung der nötigen Unterhaltsarbeiten. Dabei muss die sichere Benutzung und der Werterhalt des Straßennetzes gewährleistet werden.

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid
Vorsteher des Instituts für Bauplanung
und Baubetrieb
ETH Zürich, CH-8093 Zürich



Bild 1. Ebenen der Wirtschaftlichkeitsvergleichsmethoden
 Fig. 1. Levels of economic comparison methods

Im Folgenden werden zwei Modelle zur Wirtschaftlichkeitsbewertung von öffentlichen Aufgabenerfüllungsleistungen (nicht investiv) dargestellt. Innerhalb dieser Modelle gibt es unterschiedliche Möglichkeiten der Systemabgrenzung.

Inhaltliche Abgrenzung:

Zunächst muss festgelegt werden, auf welcher Grundlage, also auf welcher Ebene des Rechnungswesens, ein Vergleich durchgeführt werden soll. Für den betrachteten Fall der unterschiedlichen Abwicklung einer Aufgabenerfüllung kommen zwei grundsätzliche Möglichkeiten zur Beurteilung einer Abwicklungsform in Frage (**Bild 1**):

- Berechnung des Net-Present-Value/Kapitalwerts der Abwicklungsformen auf Basis einer Cash-Flow Betrachtung des Geldvermögens
- Berechnung des Kosten-Barwerts der Abwicklungsformen auf Basis der Vollkostenrechnung

Bei der Berechnung des Net-Present-Value wird der Saldo aus Ausgaben und Einnahmen im Betrachtungszeitraum gebildet. Dagegen erfolgt der Vergleich der Kosten-Barwerte auf Grundlage aller Kosten, die im Betrachtungszeitraum anfallen, sowie einer kalkulatorischen Verzinsung des eingesetzten Kapitals. Es lässt sich zeigen, dass beide Verfahren zum selben Ergebnis führen [3], [5].

Die Entscheidung darüber, welche Abwicklungsform die wirtschaftlichere ist, erfolgt in beiden Fällen durch einen anschließenden Vergleich der beiden Abwicklungsformen mittels Kosten-Barwert- bzw. Net-Present-Value-Differenzaxiom sowie Kosten-Barwert- bzw. Net-Present-Value-Effizienzaxiom.

Im Folgenden wird die Wirtschaftlichkeitsanalyse auf Grundlage der Net-Present-Value-Methode dargestellt. Diese bietet durch die Erfassung der realen Zahlungsströme das konsistentere und klarere System. Zudem ist die Betrachtung von Ausgaben und Einnahmen für die Gemeinden, mit meist kameralistisch geführten Haushalten, einfacher durchzuführen.

Entgegen der üblichen Definition des Net-Present-Value [4] erfolgt die Betrachtung nicht auf der Ebene der liquiden Mittel, sondern auf der Ebene des Geldvermögens (Bild 1). Es werden also die im Betrachtungszeitraum anfallenden Einnahmen und Ausgaben, nicht die Einzahlungen und Auszahlungen betrachtet. Diese Verschiebung der Betrachtungsebene hat den Vorteil, dass Abrechnungen zwischen einzelnen Abteilungen, welche nicht zu tatsächlichen Zahlungen führen, dennoch erfasst werden. Für die beim Wirtschaftlichkeitsvergleich der Aufgabenerfüllungsformen betrachteten Geschäftsvorfälle ergeben sich sonst keine weiteren Einflüsse auf dessen Ergebnis.

Ausgaben und Einnahmen werden mittels dynamischer Berechnungsmethoden auf einen Bezugszeitpunkt diskon-

tiert, sie können einmalig (Investitionen oder Liquidationen) oder regelmäßig (z.B. Lohnzahlungen) sein. Es werden die Ausgaben und Einnahmen, die im Rahmen der PS-Abwicklungsform anfallen, den Ausgaben (d.h. den Unternehmerpreisen und internen Zahlungen der Gemeinde für Löhne etc.) und Einnahmen einer PPP-Abwicklung gegenübergestellt.

Zeitliche Abgrenzung:

Für beide Abwicklungsformen (PPP oder PS) muss ein einheitlicher zeitlicher Rahmen definiert werden, in dem die beiden Abwicklungsformen verglichen werden. Hierfür wird die Vertragslaufzeit eines möglichen PPP-Vertrags herangezogen, es wird also ein Startzeitpunkt $t = 0$ und einem Endzeitpunkt $t = n$ festgelegt. Wichtig für die Vergleichbarkeit der beiden Abwicklungsformen ist, dass jeweils zum Anfangs- und im Endzeitpunkt bei den beiden Abwicklungsformen vergleichbare Bedingungen vorliegen.

Da bei der Berechnung des Net-Present-Value Einnahmen aus dem Verkauf von Immobilien und Inventar berücksichtigt werden, ist eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse nur gegeben, wenn zu Beginn sowie am Ende des Betrachtungszeitraums bei beiden Abwicklungsformen dieselben Anlagegüter vorhanden sind. Im Folgenden werden zwei Varianten der Systemabgrenzung dargestellt, die beide eine klare zeitliche Abgrenzung des Anlagenbestands gewährleisten (**Bild 2**).

NPV-Systemvariante A:

Bei der NPV-Systemvariante A (Bild 2) steht zu Beginn des Betrachtungszeitraums für beide Abwicklungsformen der komplette, bereits zuvor vorhandene, Anlagenbestand zur Verfügung, damit sind zu diesem Zeitpunkt für beide Abwicklungsformen dieselben Randbedingungen gegeben. Zu beachten ist, dass wenn der Immobilien- und Inventarbestand zu Beginn oder im Laufe der PPP-Abwicklungsform teilweise oder gesamt veräußert werden kann, am Ende der Laufzeit eine Vergleichbarkeit zunächst nicht gegeben ist, da im Falle der PS-Abwicklungsform diese Anlagen noch vorhanden sind, bei der PPP-Abwicklungsform dann aber nicht mehr. Daher muss auf Seiten der PS-Abwicklungsform, am Ende des Betrachtungszeitraums, der dann vorhandene Restwert dieser Anlagen als Einnahme berücksichtigt werden. Dies ist, unabhängig davon ob ein tatsächlicher Verkauf stattfindet oder nicht, nötig, um zum Zeitpunkt $t = n$ wiederum gleiche Randbedingungen auf beiden Seiten herzustellen.

Für den Fall, dass bei der PPP-Abwicklungsform nicht alle Anlagegüter verkauft werden vermindern sich die Einnahmen aus dem Verkauf zu Beginn der Laufzeit, dafür fällt dann aber auch bei der PPP-Abwicklungsform ein Restwert am Ende der Laufzeit als Einnahme an.

Bei der NPV-Systemvariante A1 wird davon ausgegangen, dass die bei der PPP-Abwicklungsform nicht mehr benötigten Anlagen zu Beginn der Laufzeit verkauft werden. Die Systemvariante A2 deckt den Fall ab, dass diese Anlagen erst am Ende oder während der Laufzeit verkauft werden, etwa weil ein kurzfristiger Verkauf nicht möglich ist. In diesem Fall fallen bis zum Verkaufszeitpunkt bei der PPP-Abwicklungsform Mieteinnahmen aus einer möglichen Vermietung der Anlagegüter an Dritte an.

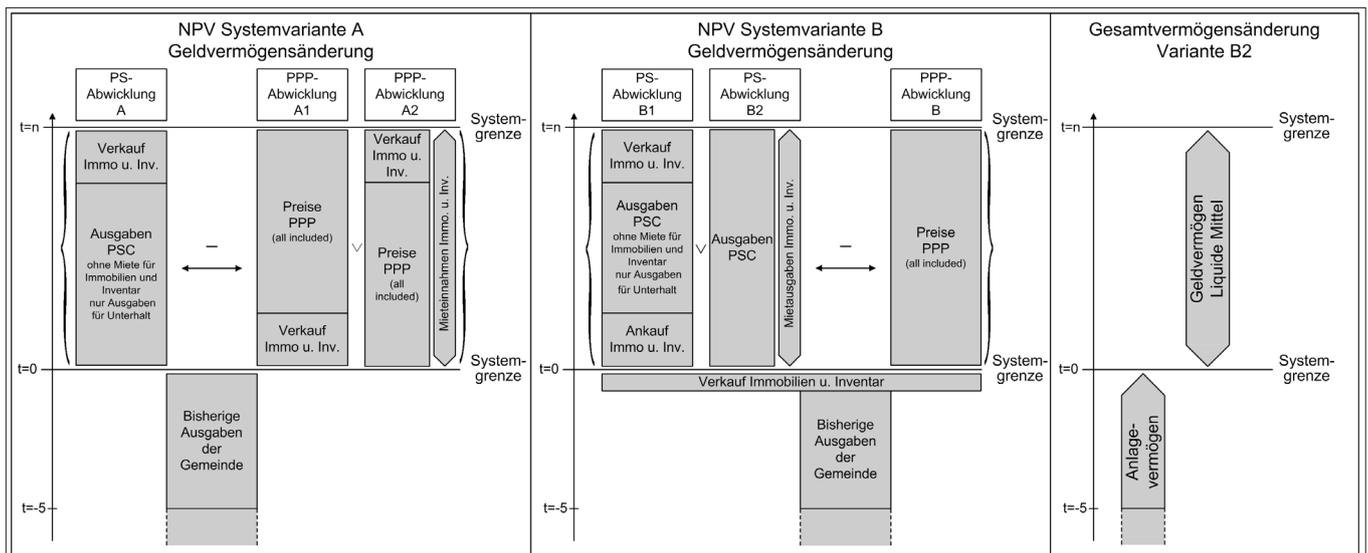


Bild 2. NPV-Systemvarianten für das NPV-Wirtschaftlichkeitsvergleichsmodell auf der Ebene des Geldvermögens (Cash-Flow-orientiert)
 Fig. 2. NPV-system-variants for the cash-based NPV-economic-comparison-method model (cash-flow-oriented)

NPV-Systemvariante B:

Bei der NPV-Systemvariante B (Bild 2) wird die Vergleichbarkeit der Randbedingungen dadurch hergestellt, dass der Anlagenbestand am Anfang und Ende der Laufzeit für beide Abwicklungsformen gleich null ist. Daher findet zu einem Zeitpunkt $t < 0$ ein theoretischer Verkauf des Anlagenbestands statt. Die Einnahmen aus diesem Verkauf werden nicht berücksichtigt, da diese nicht in den Betrachtungszeitraum fallen. Bei der PS-Abwicklungsform müssen die weiterhin benötigten Anlagegüter zu Beginn des Betrachtungszeitraums entweder wieder zurückgekauft werden (B1), in diesem Fall werden die hierfür anfallenden Ausgaben bei der Berechnung des Net-Present-Value berücksichtigt, oder die Ausgaben für diese Anlagegüter werden in Form von Mietausgaben berücksichtigt (B2). Bei der NPV-Systemvariante B1 wird am Ende der Laufzeit dann der Restwert der Anlagegüter in Form von Einnahmen aus einem theoretischen Verkauf berücksichtigt.

Zu beachten ist, dass sowohl B1 als auch B2 theoretische Systemabgrenzungen darstellen. Es findet kein tatsächlicher Verkauf statt, entsprechend werden auch nicht tatsächlich Immobilien und Inventar angemietet (soweit das nicht vorher schon der Fall war). Insbesondere die Systemvariante B2 bietet aber die Möglichkeit die schwer zu erfassenden tatsächlichen Zahlungsströme in Form von Mietsätzen einfach und praktikabel abzubilden. Diese Mietansätze können entweder aus Abschreibungen und Unterhaltskosten (soweit diese in einem internen Rechnungswesen erfasst werden), aus internen Verrechnungssätzen oder aus marktüblichen Mietpreisen gewonnen werden.

Für die PPP-Abwicklungsform müssen die Anlagegüter bei dieser Variante nicht weiter betrachtet werden.

Werden auch bei der PPP-Abwicklungsform gewisse Anlagegüter weitergenutzt, so werden dies analog zur PS-Abwicklungsform behandelt. Sie müssen also angemietet oder zu Beginn der Laufzeit zurückgekauft und am Ende der Laufzeit ihr Restwert angesetzt werden.

Sowohl NPV-Systemvariante A, als auch NPV-Systemvariante B bieten eine klare Systemabgrenzung, auf deren Grundlage ein Vergleich der beiden Abwicklungsformen möglich ist. Die für die meisten Gemeinden praktikabelste NPV-Systemvariante ist die Variante B2. Hier ist es nicht nötig den Anlagenbestand zu bewerten und mögliche Verkaufserlöse in der Zukunft abzuschätzen. Die Ausgaben für Immobilien und Inventar werden über Mietsätze berücksichtigt. Die Formeln für den Wirtschaftlichkeitsvergleich wurden für alle NPV-Systemvarianten entwickelt [5], im Folgenden werden sie auf Basis der NPV-Systemvariante B2 dargestellt.

4 Berechnung des Net-Present-Value einer Abwicklungsform

Die Daten für die Wirtschaftlichkeitsvergleiche zur Beurteilung der PS-Abwicklungsform werden aus der „betrieblichen“ Buchhaltung der Gemeinden entnommen. Die Ausgaben der PPP-Abwicklung werden einerseits aus dem identifizierten bzw. vermuteten Effizienzpotential der PS-Abwicklung (Ausgaben der Gemeinde) prognostiziert bzw. nach Vorlage der Angebote der Unternehmer aus deren Angeboten entnommen und ergänzt. Zudem werden die Risikokosten potentieller Risiken kalkulatorisch probabilistisch abgeschätzt.

Da beim Wirtschaftlichkeitsvergleich der beiden Abwicklungsformen für den Straßenunterhalt als öffentliche Aufgabenerfüllung nach dem jetzigen politischen Paradigma keine direkten Einnahmen erzielt werden, und somit immer die Ausgaben überwiegen, werden zur Berechnung des Net-Present-Value die jährlichen Cash-Drains heran-

Jahre t	1	2	3	4	5	6	7	...	n
Ausgaben	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	...	A_n
Einnahmen	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	...	E_n
Einzel-Ausgaben	/	$A_3^E = A_2^E$ $t = \lambda_1 = 2$ $j = 1$	/	/	$A_5^E = A_4^E$ $t = \lambda_2 = 5$ $j = 2$	/	$A_7^E = A_6^E$ $t = \lambda_3 = 7$ $j = 3$		/

Bild 3. Beispiel für die zeitliche Verteilung der Ausgaben, Einnahmen und Einzel-Ausgaben
 Fig. 3. Example for the temporal distribution of expenses, incomes and singular expenses

gezogen. Ein Cash-Drain stellt einen negativen Cash-Flow, also einen Verlust an Geldmitteln dar. Mit dieser Definition des Net-Present-Value wird erreicht, dass dieser für die beiden betrachteten Abwicklungsformen immer positiv wird. Ein positiver Net-Present-Value wie auch ein positiver Cash-Drain bedeuten also einen Abfluss an Geldmitteln. Der Net-Present-Value ist dann die diskontierte Summe der Cash-Drains und wird damit positiv, wenn die Ausgaben die Einnahmen übersteigen.

Der Vergleich basiert auf der Zusammenstellung aller Ausgaben und Einnahmen einer Abwicklungsform, die auf den heutigen Zeitwert bemessen werden.

Es werden die folgenden Begriffe und Wertgrößen definiert:

Cash-Drain:

- Saldo aus Ausgaben (Hauptelemente) und Einnahmen (Nebenelemente) und singuläre Einzelausgaben

$$C_t = A_t \Big|_{t=1}^n - E_t \Big|_{t=t_a^E}^{t_e^E} + \left\{ A_t^E \Big|_{A_t^E} = A_{\lambda_j}^E \text{ für } t = \{\lambda_j\} \right\} = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{m_3}) \vee A_t^E = 0 \text{ für } t \neq \{\lambda_j\} \Big|_{t=1}^n$$

Net-Present-Value:

- Diskontierte Summe (Kapitalwert) der Cash-Drains, gewichtet nach Zeitpunkt des Auftretens bezogen auf einen Betrachtungs- und Entscheidungszeitpunkt durch Diskontierung.

$$NPV_{t_B} = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+q)^{(t-t_B)}} = \sum_{t=1}^n \frac{A_t}{(1+q)^{(t-t_B)}} - \sum_{t=t_a^E}^{t_e^E} \frac{E_t}{(1+q)^{(t-t_B)}} + \sum_{t=1}^n \left\{ A_t^E \Big|_{A_t^E} = \frac{A_{\lambda_j}^E}{(1+q)^{(\lambda_j-t_B)}} \text{ für } t = \{\lambda_j\} \right\} = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{m_3}) \vee A_t^E = 0 \text{ für } t \neq \{\lambda_j\}$$

NPV_{t_B} : Net-Present-Value bezogen auf den Zeitpunkt t_B

C_t : Cash-Drain im Jahr t

A_t : Ausgaben periodisch über die Laufzeit ($0 < t \leq n$) in gleicher oder unterschiedlicher Höhe

E_t : Einnahmen periodisch über eine begrenzte Laufzeit ($t_a^E \leq t \leq t_e^E$) in gleicher oder unterschiedlicher Höhe (Nebenelemente)

A_t^E : Einzelausgaben aperiodisch, einmalig oder mehrmals in größeren oder kleineren zeitlichen Abständen

t : Laufzeitindex

t_B : Referenz-/Bezugszeitpunkt der Betrachtung

n : Letztes Jahr des Betrachtungszeitraums

t_a^E : Erstes Jahr in dem Einnahmen anfallen

t_e^E : Letztes Jahr in dem Einnahmen anfallen

λ_j : Jahr in dem singuläre, aperiodische Liquidationen auftreten

m_3 : Anzahl der aperiodischen Einzel-Liquidationen (1,2,3,...,m₃)

q : Diskontierungszinssatz

j : Laufindex

5 Net-Present-Value Ansatz für den Public Sector Comparator

Die Zusammenstellung aller mit den öffentlichen Aufgaben verbundenen Ausgaben (und Einnahmen – soweit vorhanden) der öffentlichen Eigenleistung wird „Public Sector Comparator (PSC)“ genannt. Der Public Sector Comparator kann als output- und risikoorientierte dynamische Net-Present-Value-Ermittlung von hypothetischen Anbieterpreisen der öffentlichen Hand definiert werden, oder auch als die Zusammenstellung und Diskontierung aller mit der öffentlichen Eigenleistung verbundenen Ausgaben (und Einnahmen) auf einen Zeitwert [6].

Ziel eines Public Sector Comparator ist es, der öffentlichen Hand Bezugswerte für die Vergabe von Leistungen zu liefern, anhand derer der Value for Money, d.h. die Effizienz der Abwicklungsform, bewertet werden kann [7].

Die Erfassung der Ausgaben kann entweder nach Hauptausgabengruppen oder Ausgabenarten (analog Kostenarten) erfolgen (Bild 4).

PSC-Cash-Drain und Net-Present-Value in Abhängigkeit von den Haupt- und Unterausgabengruppen:

Der PSC-Net-Present-Value-Ansatz nach Hauptausgabengruppen entsprechend der in Bild 4 dargestellten Ausgabenstruktur und wird gemäß NPV-Systemvariante B2 aus der Summe der Jahre t wie folgt gebildet:

Ausgehend von den Cash-Drain-Anteilen zum Zeitpunkt $t = 0$ wird der Net-Present-Value zum Betrachtungszeitpunkt t_B durch Multiplikation der einzelnen Anteile mit den jeweiligen

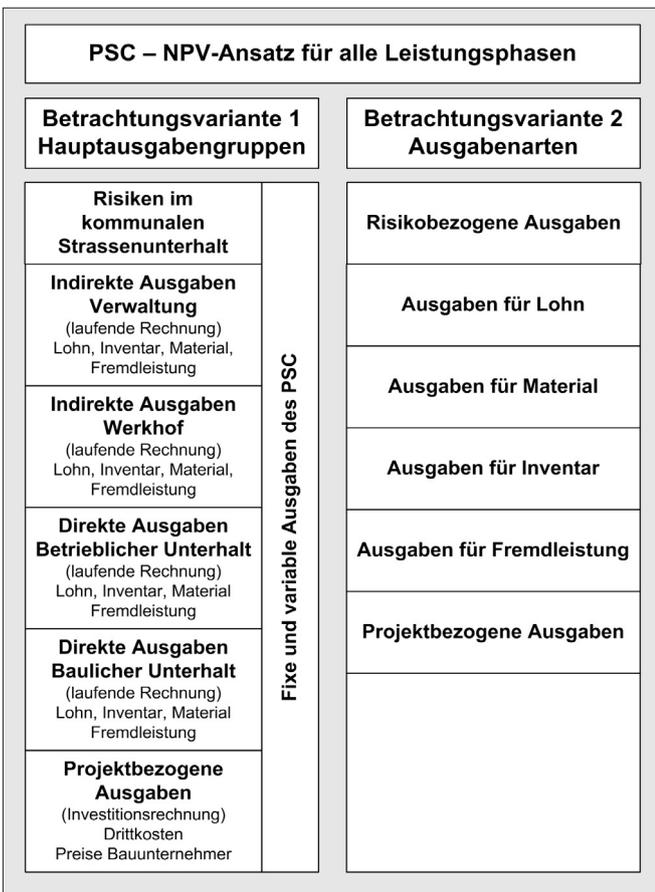


Bild 4. PSC-Ausgabenstruktur mit Basisausgabenansätzen für den PSC – Net-Present-Value – gemäss NPV-Systemvariante B2 (Bild 2)
Fig. 4. Structure of the expenses for the PSC-Net-Present-Value – according to NPV-system-variant B2

PPP-NPV-Ansatz für die 1. PPP-Langzeitphase				PPP-NPV-Ansatz für die 2. - m. PPP-Langzeitphase			
Ausgaben A _I				Ausgaben A _{II}			
Etablierungsphase	Ausgaben der Gemeinde	Transaktionsausgaben für Initiierung, Ausschreibung u. Vergabe		Ausgaben der Gemeinde	Transaktionsausgaben 2. - n-te Phase		
		zeitweise fixe Ausgaben der öffentlichen Hand - Personal, Inventar, Gebäude			Ausgaben für Steuerung f. Steuerungs-, Kontroll- und Entscheidungsteam		
Routinephase	Ausgaben der Gemeinde	Ausgaben für Steuerung für Steuerungs-, Kontroll- und Entscheidungsteam		Ausgaben der Gemeinde	Risikokosten		
		Risikokosten			Risikokosten		
		Verbleibende Risiken der öffentlichen Hand			Verbleibende Risiken der öffentlichen Hand		
		Neue Risiken durch Partnerschaft			Neue Risiken durch Partnerschaft		
		Risikokosten			Risikokosten		
Unternehmerpreise	Allgem. Geschäftskosten AGK + Gewinn + Wagnis	Indirekte Ausgaben Verwaltung / Werkhof		Allgem. Geschäftskosten AGK + Gewinn + Wagnis	Indirekte Ausgaben Verwaltung / Werkhof		
		Direkte Ausgaben Betr. Unterhalt			Direkte Ausgaben Betr. Unterhalt		
		Direkte Ausgaben Baul. Unterhalt			Direkte Ausgaben Baul. Unterhalt		
		Projektausgaben Baul. Unterhalt			Projektausgaben Baul. Unterhalt		
		Abrechnungspreis outputorientiert			Abrechnungspreis outputorientiert		

Bild 5. PPP-Ausgabenstruktur in der 1. sowie 2. - m. PPP-Langzeitphase für den PPP-Net-Present-Value – gemäss NPV-Systemvariante B (Bild 2)
Fig. 5. Structure of the expenses of the 1st and 2nd-m. PPP-long-term-period for the PPP-Net-Present-Value – according to NPV-system-variant B (Fig. 2)

Nettodiskontierungsfaktor berechnet. Der Nettodiskontierungsfaktor setzt sich aus einer Aufzinsung vom Zeitpunkt t = 0 bis zum Zeitpunkt t mittels der jeweiligen Ausgabensteigerungsindizes und anschließender Diskontierung auf Basis der Geldwertentwicklung auf den Zeitpunkt t_B zusammen.

$$NPV_{t_B}^{PSC} = \sum_{t=1}^n (C_0^{PSC})^T \cdot (NDF_t^{PSC,\mu})$$

mit: $(C_0^{PSC}) = \begin{pmatrix} A_0^{PSC,a} \\ R_0^{PSC,b} \\ P_0^{PSC,Proj} \\ R_0^{PSC,Proj} \\ R_0^{PSC,E} \end{pmatrix}$ und $(NDF_t^{PSC,\mu}) = \frac{(1+\mu)^t}{(1+q)^{(t-t_B)}}$

- $NPV_{t_B}^{PSC}$: Net-Present-Value der PS-Abwicklungsform bezogen auf den Zeitpunkt t_B
- (C_0^{PSC}) : Vektor der Cash-Drain-Anteile der PS-Abwicklungsform im Jahr t = 0
- $A_0^{PSC,a}$: Ausgaben a der PS-Abwicklungsform im Jahr t = 0, a = {Verwaltung, Werkhof, betrieblicher Unterhalt, baulicher Unterhalt}
- $R_0^{PSC,b}$: Risikokosten b der PS-Abwicklungsform im Jahr t = 0, b = {natürlich, anthropogen, betrieblicher Unterhalt, baulicher Unterhalt}
- $P_0^{PSC,Proj}$: Projektausgaben der PS-Abwicklungsform im Jahr t = 0

- $R_0^{PSC,Proj}$: Projektrisiken der PS-Abwicklungsform im Jahr t = 0
- $R_0^{PSC,E}$: Einmalige Risiken der PS-Abwicklungsform im Jahr t = 0
- $(NDF_t^{PSC,\mu})$: Vektor der Nettodiskontierungsfaktoren μ ($\mu = \{\text{Lohn, Produktion, ...}\}$) für das Jahr t
- μI : Ausgabensteigerungsindex μ ($\mu = \{\text{Lohn, Produktion, ...}\}$)
- q : Diskontierungszinssatz (Geldwertentwicklung)
- t : Laufzeitindex
- t_B : Referenz-/Bezugszeitpunkt der Betrachtung
- n : Letztes Jahr des Betrachtungszeitraums

6 Net-Present-Value Ansatz für die PPP-Abwicklung

Bei der Berechnung des NPV der PPP-Abwicklungsform müssen nicht nur die Zahlungen an den Unternehmer, sondern auch weiterhin bestehende sowie neue Ausgaben der Gemeinde berücksichtigt werden. Entscheidet sich eine Gemeinde für eine PPP-Abwicklungsform im kommunalen Straßenunterhalt, so kann die Gemeinde meist ihre bestehenden Basisausgaben im Straßenunterhalt nicht direkt auf Null reduzieren. So können beispielsweise langjährige Mitarbeiter nicht sofort gekündigt bzw. in andere Abteilungen versetzt oder Gebäude und Inventargegenstände, die von anderen Abteilungen ebenfalls genutzt werden, nur bedingt veräußert bzw. vermietet werden. Zusätzlich

fallen der Gemeinde durch die PPP neue Ausgaben an, wie z. B. für die Ausschreibung und Vergabe von PPP-Leistungen oder den erhöhten Steuerungs- und Kontrollaufwand während der Partnerschaft.

Bei einer Wirtschaftlichkeitsanalyse einer Aufgabenerfüllungs-PPP wird eine zweifache Langzeitbetrachtung wie folgt angestellt:

- 1. Langzeitphase mit Etablierungs- und Routinephase
 - 2. bis m. Langzeitphase mit ausgedehnter Routinephase
- Um die Vergleichbarkeit beider Langzeitphasen sicherzustellen wird angenommen, dass beide Perioden die gleiche Laufzeit haben. Zum Vergabezeitpunkt der 1. Langzeitphase wird die Wirtschaftlichkeit für beide Langzeitphasen antizipiert und überprüft. Nur wenn der Net-Present-Value der 1. und der 2. PPP-Langzeitphase günstiger ist als der Net-Present-Value der PS-Abwicklungsform, wird die PPP-Abwicklungsform als insgesamt günstiger angesehen. Die Ausgabenstrukturen in der 1. bzw. 2. - m. PPP-Langzeitphase sind in **Bild 5** dargestellt.

Die 1. PPP-Langzeitphase wird in Etablierungs- und Routinephase untergliedert. Wenn eine Gemeinde/Stadt den kommunalen Straßenunterhalt von traditioneller Eigenleistung auf einen PPP-Straßenunterhalt umstellt, muss die bestehende Organisations- und Leistungsstruktur einer radikalen Reorganisation unterzogen werden, in dieser Zeit werden zusätzliche Übergangsausgaben anfallen.

Ab der 2. PPP-Langzeitphase ist davon auszugehen, dass die Ausgaben der Übergangsphase für Personalanpassungen, Mieten bzw. Finanzierungen von Inventar und Gebäude nicht mehr anfallen.

Der PPP-Net-Present-Value gemäß NPV-Systemvariante B für die 1. bzw. 2. PPP-Langzeitphase über die Zeitspanne $t = 1$ bis $t = n$ ergibt sich entsprechend der in Bild 5 dargestellten Ausgabenstruktur wie folgt:

$$NPV_{t_B}^{PPP,I/II} = \sum_{t=1}^n \left(C_0^{PPP,I/II} \right)^T \cdot \left(NDF_t^{PPP,I/II,\mu} \right)$$

$$\text{mit: } \left(C_0^{PPP,I/II} \right) = \begin{pmatrix} A_0^{PPP,a} \\ R_0^{PPP,b} \\ P_0^{PPP,Proj} \\ R_0^{PPP,Proj} \\ R_0^{PPP,E} \end{pmatrix}$$

$$\text{und } \left(NDF_t^{PPP,I/II,\mu} \right) = \frac{(1 + \mu)^t}{(1 + q)^{(t-t_B)}}$$

$NPV_{t_B}^{PPP,I/II}$: Net-Present-Value der 1. bzw. 2. PPP-Langzeitphase bezogen auf den Zeitpunkt t_B

$\left(C_0^{PPP,I/II} \right)$: Vektor der Cash-Drain-Anteile der 1. bzw. 2. PPP-Langzeitphase im Jahr $t = 0$

$A_0^{PPP,a}$: Ausgaben a der PPP-Abwicklungsform im Jahr $t = 0$

1. PPP-Langzeitphase:
a = {Transaktion, Übergangsausgaben, Steuerung, Unternehmerpreise}

2. PPP-Langzeitphase:
a = {Transaktion, Steuerung, Unternehmerpreise}

$R_0^{PPP,b}$: Risikokosten b der PPP-Abwicklungsform im Jahr $t = 0$

b = {verbleibende Risiken, neue Risiken}

$P_0^{PPP,Proj}$: Projektausgaben der PPP-Abwicklungsform im Jahr $t = 0$

$R_0^{PPP,Proj}$: Projektrisiken der PPP-Abwicklungsform im Jahr $t = 0$

$R_0^{PPP,E}$: Einmalige Risiken der PPP-Abwicklungsform im Jahr $t = 0$

$\left(NDF_t^{PPP,I/II,\mu} \right)$: Vektor der Nettodiskontierungsfaktoren μ

($\mu = \{\text{Lohn, Produktion, ...}\}$) für das Jahr t

μ : Ausgabensteigerungsindex μ ($\mu = \{\text{Lohn, Produktion, ...}\}$)

q : Diskontierungszinssatz

t : Laufzeitindex

t_B : Referenz-/Bezugszeitpunkt der Betrachtung

n : Letztes Jahr des Betrachtungszeitraums

7 Berechnung der Risikokosten

Die Risiken, welche die Gemeinden/Städte bei PS- und PPP-Abwicklungsformen tragen, müssen gemäß vertraglicher Risikoverteilung getrennt, gemeindespezifisch im Rahmen des Wirtschaftlichkeitsvergleichs analysiert werden. Einen Teil der Risiken des Straßenunterhalts werden die Gemeinden in jedem Fall zu tragen haben (verbleibende Risiken), durch die PPP entstehen aber auch neue Risiken für die Gemeinde, z.B. durch Insolvenz des Partners.

Risiken werden in der Projektabwicklung und in der strategischen Unternehmensführung üblicherweise in Form von Risikokosten berücksichtigt. Daher wird bei dem hier vorgestellten Wirtschaftlichkeitsanalysemodell auf diesen Begriff und die damit verbundenen Überlegungen zur Risikobetrachtung zurückgegriffen. Da davon ausgegangen werden kann, dass die betrachteten Risiken für die Gemeinden zu Ausgaben in Höhe der Risikokosten führen (in diesem Fall: Ausgaben = Kosten), können die Risikokosten wie Ausgaben in die NPV-Berechnung einfließen.

Für die Berechnung der Risikokosten wird auf weiterführende Literatur zu diesem Thema [5], [8] sowie das Forschungsprojekt „Risikomanagement bei PPP-Unterhaltsprojekten kommunaler Straßennetze“ des Instituts für Bauplanung und Baubetrieb der ETH Zürich verwiesen.

8 Wirtschaftlichkeitsvergleich mittels NPV-Differenz- und NPV-Effizienzaxiom

Zur Bestimmung der Wirtschaftlichkeit einer PPP-Abwicklungsform (in Kooperation mit Privatem) gegenüber der PS-Abwicklungsform (Eigenleistung) werden die folgenden beiden Axiome eingeführt:

- Net-Present-Value-Differenzaxiom als notwendige Bedingung
- Net-Present-Value-Effizienzaxiom als hinreichende Bedingung

In allen Stufen der Initiierung einer PPP, d.h. in der Konzept- und Ausschreibungsphase muss der positive Nachweis erbracht werden, dass die PPP-Abwicklungsform günstiger gegenüber der PS-Abwicklungsform ist. Daher wird im Net-Present-Value-Differenzaxiom die Differenz der Net-Present-Values zwischen Eigenleistung und Kooperationsleistung gebildet. Die **notwendige Bedingung** ist erfüllt, wenn die Net-Present-Value-Differenz zwischen beiden Abwicklungsformen **positiv** ist, d.h. die Eigenleistung ist teurer. Die Net-Present-Value-Differenz kann als Einsparung der Gemeinde über die gesamte Laufzeit der PPP, abgezinst auf den Zeitwert des Referenz- bzw. Betrachtungszeitpunktes (t_B), interpretiert werden. Dieser Betrachtungszeitpunkt wird meist auf den Entscheidungszeitpunkt für eine PPP gelegt.

Ist die Net-Present-Value-Differenz positiv, als notwendige Entscheidungsbedingung, sagt dies jedoch noch nichts aus über die erzielte durchschnittliche prozentuale Einsparung über die Laufzeit der PPP, bezogen auf den Referenz- bzw. Betrachtungszeitpunkt (t_B).

Daher wird als **hinreichende Bedingung** die Bewertung der Effizienz über die Laufzeit der PPP vorgenommen mittels Net-Present-Value-Effizienzaxiom als spezifischer von der Gemeinde festzulegender Bewertungs- und Entscheidungsmaßstab.

Mit dem Net-Present-Value-Effizienzaxiom als hinreichender Bedingung kann man den finanziellen Effizienzgewinn beurteilen. Der Net-Present-Value-Effizienzindex setzt sich aus dem Quotient von Net-Present-Value-Differenz und dem Net-Present-Value der PS-Abwicklungsform als Bezugsgröße der Gemeinde zusammen. Durch Bezug auf den Kapitalwert ist bereits der zeitliche Bezug durch Teuerung, Realzinsen, etc. berücksichtigt.

Net-Present-Value-Differenzaxiom

Net-Present-Value-Differenz über die gesamte Laufzeit, bezogen auf den Betrachtungszeitpunkt t_B unter Beachtung der beiden Langzeitphasen:

$$\Delta NPV_{t_B}^{PSC-PPP} = NPV_{t_B}^{PSC} - \text{Max}(NPV_{t_B}^{PPP,I}; NPV_{t_B}^{PPP,II})$$

$$\Delta NPV_{t_B}^{PSC-PPP} > 0 \text{ notwendige Bedingung}$$

Net-Present-Value-Effizienzaxiom

Der **totale Net-Present-Value-Effizienzindex** ist die relative Net-Present-Value-Differenz über die gesamte Laufzeit, bezogen auf den Betrachtungszeitpunkt t_B unter Beachtung der beiden Langzeitphasen bezogen auf den PSC-Net-Present-Value:

$$NPVE_{t_B}^{PSC-PPP} = \frac{\Delta NPV_{t_B}^{PSC-PPP}}{NPV_{t_B}^{PSC}} \cdot 100 \text{ [%]}$$

$$NPVE_{t_B}^{PSC-PPP} = \left[1 - \frac{\text{Max}(NPV_{t_B}^{PPP,I}; NPV_{t_B}^{PPP,II})}{NPV_{t_B}^{PSC}} \right] \cdot 100 \text{ [%]}$$

$$NPVE_{t_B}^{PSC-PPP} \geq x_2 \text{ [%] hinreichende Bedingung}$$

$NPVE_{t_B}^{PSC-PPP}$: Total-NPV-Effizienzindex einer PPP- gegenüber einer PS-Abwicklung über die gesamte Laufzeit $t = 1$ bis $t = n$

$\Delta NPV_{t_B}^{PSC-PPP}$: Net-Present-Value-Differenz zwischen einer PPP- und einer PS-Abwicklung bezogen auf den Zeitpunkt $t = t_B$

$NPV_{t_B}^{PSC}$: Net-Present-Value der PS-Abwicklungsform bezogen auf den Zeitpunkt $t = t_B$

$NPV_{t_B}^{PPP,I}$: Net-Present-Value der PPP-Abwicklungsform in der 1. Langzeitphase bezogen auf den Zeitpunkt $t = t_B$

$NPV_{t_B}^{PPP,II}$: Net-Present-Value der PPP-Abwicklungsform in der 2. Langzeitphase bezogen auf den Zeitpunkt $t = t_B$

n : Letztes Jahr des Betrachtungszeitraums

t_B : Referenz-/Bezugszeitpunkt der Betrachtung

x_2 : Minimeffizienzindex in [%] – wird von der Gemeinde festgelegt

Wird sowohl die notwendige Bedingung (NPV-Differenzaxiom), als auch die hinreichende Bedingung (NPV-Effizienzaxiom) erfüllt, so ist eine Umstellung des Straßenunterhalts von öffentlicher Eigenleistung auf eine PPP-Abwicklung als wirtschaftlich sinnvoll anzusehen.

9 Probabilistische Berechnung der Net-Present-Value-Differenz

Die Eingangsgrößen des Wirtschaftlichkeitsvergleichs wie Ausgaben, Einnahmen, Risikokosten sowie der Diskontierungssatz und die Ausgabensteigerungsindizes schwanken aufgrund von natürlichen oder anthropogenen Einflüssen in gewissen Grenzen mit einem meist ausgeprägten Erwartungswert. Die deterministische Vorgehensweise liefert lediglich einen Erwartungswert, jedoch keine Angaben über die Bandbreite in der die Ergebnisse schwanken können. Die probabilistische Berechnung der Net-Present-Value-

Value-Differenz kann mit Hilfe des Monte Carlo Sampling Verfahrens oder des Latin Hypercube Sampling Verfahrens erfolgen. Bei diesen Verfahren werden jeweils die Eingangsgrößen der NPV-Berechnung gemäß einer durch Minimal-, Maximal- und Erwartungswert der einzelnen Parameter definierten Dichtefunktion zufällig variiert [9]. Als Dichtefunktion kann z.B. eine BetaPERT-Verteilung (Bild 6) oder eine Dreiecksfunktion herangezogen werden. Die Berechnung erfolgt in einer großen Anzahl von Simulationsläufen, in denen jeweils ein möglicher Wert der NPV-Differenz ermittelt wird. Die Gesamtheit der Ergebnisse der Simulationsläufe ergibt dann wiederum eine Dichte- und Verteilungsfunktion aus denen die Bandbreite der möglichen Ergebnisse und die Wahrscheinlichkeit einer positiven bzw. negativen Net-Present-Value-Differenz abgelesen werden kann [5], [8].

Für eine Dreiecks- oder BetaPERT-Dichtefunktion der Cash-Drain-Elemente, der Ausgabensteigerungsindizes sowie des Diskontierungssatzes gilt:

$$f(C^{k,c}) = \text{Dreieck}\{C_{\min}^{k,c}, C_{EW}^{k,c}, C_{\max}^{k,c}\}$$

bzw. $f(C^{k,c}) = \text{BetaPERT}(C_{\min}^{k,c}, C_{EW}^{k,c}, C_{\max}^{k,c})$

$$f(\mu I^k) = \text{Dreieck}\{\mu I_{\min}^k, \mu I_{EW}^k, \mu I_{\max}^k\}$$

bzw. $f(\mu I^k) = \text{BetaPERT}(\mu I_{\min}^k, \mu I_{EW}^k, \mu I_{\max}^k)$

$$f(q) = \text{Dreieck}\{q_{\min}, q_{EW}, q_{\max}\}$$

bzw. $f(q) = \text{BetaPERT}(q_{\min}, q_{EW}, q_{\max})$

mit: $C_{\min}^{k,c} \leq C_{EW}^{k,c} \leq C_{\max}^{k,c}, \mu I_{\min}^k \leq \mu I_{EW}^k \leq \mu I_{\max}^k, q_{\min} \leq q_{EW} \leq q_{\max}$

Die dazugehörigen Verteilungsfunktionen:

$$F(C^{k,c}, \mu I_k, q) = \int_{\min}^{\max} f(C^{k,c}, \mu I^k, q) d(C^{k,c}, \mu I^k, q)$$

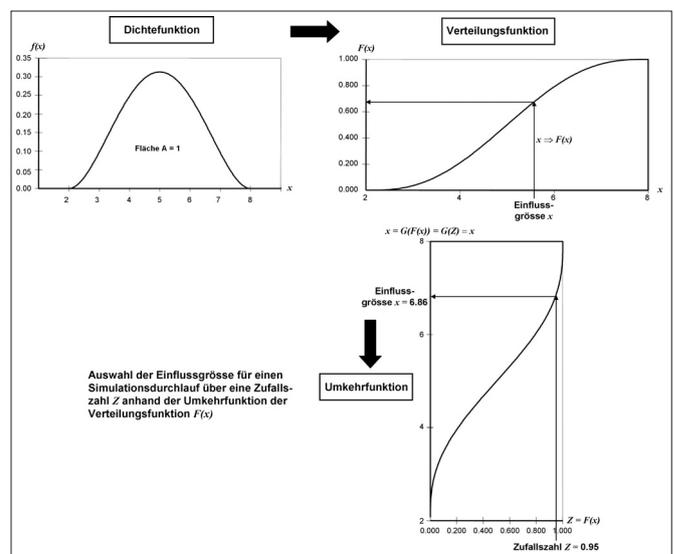


Bild 6. Dichte-, Verteilungs- und Umkehrfunktion einer BetaPERT-Verteilung
Fig. 6. Density, distribution and inverse function of a BetaPERT-distribution

Die Werte bzw. Ausprägungen der Cash-Drain-Elemente C, Ausgabensteigerungselemente μI und des Diskontierungselements q mit den Verteilungsfunktionen F(C), F(μI), F(q) werden im Simulationslauf v aus der jeweiligen Umkehrfunktion $G(F(C))$, $G(F(\mu I))$, $G(F(q))$ [5], [8] mittels Zufallszahlen Z_C , $Z_{\mu I}$, Z_q bestimmt:

Cash-Drain aus Ausgaben und sekundäre Einnahmen im Simulationslauf v :

462

$$C_{t,v}^{k,c} = \left\{ C_{t,v}^{k,c} \mid C_{t,v}^{k,c} = G\left(Z_{C_{t,v}^{k,c}}\right) \text{ mit } Z_{C_{t,v}^{k,c}} = \left\{ Z_{C_{t,v}^{k,c}} \in \mathbb{R} \mid \left(0 \leq Z_{C_{t,v}^{k,c}} \leq 1\right) \right\} \right\}$$

Ausgabensteigerungsindexfunktion im Simulationslauf v :

$$\mu I_v^k = \left\{ \mu I_v^k \mid \mu I_v^k = G\left(Z_{\mu I_v^k}\right) \text{ mit } Z_{\mu I_v^k} = \left\{ Z_{\mu I_v^k} \in \mathbb{R} \mid \left(0 \leq Z_{\mu I_v^k} \leq 1\right) \right\} \right\}$$

Diskontierungsfunktion im Simulationslauf v :

$$q_v = \left\{ q_v \mid q_v = G\left(Z_{q_v}\right) \text{ mit } Z_{q_v} = \left\{ Z_{q_v} \in \mathbb{R} \mid \left(0 \leq Z_{q_v} \leq 1\right) \right\} \right\}$$

Net-Present-Value-Differenz im Simulationslauf v :

$$\Delta NPV_{t_B,v}^{PSC-PPP} = \sum_{t=1}^n \left[\sum_c C_{0,v}^{PSC,c} \cdot \frac{(1 + \mu I_v^{PSC})^t}{(1 + q_v)^{(t-t_B)}} - \sum_c C_{0,v}^{PPP,c} \cdot \frac{(1 + \mu I_v^{PPP})^t}{(1 + q_v)^{(t-t_B)}} \right]$$

Die Dichtefunktion der Net-Present-Value-Differenz ist somit:

$$f\left(\Delta NPV_{t_B,v}^{PSC-PPP}\right) = f\left(\Delta NPV_{t_B,EW}^{PSC,PPP}; \sigma_{PSC-PPP}^2\right) \Big|_{v \leq \infty}$$

Die Verteilungsfunktion der Net-Present-Value-Differenz ist somit:

$$F\left(\Delta NPV_{t_B,v}^{PSC-PPP}\right) = \int_{\Delta NPV_{min}}^{\Delta NPV_{max}} f\left(\Delta NPV_{t_B,EW}^{PSC,PPP}; \sigma_{PSC-PPP}^2\right) d(\Delta NPV) \Big|_{v \leq \infty}$$

- $C^{k,c}$: Cash-Drain-Element c der Abwicklungsform k
- k : Abwicklungsform $k = (PSC \vee PPP)$
- c : Cash-Drain-Elemente
 $c = \{\text{betrieblicher Unterhalt, baulicher Unterhalt, Werkhof, Verwaltung, ...}\}$
- $f(C^{k,c}, \mu I^k, q)$: Dichtefunktion von $C^{k,c}$ bzw. μI^k bzw. q
- $F(C^{k,c}, \mu I^k, q)$: Verteilungsfunktion von $C^{k,c}$ bzw. μI^k bzw. q
- $C_{min}^{k,c} / \mu I_{min}^k / q_{min}$: Minimaler Wert von $C^{k,c} / \mu I^k / q$
- $C_{EW}^{k,c} / \mu I_{EW}^k / q_{EW}$: Erwartungswert von $C^{k,c} / \mu I^k / q$
- $C_{max}^{k,c} / \mu I_{max}^k / q_{max}$: Maximaler Wert von $C^{k,c} / \mu I^k / q$
- $C_{t,v}^{k,c}$: Cash-Drain-Element c der Abwicklungsform k im Simulationslauf v zum Zeitpunkt t
- μI_v^k : Ausgabensteigerungsindexfunktion μ der Abwicklungsform k im Simulationslauf v
- q_v : Diskontierungsfunktion im Simulationslauf v
- $\Delta NPV_{t_B,v}^{PSC-PPP}$: Net-Present-Value-Differenz bezogen auf den Zeitpunkt t_B im Simulationslauf v
- $\Delta NPV_{t_B,EW}^{PSC-PPP}$: Erwartungswert der Net-Present-Value-Differenz bezogen auf den Zeitpunkt t_B
- $\sigma_{PSC-PPP}^2$: Standardabweichung der Net-Present-Value-Differenz
- $Z_{C_{t,v}^{k,c}}$: Zufallszahl für die Cash-Drain-Funktion $C_{t,v}^{k,c}$
- $Z_{\mu I_v^k}$: Zufallszahl für Ausgabensteigerungsindexfunktion μI_v^k
- Z_{q_v} : Zufallszahl für die Diskontierungsfunktion q_v
- v : Simulationslauf/Szenario v

In Bild 7 ist exemplarisch das Ergebnis einer probabilistischen Berechnung der NPV-Differenz dargestellt. In diesem Fall ergibt sich ein Erwartungswert der Einsparung einer PPP-Abwicklung von 1.103.915 CHF. Aus der Verteilungsfunktion kann abgelesen werden, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 63.02% eine Einsparung gegenüber der Abwicklung des Straßenunterhalts in Eigenleistung der Gemeinde zu erwarten ist.

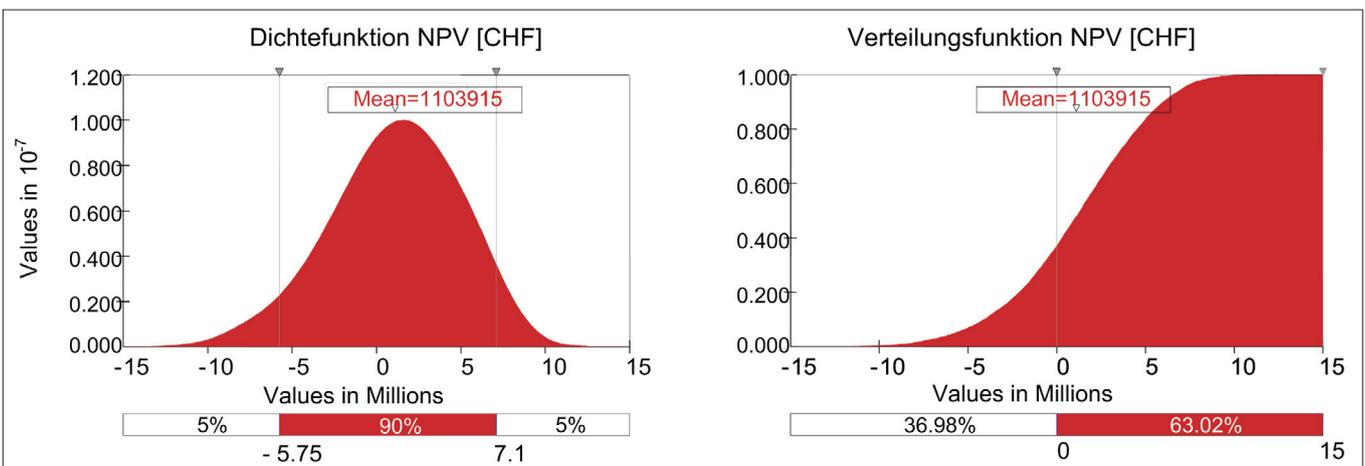


Bild 7. Ergebnis einer probabilistischen Berechnung der NPV-Differenz
 Fig. 7. Results of a probabilistic calculation of the NPV-difference

10 Fazit

Die Entscheidung den Straßenunterhalt im Rahmen einer Public Private Partnership abzuwickeln hat für eine Gemeinde weit reichende Folgen. Einmal abgebaute Kapazitäten, verbunden mit dem Verlust an Know-How können nur schwer wieder aufgebaut werden. Dies sollte eine Gemeinde aber nicht davon abhalten, die Möglichkeit einer wirtschaftlicheren Abwicklung des Straßenunterhalts zu prüfen und gegebenenfalls auch umzusetzen. Der verantwortliche Umgang mit Steuergeldern macht es erforderlich vor einer solchen Entscheidung eine verlässliche Prognose bzw. Berechnung der Wirtschaftlichkeit durchzuführen, und daraus die entsprechenden Konsequenzen zu ziehen. Das Net-Present-Value-Differenzaxiom in Verbindung mit dem Net-Present-Value-Effizienzaxiom bietet die Möglichkeit auf Grundlage einer klaren Systemabgrenzung eine umfassende Wirtschaftlichkeitsanalyse der alternativen Abwicklungsformen anzustellen. Dazu ist es erforderlich die Ausgaben des bisherigen Straßenunterhalts durch die Gemeinde möglichst genau zu erfassen und verlässliche Werte für die Ausgaben einer PPP-Abwicklung anzusetzen. Die weiterhin bestehenden Unsicherheiten werden durch den probabilistischen Ansatz der NPV-Berechnung sowie die mit einzubeziehenden Risikokosten abgefangen.

Literatur

- [1] *Treasury Taskforce Private Finance*: Technical Note No. 5, How to construct a Public Sector Comparator. Office of the Deputy Prime, PFI Published Guidances. 2005
- [2] *Girmscheid, G.*: Forschungsmethodik in den Baubetriebswissenschaften. Eigenverlag des IBB, ETH Zürich, Zürich, 2004
- [3] *Lücke, W.*: Investitionsrechnung auf der Grundlage von Ausgaben oder Kosten? In: *ZfhF*, 1955, S. 310ff
- [4] *Thommen, J. P.*: Betriebswirtschaftslehre, Band 2. Verlag Hans Schellenberg, Winterthur, 1996
- [5] *Girmscheid, G.*: Kommunale Strassennetze in der Schweiz: Formen neuer Public Private Partnership (PPP) – Kooperationen für den Unterhalt, Teil C: Wirtschaftlichkeit. Forschungsbericht, Institut für Bauplanung und Baubetrieb, ETH Zürich, 2006
- [6] *Jacob, D.*: Erstellung eines Gerüsts für einen Public Sector Comparator bei 4 Pilotprojekten im Schulbereich. Forschungsendbericht, Technische Universität Bergakademie Freiberg, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Freiberg, 2003
- [7] *Merna, T.; Owen, G.*: Understanding the Private Finance Initiative, The New Dynamics of Project Finance. Asia Law & Practice Publishing Ltd., Hong Kong, 1998
- [8] *Girmscheid, G., Busch, T.*: Ganzheitliches Risikomanagement in Generalunternehmungen. Institut für Bauplanung und Baubetrieb, ETH Zürich, 2003
- [9] *Curran, M. W.*: Range Estimating – Measuring Uncertainty and Reasoning with Risk. In: *Cost Engineering*, Vol. 31, Nr. 3, 1989, S. 18–26

Persönliches

75 Jahre Professor Stein

Seine Arbeitsgebiete sind vielfältig und sehr verschieden. Es gibt den erfolgreichen Hochschullehrer Prof. Stein, der national und international vielfach ausgezeichnet wurde, den Bau- und Prüflingenieur und ehemaligen Mitherausgeber des Bauingenieurs und den Ausstellungsmacher mit der von ihm entworfenen Leibnizausstellung.

Vier Ehrendoktorwürden an namhaften Universitäten sowie die Verleihung der Gauß-Newton Medaille durch die International Association Computational Mechanics zeugen von nationaler und internationaler Anerkennung seiner wissenschaftlichen Leistungen auf dem Gebiet der Computational Mechanics, die im Spannungsfeld zwischen Mechanik und Mathematik angesiedelt sind. Durch die Forderung und Förderung seiner Mitarbeiter hat E. Stein eine Schule geschaffen, aus der bis jetzt über 10 Universitätsprofessoren hervorgegangen sind. Neben den wissenschaftlichen Arbeiten und den daraus resultierenden Meriten gibt es noch weitere Felder zu nennen, in denen sich E. Stein erfolgreich engagiert. Hier sei zunächst seine Gremienarbeit in der Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik genannt, die im Einklang mit wissenschaftlichen Aktivitäten die Zusammenarbeit zwischen Mathematikern und Mechanikern pflegt. Weiterhin sind seine Aktivitäten im europäischen Raum zu nennen. Lange Jahre war E. Stein Vorsitzender des European Committee for Computational Solid & Structural Mechanics (ECCSM) in der ECCOMAS. Dies ließ ihn zu einem gefragten Berater in internationalen Angelegenheiten der Computational Mechanics werden.

Als Bau- und Prüflingenieur hat E. Stein von 1972 bis zu seinem altersbedingten Ausscheiden in 1999 an vielen Großbauten in Hannover entscheidend mitgewirkt. Hier sind die Hallen der Hannover Messe AG und der Deutsche Pavillon der Expo 2000 zu nennen. Er war von 1985 bis 2004 Mitherausgeber der Zeitschrift „Bauingenieur“ und dort für den Bereich Struktur- und Numerische Mechanik und für die Computerwissenschaften verantwortlich.

Seit 1990 hat sich E. Stein ein weiteres Arbeitsfeld erschlossen, in dem er sich mit dem Universalgenie Leibniz beschäftigt. Die von ihm entworfene Leibnizausstellung „Gottfried Wilhelm Leibniz – seiner Zeit weit voraus – Philosoph, Mathematiker, Physiker und Techniker“ ist seit 1990 acht mal an verschiedenen Orten im In- und Ausland präsentiert worden und es besteht weiter großes Interesse und große Nachfrage. Auch in diesem Gebiet wurde Prof. Stein forschend tätig und hat zusammen mit Prof. K. Popp in einem DFG-Projekt eine funktionstüchtige dezimale Vier-Spezies-Rechenmaschine erstellt. Für diese Leistung wurde E. Stein im Jahre 2005 mit dem „Von-Kaven-Förderpreis Mathematik“ für Instrumentale Mathematik der DFG ausgezeichnet.

Mit dem 175 jährigen Bestehen der Universität Hannover ging ein Namenswechsel einher, an dem Prof. Stein nicht ganz unbeteiligt war. Die enge Verbundenheit von Leibniz und Hannover wurde zum Anlass genommen, die Universität Hannover in Leibniz Universität Hannover umzubenennen. Ganz im Sinne von „*theoria cum praxi*“ und „*commune bonum*“, Leitsätze, die auch den Lebensweg von E. Stein leiten.