

# Holistisch kybernetisches Kostensteuerungsprozessmodell – Projektentwicklungsphase

G. Girmscheid

**Zusammenfassung** Die Kostensteuerung in Bauprozessen ist die Grundlage für eine erfolgreiche Investition in bauliche Anlagen. Fehlschläge in der Praxis zeigen deutlich, dass eine umfassende Betrachtung der Kostensteuerung unumgänglich ist, um den angezielten Erfolg zu erreichen. In diesem Beitrag wird ein holistisch probabilistisches Kostensteuerungsprozessmodell vorgestellt. Dieses Kostensteuerungsprozessmodell geht von der anvisierten Rendite bzw. dem Nutzen aus, den eine Immobilie, ein Bauwerk oder eine Infrastruktur im Lebenszyklus erzeugen soll. Aus der anvisierten Rendite, Marktmiete, Flächennutzung und dem Systemstandard wird über eine lebenszyklusorientierte Betrachtung unter Beachtung der Unterhalts- und Betriebskosten die Investitionsgröße ermittelt. Darauf aufbauend erfolgt die Kostensteuerung in den Projektphasen unter Beachtung der Bedingungsgrößen Rendite, Systemstandard und Flächennutzung zur markt- und kostenorientierten Entwicklung einer baulichen Anlage bis zur Fertigstellung. Mit Hilfe dieses mathematisch strukturierten Modells lässt sich „Design to Cost“ realisieren, aber unter konsequenter Erfüllung der Systemstandards (Funktion, Qualität), der Flächennutzung und Rendite. Somit wird nicht nur die Kostenseite betrachtet, wie dies heute üblich ist, sondern immer gleichzeitig die Marktseite der Immobilie. Das Modell ist in zwei Teile gegliedert. Dieser Beitrag behandelt die Projektentwicklungsphase und ein weiterer Beitrag die Projektphasen von der Vorplanung bis zur Ausführung und Projektfertigstellung.

## Holistic cybernetic construction cost control model – project development

**Abstract** Managing costs in construction processes is fundamentally important for successful investments in building structures. Flops in practice clearly show that a comprehensive analysis of costs is absolutely crucial to achieve the targeted success. This paper presents a holistic, probabilistic cost control model. The cost control model is based on the targeted yield or benefit to be generated by a property, structure or infrastructure. Using life cycle-oriented analysis that takes account of maintenance and operating costs, the investment volume is calculated on the basis of the targeted yield, market rental, space utilization and system standard. This forms the basis for the management of costs in the project phases, taking account of the condition variables,

**Prof. Dr.-Ing. Gerhard Girmscheid**

M.ASCE, John O. Bickel Award 2004 und 2005  
Professor für Bauprozess- und Bauunternehmensmanagement  
Vorsteher Institut für Bauplanung und Baubetrieb  
ETH Zürich  
CH-8093 Zürich  
girmscheid@ibb.baug.ethz.ch  
Tel. (+41) 44 633 3787  
Fax (+41) 44 633 1088

yield, system standard and space utilization to the market-oriented and cost-oriented development of a building structure up to its completion. “Design for cost” can be realized using this mathematically structured model, but it also consistently adheres to the system standards (function, quality), space utilization and yield. As such, not only the cost side is analyzed, as is generally the case today, but the market side of the property is also always studied at the same time.

The model is divided into two parts. This paper addresses the project development phase, while a further paper deals with the project phases from preliminary planning to execution and completion of the project.

## 1 Einleitung

Die heutige Baupraxis ist immer wieder durch Kostenüberschreitungen gekennzeichnet. Ursprüngliche Investitionsziele des Bauherrn werden im Lauf des Bauprozesses oft sukzessive überschritten, ohne dass frühzeitig eine Analyse hinsichtlich der Beeinflussung bzw. Gefährdung der Renditeziele erfolgt. Dies trifft nicht nur bei Kleinprojekten, sondern auch bei vielen Großprojekten von privaten wie auch öffentlichen Investoren zu [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7].

Besonders bei Großprojekten sollte man annehmen dürfen, dass aufgrund der Konzentration von Spezialisten – einschließlich Projektsteuerern – solche Kostenüberschreitungen nicht eintreten sollten. Sicherlich gibt es professionelle Bauherren und Projektsteuerer, die das Instrumentarium und die formale und/oder intuitive Fähigkeit haben, Projekte so zu steuern, dass man von einem Target-Costing-Prozess sprechen kann.

In der baubetrieblichen Forschung und Praxis sind keine holistischen, kybernetischen Kostensteuerungsprozessmodelle bekannt, die, ausgehend von den prognostizierten lebenszyklusorientierten Mieteinnahmen und Betriebs- sowie Unterhaltskosten, die Investitionskosten über den gesamten Bauprozess unter Beachtung der Systemanforderung, die dem Mietniveau zugrunde liegt, zielorientiert steuern.

Die Rolle der Bauwirtschaft – besonders der Projektentwickler, Totalunternehmer und Systemanbieter – muss es jedoch sein, den Bauherrn mit einem klaren, transparenten, holistischen Kostensteuerungsprozess in allen Entscheidungen zu führen und die Konsequenzen hinsichtlich Investitionskosten und Wertminderung bzw. Wertsteigerung, besonders bezüglich der Rendite bei Änderungen der Anforderungen/Ansprüche, über den Lebenszyklus aufzuzeigen.

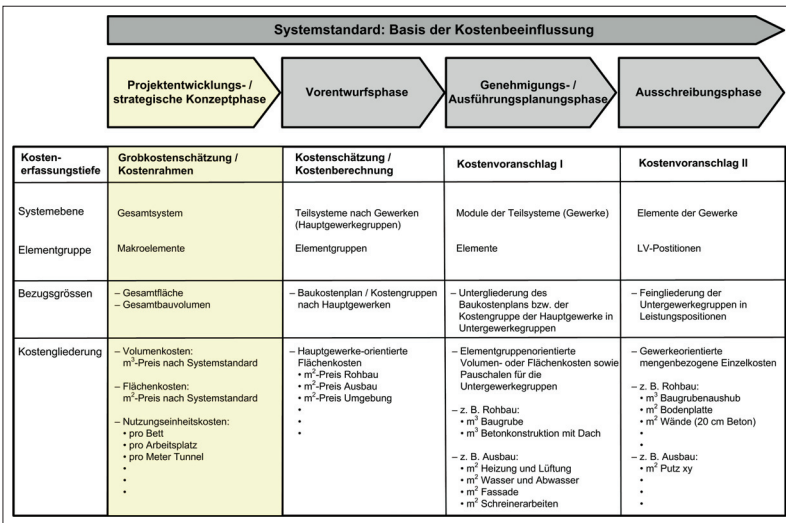


Bild 1. Kybernetischer Kostenstrukturplan  
Fig. 1. Cybernetic cost structure schedule

2 Stand der Praxis und Forschung

In der Praxis gibt es klare Gliederungsstrukturen, um darauf ein kybernetisches, mathematisch ausgerichtetes Kostensteuerungsprozessmodell aufzubauen. Solche Gliederungsstrukturen dienen zur sequenziellen, sich verdichtenden Kostenermittlung in den Projektphasen gemäß dem Immaterialitätsgrad und der Entwicklung des Detaillierungsgrads des Bauprojekts von der Grob- zur Feingliederung. Basis der Kostenermittlung in allen Phasen sind Flächen- und Volumendimensionen sowie Mengen. Die phasenorientierte Kostenermittlung hat den in Bild 1 dargestellten Verdichtungsgrad. Sie ist meist in nationalen Vorschriften wiedergegeben, wie z. B.:

- Kostenbezugsgrößen (Flächen- und Rauminhalte)
  - DIN 277 Teil 1 [8] und Teil 2 [9]
  - SIA 416 [10]
- Baukostengliederung
  - DIN 276 [11]
  - SN 506500 [12] und SN 506502 [13]
- Betriebskostengliederung
  - DIN 18960 [14], DIN 32736 [15], GEFMA 200 [16]
  - SIA Dokumentation d 0165 [17]
- Baukostenkennwerte (Volumen-Elementkosten)
  - Baukostenkennwert-Katalog (BKK) [18]
  - Standard-Analysen SBV [19]
- Betriebskostenkennwerte
  - liegen bei den Eigenbesitzern und Betreibern von baulichen Anlagen zum Teil vor

Meyer-Meierling [20] hat die Struktur einer solchen Baukostenermittlung für die Praxis unter Berücksichtigung der Schweizer Normen zusammenhängend vom Groben zum Feinen dargestellt.

Den Begriff der Kostensteuerung sucht man in den üblichen Standardwerken der betriebswissenschaftlichen Begriffsdefinition vergeblich. Dieser Begriff wird inhaltlich lediglich im Zusammenhang mit Kostenplanung, Kalkulation oder Controlling verwendet; es findet jedoch keine ausführliche separate Begriffsdefinition und Beschreibung in der allgemeinen betriebswirtschaftlichen Literatur statt [23], [24].

Die Baubetriebswissenschaften beschäftigen sich jedoch schon seit einigen Jahren spezifisch mit dem Thema der Kostenplanung und -steuerung in den Bauprozessen. Der

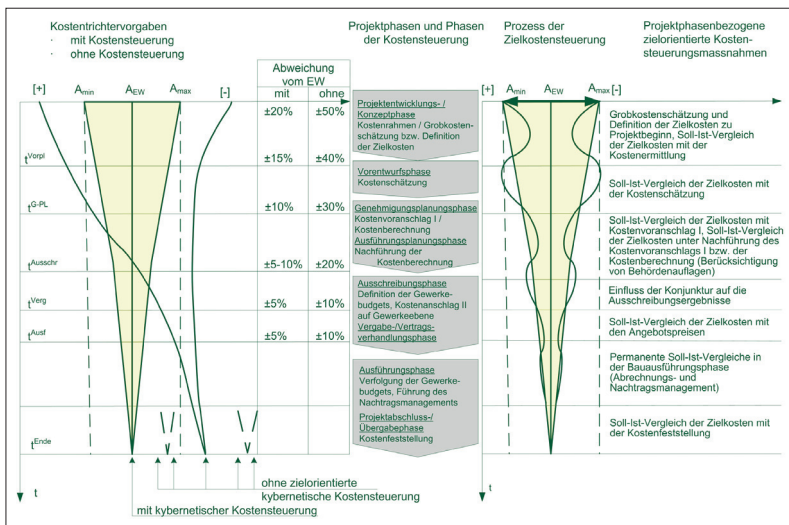
Hintergrund ergibt sich aus den vielen Kostenüberschreitungen in der Baupraxis. Koll [25] stellt allgemeine Überlegungen zum Kostenmanagement in Großprojekten anhand eines anspruchsvollen Beispiels an. Gressler [26] beschäftigt sich mit dem Kostenrisiko und wie es durch eine tiefgreifende Strukturierung in Einzelkostenbestandteile eingegrenzt werden kann. Boenert et al. [27] und Siemon [28] gehen von der systematischen Kostenstruktur der DIN 276 aus und stellen Überlegungen zur Zielkostenplanung im Bauprozess an.

Seifert und Preussner [29] erläutern die DIN 276 als Grundlage der Kostenplanung sowie deren Anwendung. Diederichs [30] setzt sich mit der Kostensicherheit im Hochbau auseinander.

Weeber und Bosch [31], [32] zeigen die Wechselwirkung zwischen Vergabeverfahren, Projektsteuerung, Planung, Ausschreibung und Bauüberwachung auf die Handhabung der

Kostensteuerung auf. Keller [33] beschäftigt sich hauptsächlich mit der norm- und praxisgerechten Kostenermittlung neben Wirtschaftlichkeitsberechnungen. Das BKI-Handbuch [34], [35] stellt statistisch ermittelte Einheitskosten für verschiedene Aggregationsebenen als wichtige Grundlage für eine systematische Kostenplanung bereit. Damit erhält man Planungskennwerte für Flächen und Rauminhalte nach DIN 276 für verschiedene Gebäudetypen und Bauelemente. Schach [36] erschließt in seinem Werk die Kostenstruktur und vor allem die Kostenfrüherkennung anhand einer Vielzahl von Beispielen. Damit wird sichergestellt, dass die kostenbeeinflussenden Elemente der Planung im Frühstadium der Projektentwicklung und Vorplanung in einem Ursachen-Wirkungsnachweis erkannt und bewertet werden können. Drees und Paul [37] und Girmscheid und Motzko [22] beschäftigen sich mit der Kostenkalkulation. Dabei gehen letztere sowie Girmscheid und Busch [38] besonders auf die Risikobetrachtung von Bauproduktionskosten ein. Blödorn [39] beschreibt eine Kostenkontrollsoftware, gegliedert nach Kostengruppen, Kostenstellen und Kostenträgern für die Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung (AVA). Er beginnt allerdings auf LV-Basis, indem die Informationen ähnlicher Projekte ausgewertet und die Kosten auf das neue Projekt übertragen werden.

Der Stand der Forschung wie die Praxisliteratur konzentrieren sich auf die Frage der Kostenplanung und Erfassung in der Planungs- und/oder Ausführungsphase, jedoch fehlt ein holistisch lebenszyklusorientierter mathematischer Ansatz, der die Kosten probabilistisch von der Projektentwicklung bis zur Fertigstellung steuert und den Bezug zur Marktseite der baulichen Anlage in Bezug zu Systemstandard, Standort, Raumangebot, Mietniveau sowie der Kostenseite über den Lebenszyklus herstellt. Auf einem solchen holistisch kybernetischen Steuerungsprozessmodell können dann die Prozessstrukturen in den Projektphasen angepasst werden, um ein zielorientiertes Ergebnis für den Bauherrn zu erreichen. Daher muss dieses Modell lebenszyklusorientiert sein und von den zukünftig erzielbaren Einnahmen oder dem Nutzen des definierten Systemanforderungsniveaus ausgehen, um daraus die Kostenseite für die Investition und den Betrieb unter Beachtung des Systemanforderungsniveaus zu steuern. Das Modell muss inhärent kybernetisch sein, damit die Kosten in allen



**Bild 2. Prozessphasen der kybernetischen Kostensteuerung und Auswirkungen auf die Kosteneinhaltung**

Fig. 2. Process phases of cybernetic cost control and their effect on the compliance of costs

Phasen des Bauprozesses, in dem die Systemgestaltung stattfindet, zielorientiert gesteuert werden können. Im Nutzungs- und Betriebsprozess können nur noch die Kosten optimiert werden, die das System bereits in einer Bandbreite unabdingbar determiniert.

### 3 Forschungsmethodik

Die hier verwendete Forschungsmethodik bindet sich wissenschaftsphilosophisch in die drei Welten von Popper [40] ein. Die Managementwissenschaften der Baubetriebswissenschaften werden nach Girmscheid [41] der dritten Welt der sozio-technischen Außenwelt zugeordnet. Die Erschließung dieser vom Menschen gestalteten Außenwelt erfolgt mittels des hermeneutischen Wissenschaftsparadigmas (hermeneutische Philosophie). Diesem Paradigma des Verstehens und Gestaltens der Außenwelt, d.h. mit der Baubetriebswissenschaft als Teilmenge, wird der Konstruktivismus [42], [43] wie der Interpretativismus [44] als Forschungsmethodik zur Erschließung und Gestaltung von Wissen hinterlegt. Das holistisch kybernetische Kostensteuerungsprozessmodell wird generisch denklogisch-deduktiv über die Lebenszyklusphasen von Bauprojekten konstruiert. Der denklogisch-deduktiven Gestaltung ist die Ziel-Mittel-Bedingung des Modells generisch hinterlegt. Das generisch systemtheoretische Gestaltungskonzept bilden:

- die Projekt- bzw. Bauwerksphasen,
- das Nutzen-Kostensteuerungskonzept und
- die Dynamik der Erkenntnisvertiefung in den Projektphasen.

Dieses konstruktivistische, holistische, kybernetische Kostensteuerungsprozessmodell wird formalmathematisch unter Berücksichtigung finanzmathematischer Ansätze [45] theoriegeleitet strukturiert.

Die Validierung und Reliabilität des Modells erfolgt durch Triangulation [46] mittels des gewählten theoretischen Bezugsrahmens (Struktur) und durch Realisierbarkeitstest (Ziel-Mittel-Wirkung) in simulierter Anwendung. Das Modell ist somit kybernetisch-systemorientiert gestaltet, indem neben der systemischen Inhaltsgestaltung und Abgrenzung eine dynamische iterative Steuerung durch Regelkreise während den Projektphasen erfolgt. Dieser kybernetische

Prozess innerhalb der sequenziellen Projektphasen ist somit eine Navigation, die dazu dient, in dem dynamischen komplexen System aus Prozess und Gestaltung das angestrebte Gleichgewichtsziel zwischen dem anvisierten Nutzen und den Kosten zu erreichen.

### 4 Holistisches, kybernetisches Kostensteuerungsprozessmodell

Die Zielsetzung des hier vorgestellten holistisch kybernetischen Kostensteuerungsprozessmodells ist es, die Einflussmöglichkeiten auf die Kostenentwicklung und den Systemstandard während der gestaltenden Projektphasen eines Bauprojekts aufzuzeigen (Bild 2). Es wird gezeigt, welche Interventionsmöglichkeiten zur Steuerung des Systemstandards und der Kostenentwicklung in den Hauptprojektphasen gegeben sind. Diese Steuerungsmöglichkeiten werden in ihren funktionalen Abhängigkeiten mathematisch formuliert.

Somit werden Gestaltungs- und Handlungsmöglichkeiten mit ihrer lebenszyklusorientierten Wirkung von der Projektentwicklungs- bzw. Konzeptphase bis zur Fertigstellungsphase aufgezeigt. Die Nutzungsphase hat keine systemgestalterische Alternative, sondern nur Optimierungsmöglichkeiten im gewählten System, das in dem Projektzeitraum von der Konzeption bis zur Realisierung bezüglich der Investitionskosten und des Systemstandards sowie der Bandbreite der Betriebskosten grundsätzlich nur gesteuert werden kann. Daher wird die kybernetische Kostensteuerung durch einen Prozess von Rückkopplungs- und Iterationsschleifen erreicht, um mit dem immer höheren Informationsstand in den fortschreitenden Projektphasen eine Zielsteuerung und Zielüberprüfung vorzunehmen. Das holistisch kybernetische Kostensteuerungsprozessmodell (Bild 3) besteht aus folgenden Modulen:

- Strategische Projektentwicklungs-/Konzeptphase – Prognose der Rendite aus Lebenszyklusbetrachtung mit
  - Einnahmeseite: Mietniveau/Systemstandard/Flächennutzung
  - Ausgabenseite: Grobkostenschätzung/Kostenrahmen des Investitionsvolumens/der Unterhaltsausgaben
- Vorentwurfs-/Vorprojektphase – Kostenschätzung/Kostenberechnung auf Hauptkostengruppen der Gewerke
  - Kosten- und Systemstandardsteuerung auf Elementgruppenkostenebene mit
  - Anpassung der Systemanforderungen in den Werkgruppen
- Genehmigungs- und Ausführungsplanungsphase – Kostenvoranschlag I, untergliedert in Werkgruppen und Untergewerkegruppen
  - Kosten- und Systemstandardsteuerung auf Teilsystem- bzw. Elementebene in den Werk- und Untergewerkegruppen
- Ausschreibungsphase – Kostenvoranschlag II, untergliedert in Leistungspositionen der Werkgruppen
  - Kosten- und Systemstandardsteuerung durch Berücksichtigung kostengünstigerer Lösungen bei gleichem Standard
- Realisierungsphase – Kosten- und Leistungssteuerung des Bauproduktionsergebnisses (Bauherr) und des Bauproduktionsprozesses (Unternehmer)

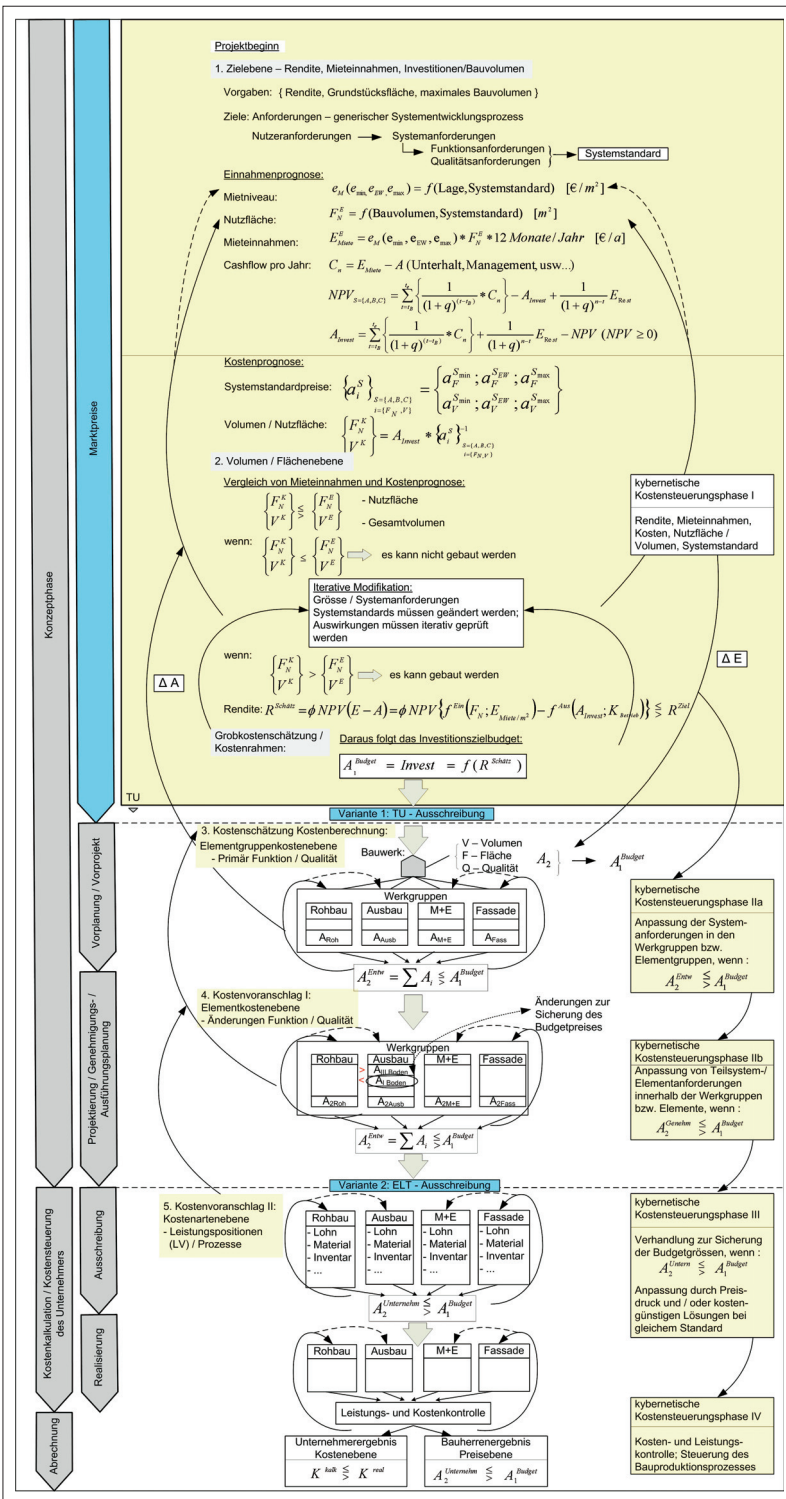


Bild 3. Holistisch kybernetisches Kostensteuerungsprozessmodell  
Fig. 3. Holistic cybernetic cost control process model

4.1 Konzeptphase – Projektentwicklung

Die Projektentwicklung ist ein deterministischer probabilistischer Prognoseprozess. Der Bauherr oder Projektentwickler hat auf der Zielebene meist

- das Projektportfolio mit Projektarten und geografischer Fokussierung und
- die Renditeziele bis zur Investition (meist Investor) oder über den gesamten Lebenszyklus (meist Eigenbesitzer) definiert.

Aufbauend auf dieser Zielebene (Bild 3) wird die Marktnachfrage erforscht und bewertet. Nach der Identifizierung von positivem Entwicklungspotenzial werden nachfrageadäquate Grundstücke identifiziert und akquiriert. Aufgrund des Nachfragesegments, der Lage des Grundstücks und der damit verbundenen lebenszyklusorientierten Attraktivität für den Nutzer ergeben sich

- das Mietniveau und
  - der Systemstandard
- der potenziell zu entwickelnden Immobilie. Bereits in dieser Phase muss das generisch-axiomatische Anforderungsmanagement die grundsätzlichen Nutzeranforderungen feststellen und in Systemanforderungen überführen [47]. Die Systemanforderungen werden in:
- Funktionsanforderungen und
  - Qualitätsanforderungen
- untergliedert.

Diese ergeben den so genannten Systemstandard. Basierend auf der Grundstückslage und dem Systemstandard lässt sich z.B. das zukünftige Bruttomietniveau  $e_B^M$  [€/m<sup>2</sup> und Monat] ermitteln.

Mit Hilfe des folgenden mathematischen Prognosemoduls des kybernetischen Kostensteuerungsprozessmodells kann man den Investitionsrahmen  $A_{Budget}^{Invest}$  für das Projekt (P) bestimmen.

4.1.1. Prognosemodul zur Bestimmung der Investitionskosten

Im ersten Schritt der analytischen Konzeptphase wird aus der prognostizierten Mieteinnahmeseite das Investitionsvolumen bestimmt, das unter Beachtung der dem Mieteinnahmekonzept hinterlegten Systemanforderungen eine vorgegebene Rendite gewährleistet.

4.1.1.1 Einnahmeseite (Nutzflächen-/ Mietprognose):

- Eingangsgrößen:
- Grundstücksgröße:  $F_{Grund}$  [m<sup>2</sup>]
  - Bebauungsparameter:  
 $F^{Bebau} = f_1(F_{Grund}, \alpha^{Bebau} [\%])$  [m<sup>2</sup>]  
 $V^{Bau} = f_2(F_{Grund}, h^{Bebau})$  [m<sup>3</sup>]

- $F_{Grund}$  – Grundstücksfläche
- $F^{Bebau}$  – Bebaubare Fläche
- $\alpha^{Bebau}$  – Grundstücksausnutzungsziffer
- $h^{Bebau}$  – Höhe der Bebauung
- $n^{Bebau}$  – Anzahl der Stockwerke

Systemstandard:  
 $\{S^i\} = \{(S^{Rohbau}); (S^{Ausbau}); (S^{M+E}); (S^{Fass}); (S^{Auss})\}$   
 $\{S^i\} = f_3(\text{Funktionsanforderung, Qualitätsanforderung})$

Dabei ist zu beachten, dass der Systemstandard in Intervallbreiten schwankt:

$$\{S_{min}^i; S_{EW}^i; S_{max}^i\}$$

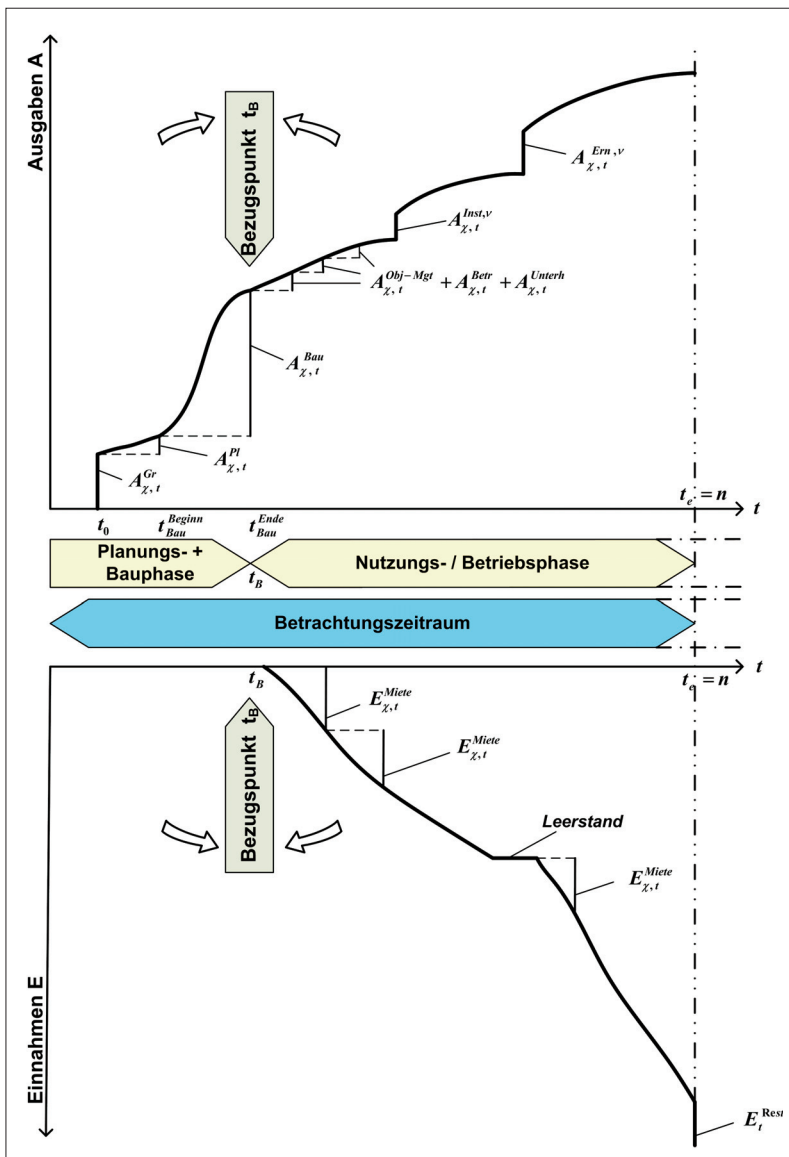


Bild 4. LC-NPV-Zahlungsströme  
Fig. 4. LC-NPV cash flow

Abgeleitete Erfahrungsgrößen:

Mietniveau:  $\{e_{\min}; e_{EW}; e_{\max}\}_0 = f(\text{Lage, Systemstandard})$   
[€/m<sup>2</sup> und Monat]  
zum Zeitpunkt der Betrachtung  $t = t_0$

Nutzfläche/Mietfläche:  $\{F_{N,EW}\} = f(V^{\text{Bau}}; \{S^i\}_{EW})$  [m<sup>2</sup>]  
Auch die Nutzfläche/Mietfläche kann in den Intervallgrenzen  $\{F_{n,\min}; F_{N,EW}; F_{N,\max}\}$  schwanken und trotzdem die Systemstandards  $\{S^i\}_{\min}^{\max}$  erfüllen.

Jährliche Mieteinnahmen:

$$\{E_{\min}^{\text{Miete}}; E_{EW}^{\text{Miete}}; E_{\max}^{\text{Miete}}\}_t^T = \{F_{N,\min}; F_{N,EW}; F_{N,\max}\}^T * \{e_{\min}^M; e_{EW}^M; e_{\max}^M\}_{\text{Mon}}^T * 12 \text{ [€/Jahr]}$$

Mit diesen Intervallansätzen erhält man die Entscheidungsbandbreite, in der der kybernetische Steuerungsprozess zielorientierte Entscheidungen herbeiführen kann.

#### 4.1.1.2 Kostenseite/Ausgabenseite

(Grobkostenschätzung/Kostenrahmen)

Die lebenszyklusorientierte Ausgaben- bzw. Kostenseite enthält folgende Hauptelemente:

- $A_{t_0}^{Gr}$  – Grundstückskosten/-ausgaben
- $A_{\chi,t_0,EW}^{Invest} = A_{\chi,t_0}^{Pl} + A_{\chi,t_0}^{Bau}$  – Planungs- und Baukosten/-ausgaben
- $A_{\chi,t,EW}^{Betr}$  – Betriebskosten und Unterhaltskosten bzw. -ausgaben, die nicht Teil der Nebenkosten der Miete sind
- $A_{\chi,t,EW}^{Instd,v}$  – Instandsetzungen von Bauelementen v
- $A_{\chi,t,EW}^{Ern,v}$  – Erneuerungen von Bauelementen v

Die Ausgabenseite ist – wie die Einnahmeseite – mit Unsicherheiten verbunden, so dass auch hier alle Ansätze in Intervallen gelten.

#### 4.1.1.3 Teuerungsindex und Diskontierung

Bei der Ermittlung des Net Present Value bzw. Barwerts muss zwischen Diskontierungssatz und Teuerungsindex unterschieden werden. Im Regelfall sind nur die heutigen Preise sowie Ausgaben bzw. Kosten für Löhne, Materialien etc. bekannt. Deswegen müssen die heutigen Preise und Ausgaben für Leistungen bzw. Kosten entsprechend der zu erwartenden Preis-, Lohn-, Material- bzw. Produktivitätssteigerungen hochgezinst werden.

Die Kosten-, Ausgaben- bzw. Marktpreisentwicklung ergibt sich aus der allgemeinen Inflation (Warenkorbpreissteigerung) oder differenziert nach Ausgaben- bzw. Kostenarten und wird durch die Teuerungsindizes der Hauptpreiselemente ausgedrückt:

$$\begin{pmatrix} \mu I \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} PI & - & \text{Preisindex} \\ LI & - & \text{Lohnindex} \\ MI & - & \text{Materialindex} \\ MietI & - & \text{Mietindex} \\ EnergiI & - & \text{Energieindex} \\ etc. & - & etc. \end{bmatrix}$$

Die Preissteigerungsprognosen für Material und Instandsetzung sowie Erneuerung können auf der Basis vergangenheitsbezogener Statistiken der Fachverbände und der statistischen Ämter entwickelt werden.

Somit können die Einnahmen  $E_{\chi,t}^i$  und Ausgaben  $A_{\chi,t}^i$  im Zeitpunkt t als Cash flow  $C_{\chi,t}^i$  dargestellt und durch Hochzinsen von heutigen Einnahmen  $E_{\chi,0}^i$  und Ausgaben  $A_{\chi,0}^i$  (Preisen) bzw. des Cash flows  $C_{\chi,0}^i$  ermittelt werden:

$$\begin{aligned} (C_{\chi,t}^i) &= f(A_{\chi,t}^i; E_{\chi,t}^i) \\ (C_{\chi,0}^i) &= f(A_{\chi,0}^i; E_{\chi,0}^i) \\ (C_{\chi,t}^i) &= (C_{\chi,0}^i (1 + \mu I)^{t-t_B}) \end{aligned}$$

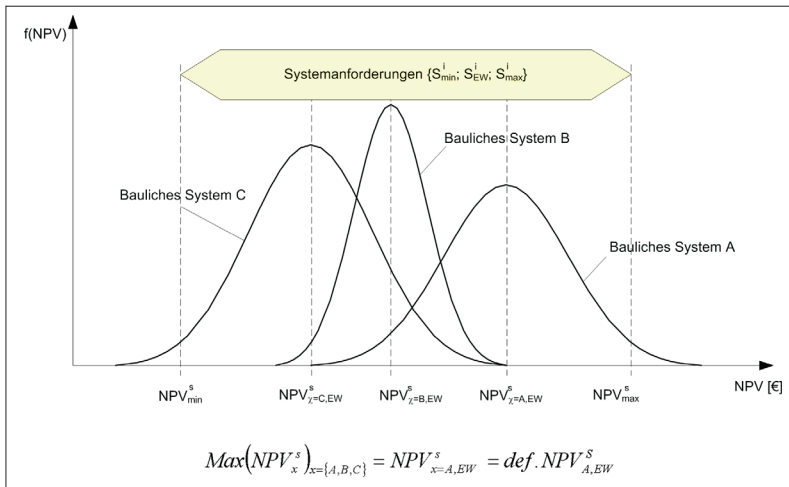


Bild 5. Erzielbarer NPV der verschiedenen baulichen Lösungsvarianten  
Fig. 5. NPV capacity of alternative building solutions

Die Geldwertentwicklung muss neben den Teuerungsfaktoren für Leistungen durch den Realzins berücksichtigt werden, um daraus den Diskontierungssatz für den Net Present Value (NPV) zu ermitteln. Dieser Realzins bzw. Diskontierungssatz setzt sich aus

- Nominalzins und
- Risikosatz

zusammen. Der Realzins bzw. Diskontierungssatz ergibt sich zu:

Nominalzinsfaktor:  $NF = (1 + p)$   
 Risikofaktor:  $RF = (1 + r)$   
 Diskontierungssatz:  $DF = NF * RF$   
 $DF = (1 + p)(1 + r)$  mit  $r * p \ll \{r; p\}$   
 $DF = (1 + r + p) = (1 + q)$

Dabei ist zu beachten, dass der Nominalzinsfaktor die Höhe der Rendite widerspiegelt.

Für n Jahre ergibt sich der Diskontierungssatz zu:

$$DF^n = (1 + r + p)^n = (1 + q)^n$$

Die Geldwert- und Ausgabenentwicklungen kann nur in Bandbreiten geschätzt werden. Die Szenarien über die Zeit findet man bei Girmscheid [48] (Bild 4).

4.1.1.4 Probabilistischer Ansatz der Eingangsgrößen

Da nicht alle unabhängigen Einflussgrößen der NPV-Analyse für die Projektentwicklungsentscheidung für eine Monte-Carlo-Simulation bzw. stochastische Berechnung exakt vorliegen, müssen die Ansätze für die

- Ausgaben/Einnahmen
- Teuerungsfaktoren
- Realzins/Diskontierung

in probabilistischen Bandbreiten ermittelt werden, z.B. aus Erfahrungswerten bzw. Datenbanken für Ausgaben und Einnahmen:

$$\left( A_{\chi,0}^i \right) = \left( A_{\chi,0,\min}^i \mid A_{\chi,0,EW}^i \mid A_{\chi,0,\max}^i \right)$$

$$\left( E_{\chi,0}^{Miete} \right) = \left( E_{\chi,0,\min}^{Miete} \mid E_{\chi,0,EW}^{Miete} \mid E_{\chi,0,\max}^{Miete} \right)$$

$$\left( E_{\chi,0}^{Rest} \right) = \left( E_{\chi,0,\min}^{Rest} \mid E_{\chi,0,EW}^{Rest} \mid E_{\chi,0,\max}^{Rest} \right)$$

Teuerungsfaktoren:  
 $(\mu I) = (\mu I_{\min}, \mu I_{EW}, \mu I_{\max})$   
 Diskontierungssatz:  
 $(q) = (q_{\min}, q_{EW}, q_{\max})$

Diese Einflussgrößen, die nur in Bandbreiten vorliegen, werden mangels genauer bzw. statistisch abgesicherter Ist-Daten mittels probabilistischer

- Dreiecksdichtefunktion bzw.
- BetaPERT-Dichtefunktion

bezüglich der Auftretensausprägung artikuliert.

Für eine Dreiecks- oder BetaPERT-Dichtefunktion gilt:

$$f(X_j^i) = \Xi(X_{j,\min}^i; X_{j,EW}^i; X_{j,\max}^i)$$

mit:  $\Xi = \{ \Xi = \text{Dreiecksdichtefunktion} \vee$   
 $\vee \Xi = \text{BetaPERT-Dichtefunktion} \vee \dots \}$

Damit sind die Eingangsgrößen für eine NPV-Berechnung mittels Monte-Carlo-Simulation (MSC) gegeben.

4.1.1.5 Net Present Value

Nach Girmscheid [48] kann der Erwartungswert des Net Present Value der baulichen Lösung  $\chi$  des Systemstandards S über den Betrachtungszeitraum  $t = n$ , bezogen auf den Betrachtungszeitpunkt  $t_B$  (Bild 4), wie folgt berechnet werden:

$$NPV_{\chi,t_B,EW}^S = \sum_{t=t_B}^n \frac{1}{(1+q)_{EW}^{(t-t_B)}} E_{\chi,t,EW}^{Miete} + \frac{1}{(1+q)_{EW}^{(t-t_B)}} E_{\chi,t,EW}^{Rest} -$$

$$\left[ A_{\chi,t_0}^{Gr} + A_{\chi,t}^{Pl} + A_{\chi,t}^{Bau} + \sum_{t=t_B}^n \frac{1}{(1+q)_{EW}^{(t-t_B)}} (A_{\chi,t,EW}^{Betr}) + \right.$$

$$\left. + \sum_{t=t_B}^n \frac{1}{(1+q)_{EW}^{(t-t_B)}} \left[ \sum_{j=1}^{m_1} \{ A_{\chi,t,j,EW}^{Inst,v} \mid A_{\chi,t,j,EW}^{Inst,v} = A_{\chi,\psi_k,j,EW}^{Inst,v} \} \right. \right.$$

$$\left. \text{für } t = \{ \psi_k \} = (\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_{m_2}) \text{ mit } \psi_{m_2} \leq n \vee \right.$$

$$\left. \vee A_{\chi,t,EW}^{Inst,v} = 0 \text{ für } t \neq \{ \psi_k \} \right] + \sum_{j=1}^{m_3} \left[ A_{\chi,t,j,EW}^{Ern,v} \mid A_{\chi,t,j,EW}^{Ern,v} = A_{\chi,\phi_l,j,EW}^{Ern,v} \right.$$

$$\left. \text{für } t = \{ \phi_l \} = (\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_{m_4}) \text{ mit } \phi_{m_4} \leq n \vee \right.$$

$$\left. \vee A_{\chi,t,EW}^{Ern,v} = 0 \text{ für } t \neq \{ \phi_l \} \right] \Bigg\}$$

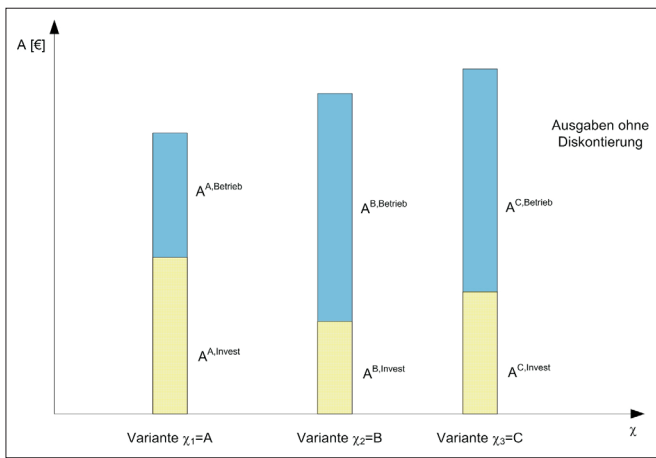
$\psi_k; \phi_l$  - Jahre, in denen Instandsetzungen und Erneuerungen stattfinden (aperiodisch)

$j$  - Anzahl der Instandsetzungen und Erneuerungen ( $1 < j < m_1 \vee 1 < j < m_3$ ), die in dem jeweiligen Jahr ( $\psi_k \vee \phi_l$ ) anfallen

Jedes Bauelement  $v$  kann in Unterelemente  $u$  gemäß[48] und deren Lebenszykluskurven weiter untergliedert werden, wie z.B.

Ausbau:  $(v_u) = (\text{Ausbau-Fußboden; Ausbau-Türen; Ausbau-Putz; ...})$

Den Cash flow kann man in diesem Planungsstadium auf eine jährliche Größe vergleichmäßigen; somit erhält man:



**Bild 6. Ausgaben der baulichen Varianten im Lebenszyklus, z. B. n = 20 Jahre**  
 Fig. 6. Life cycle expenditures of different building solutions, at: n = 20 years

$$NPV_{\chi,t_B,EW}^S = \sum_{t=t_B}^{t_e} \frac{1}{(1+q_{EW})^{(t-t_B)}} C_{\chi,t_B,EW} + \frac{1}{(1+q_{EW})^{(t_e-t_B)}} E_{\chi,EW}^{Rest} - A_{\chi,EW}^{Invest}$$

Da man für die Erreichung der Nutzeranforderungen unter Einhaltung des festgelegten Systemstandards mehrere bauliche Alternativen betrachtet, gilt das **ökonomische Maximalprinzip**. Man wählt die bauliche Alternative  $\chi = A$ , die den höchsten NPV generiert. Aus der NPV-Berechnung kann dann der Budgetrahmen für die initialen Investitionskosten ermittelt werden.

$$NPV_{A,EW}^S = \text{Max} \left( NPV_{\chi,EW}^S \right) \Big|_{\chi=\{A,B,C\}}$$

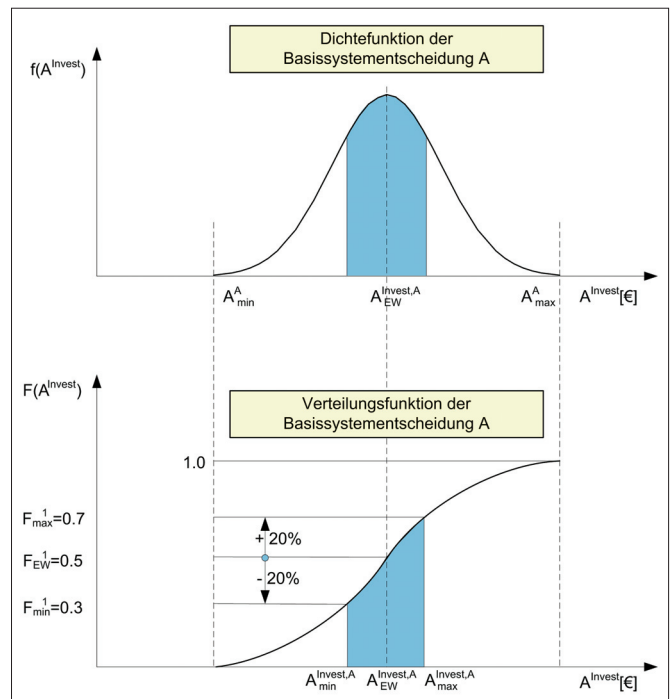
- S – Systemstandard
- $\chi$  – Bauliches System {A, B, C ...} das den Systemstandard erfüllt
- EW – Erwartungswert

Da die Ausgaben und Einnahmen sowie Teuerungs- und Diskontierungsindizes nur in Bandbreiten vorhanden sind, ergibt sich aus der probabilistischen Monte-Carlo-Simulation mittels NPV-Erwartungswert und NPV-Standardabweichung nach dem Grenzwertsatz der Stochastik die Dichte- und Verteilungsfunktion des  $NPV_{\chi,EW}^S$  der Alternativen  $\chi = \{A, B, C \dots\}$  wie in **Bild 5** dargestellt.

Die Bandbreite des  $NPV_{\chi}^S$  setzt sich aus unterschiedlichen Varianten von Investitionskosten und Betriebskosten innerhalb des Systemanforderungsintervalls  $\{S^i\}$  zusammen (**Bild 6**). Somit hat der Projektentwickler mehrere Optionen hinsichtlich der Projektentscheidung. Diese liegen in der Gesamtbandbreite (Bild 5) des NPV-Spektrums ( $NPV_{\chi,min}^S; NPV_{\chi,max}^S$ ).

Im Regelfall wird man sich am Ende der Konzeptphase für ein Basissystemkonzept A entscheiden, das im Vorprojekt in mehreren Grundvarianten weiterentwickelt wird. Dieses Basissystemkonzept für die weitere Projektentwicklung beinhaltet die Basisanforderungen für die Entwicklung von Vorprojektvarianten. Das Basissystemkonzept enthält:

- Systemanforderungen  $\{S^i\}_{\min}^{\max}$  und
- Flächen- und Volumenanforderungen, besonders hinsichtlich der vermietbaren Nutzflächen  $\{F_N\}_{\min}^{\max}$ .



**Bild 7. Probabilistische Bandbreite der Investitionskosten aufgrund der Basissystemsentscheidung A**

Fig. 7. Probabilistic interval of investment costs based on the selected building alternative decision A

Diese müssen jedoch in einem iterativen Prozess eingegrenzt werden.

Aus dem bis jetzt ermittelten NPV-Ansatz und den prognostizierten Mieteinnahmen und Betriebsausgaben werden aus der nach dem ökonomischen Maximalprinzip ermittelten Basissystemvariante A zuerst die Investitionskostenbandbreiten wie folgt ermittelt:

$$NPV_{A,t_B,EW}^S = \sum_{t=t_B}^{t_e} \left\{ \frac{1}{(1+q_{EW})^{(t-t_B)}} C_{t,EW} \right\} - A_{EW}^{Invest,A} + \frac{1}{(1+q_{EW})^{(n-t_B)}} E_{A,EW}^{Rest}$$

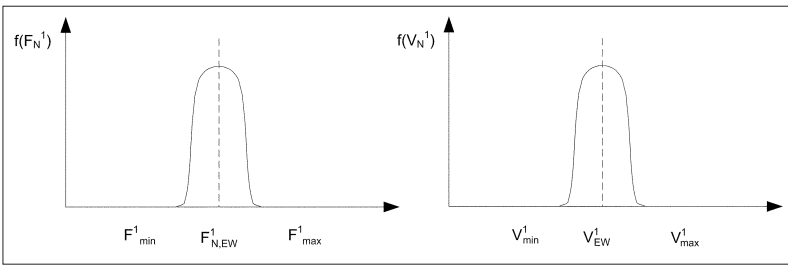
$$\left( \sigma^{NPV_A^S} \right)^2 = \int_{NPV_{A,min}^S}^{NPV_{A,max}^S} \left( NPV_A^S - NPV_{A,EW}^S \right)^2 * f \left( NPV_A^S \right) d NPV_A^S \text{ oder}$$

$$\left( \sigma^{NPV_A^S} \right)^2 = \int_{NPV_{A,min}^S}^{NPV_{A,max}^S} \left( NPV_A^S - NPV_{A,EW}^S \right)^2 * f \left( NPV_A^S \right) d NPV_A^S$$

Hieraus kann man die Investitionskosten für die Gestaltung und Kostensteuerung des Bauprojekts auf der Basissystemsentscheidungsvariante A isolieren:

$$A_{EW}^{Invest,A} = \sum_{t=t_B}^{t_e} \left\{ \frac{1}{(1+q_{EW})^{(t-t_B)}} C_{t,EW} \right\} + \frac{1}{(1+q_{EW})^{(n-t_B)}} E_{A,EW}^{Rest} - NPV_{A,EW}^S$$

$$\sigma^{A^{Invest}} = \sqrt{\int_{A_{min}^{Invest,A}}^{A_{max}^{Invest,A}} \left( A^{Invest,A} - A_{EW}^{Invest,A} \right)^2 * f \left( A^{Invest,A} \right) d A^{Invest,A}}$$



**Bild 8. Probabilistisches Nutzflächen- und Bauvolumenintervall nach Baupreisbewertung**  
 Fig. 8. Probabilistic useable area and building volume according to market construction prices

502

Daraus ergibt sich die in **Bild 7** dargestellte normalverteilte Bandbreite der Investitionskosten zur Kostensteuerung. Engt man, wie in **Bild 1** dargestellt, die Investitionsbandbreite der Basissystemvariante A nach der Konzeptphase auf +/- 20 % vom Erwartungswert ein, erhält man nach **Bild 7** einen Korridor in der Verteilungsfunktion um die kumulative Häufigkeit  $F(A^{Invest,A})$  von:

$$\left\{ F_{\min}^1(A_{\min}^{Invest,A}) = 0,3; F_{EW}^1(A_{EW}^{Invest,A}) = 0,5; F_{\max}^1(A_{\max}^{Invest,A}) = 0,7 \right\}$$

mit dem möglichen Investitionskostenintervall der Basissystemvariante A:

$$\left\{ A_{\min}^{Invest,A}; A_{EW}^{Invest,A}; A_{\max}^{Invest,A} \right\}$$

4.1.2 Überprüfung des Investitionsvolumens

In einem zweiten Schritt wird die Investitionskostenseite der Basissystemvariante A mittels Systemstandardkosten überprüft. Im Vordergrund steht die Zielüberprüfung, ob mit den Investitionskosten – die aus der lebenszyklusorientierten Einnahmenbetrachtung unter Abschätzung der Unterhaltskosten ermittelt wurden – das Flächen- und Volumenkonzept der baulichen Anlage realisiert werden kann. Zur Überprüfung des Flächen- und Volumenkonzepts müssen die Systemstandardpreise (Marktpreise) auf der Basis von Erfahrungswerten aus Datenbanken entnommen werden, bezogen auf die Brutto- oder Nutzflächeneinheit und auf die Volumeneinheit.

Vektor der flächen- und volumenbezogenen Einheitskosten (Marktpreise):

$$\left\{ a_i^A \right\}_{i=\{F_N, V\}} \Big|_{\min}^{\max} = \left\{ \begin{matrix} a_{F,\min}^A; a_{F,EW}^A; a_{F,\max}^A \\ a_{V,\min}^A; a_{V,EW}^A; a_{V,\max}^A \end{matrix} \right\}$$

Erzielbares Volumen bzw. Nutzfläche der Basissystemvariante A aufgrund der Baukostenpreise:

$$\left[ \frac{F_{N,EW}^1}{V_{EW}^1} \right] = A_{EW}^{Inst,A} \left[ \begin{matrix} 1 \\ a_{F,EW}^A \\ 1 \\ a_{V,EW}^A \end{matrix} \right]$$

Mit der Varianz  $\sigma_{F_N}^1$  und  $\sigma_{V^1}$  ergeben sich nach dem Grenzwertsatz der Stochastik die normalverteilte Nutzfläche und das Bauvolumen im 1-ten Iterationsprozess (**Bild 8**).

Der Vergleich der aufgrund der Mieteinnahmen ermittelten Nutzflächen bzw. Bauvolumen der Basissystemvariante A (Index 0) mit den aufgrund der Baupreise ermittelten Bezugsäquivalenten (Index 1) muss folgende Bedingungsgleichung Fläche/Volumen erfüllen:

$$\left\{ \frac{F_N^1(A_{EW}^{Invest,A})}{V^1(A_{EW}^{Invest})} \right\}_{EW} \geq \left\{ \frac{F_N^0(A_{EW}^{Invest,A})}{V^0(A_{EW}^{Invest})} \right\}_{EW} \quad \begin{matrix} - \text{Nutzfläche} \\ - \text{Bauvolumen} \end{matrix}$$

Ferner muss die Bedingungsgleichung für die Rendite erfüllt sein:

$$R_{EW}^{Rendite} = F \left( NPV_{A,EW}^S \mid NPV_{A,EW}^S \geq 0 \text{ mit } q = p + r [\%] \right)$$

Wenn  $NPV_{A,EW}^S < 0$  ist, ist die Rendite = Verzinsung p [%] nicht erreicht.

Ist diese Bedingung erfüllt, kann das Investitionsbudget mit dem Nutzflächen- und Bauvolumenprogramm für die folgenden Projektphasen festgelegt werden. Dabei wird meist der Budgetrahmen vom Erwartungswert ( $F = 0,5$ ) weiter eingeschränkt, z. B. auf  $\Delta = 15\%$  ( $F_{\min} = 0,35$ ;  $F_{\max} = 0,65$ ).

$$A_{EW}^{Budget,1} = A_{EW}^{Invest,A} (F = 0,5) \text{ mit Intervall } \left\{ A_{\min}^{Budget,1} (F = 0,35); A_{\max}^{Budget,1} (F = 0,65) \right\}$$

Damit liegt auch das Nutzflächen- und Volumenprogramm der Basissystemvariante A in den folgenden Grenzen

$$\left\{ F_{N,\min}; F_{N,EW}; F_{N,\max} \right\} \text{ sowie } \left\{ V_{\min}; V_{EW}; V_{\max} \right\}$$

fest; entscheidend ist die Flächenvorgabe.

Sind die obigen Bedingungen nicht erfüllt, muss der kybernetische Prozess der Kostensteuerungsphase I (**Bild 2**) nochmals durchlaufen werden. Werden die Zielvorgaben für die Rendite nicht erreicht, müsste das Projekt aus nachhaltigen ökonomischen Überlegungen abgebrochen werden.

5 Fazit

Während der Projektentwicklung wird die Basis für die Kostensteuerung im Bauprojekt gelegt. Ausgehend von der marktgesteuerten Renditeüberlegung und dem potentiellen Mietpreis, verbunden mit der Standortwahl unter Beachtung der lebenszyklusorientierten Betriebskosten einschließlich Instandsetzungs- und Erneuerungskosten, liegt der Zielkorridor für die weitere Planung und Steuerung des Projekts gemäß Design to cost fest.

In einem weiteren Beitrag wird die Kostensteuerung dieser Zielparameter von der Vorplanungs- bis hin zur Ausführungsphase dargelegt.



## Literatur

- [1] *Massachusetts Turnpike Authority*: <<http://www.masspike.com/bigdig/index.html>>, [Stand 20.06.2007]
- [2] *Michael Powell*: "Boston's Big Dig Awash in Troubles-Leaks – Cost Overruns Plague Project" *Washington Post* 19 November 2004. <<http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/articles/A61112-2004Nov18.html>>, [Stand 20.06.2007]
- [3] *WIKIPEDIA – The Free Encyclopedia*, <[http://en.wikipedia.org/wiki/Big\\_Dig\\_%28Boston%2C\\_Massachusetts%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Big_Dig_%28Boston%2C_Massachusetts%29)>, [Stand 23.05.2007]
- [4] *DB Konzern*: Das Unternehmen DB, „Die Neubaustrecke Köln – Rhein/Main“, Letzte Aktualisierung: 02.05.2007, <[http://www.db.de/site/bahn/de/unternehmen/bahnwelt/ bauprojekte/ abgeschlossen/koeln\\_rhein\\_main.html](http://www.db.de/site/bahn/de/unternehmen/bahnwelt/ bauprojekte/ abgeschlossen/koeln_rhein_main.html)>, [Stand 20.06.2007]
- [5] *WDR.de – Verkehr*: „Premiere für eine Paradestrecke – Die ICE-Trasse von Köln nach Frankfurt wird feierlich eröffnet“, 24.07.2002 <[http://www.wdr.de/themen/verschiedene/ice/vor\\_eroeffnung.jhtml](http://www.wdr.de/themen/verschiedene/ice/vor_eroeffnung.jhtml)>, [Stand 20.06.2007]
- [6] *Bauingenieur24.de*: „Premiere für die Paradestrecke – ICE auf neuer Trasse Frankfurt-Köln“, 23.07.2002, <[http://www.bauingenieur24.de/article\\_show.htm?id\\_article=919](http://www.bauingenieur24.de/article_show.htm?id_article=919)>, [Stand 20.06.2007]
- [7] *WIKIPEDIA – The Free Encyclopedia*, <[http://de.wikipedia.org/wiki/Schnellfahrstrecke\\_K%C3%B6ln%E2%80%93Rhein/Main#\\_ref-6](http://de.wikipedia.org/wiki/Schnellfahrstrecke_K%C3%B6ln%E2%80%93Rhein/Main#_ref-6)>, [Stand 20.06.2007]
- [8] *DIN 277-1*: „Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau – Teil 1: Begriffe, Ermittlungsgrundlagen“, Beuth Verlag, Berlin, 2005
- [9] *DIN 277-2*: „Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau – Teil 2: Gliederung der Netto-Grundfläche (Nutzflächen, Technische Funktionsflächen und Verkehrsflächen)“, Beuth Verlag, Berlin, 2005
- [10] *SIA 416*: „Flächen und Volumen von Gebäuden“, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2003
- [11] *DIN 276*: „Kosten im Hochbau“, Beuth Verlag, Berlin, 2006
- [12] *SN 506 500*: „Baukostenplan BKP 2001“, CRB Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung, Zürich, 2001
- [13] *SN 506 502*: „EKG Elementkostengliederung 1995“, CRB Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung, Zürich, 1995
- [14] *DIN 18960*: „Nutzungskosten im Hochbau“, Beuth Verlag, Berlin, 1999
- [15] *DIN 32736*: „Gebäudemanagement“ Begriffe und Leistungen, Beuth Verlag, Berlin, 2000
- [16] *GEFMA 200*: „Kosten im Facility Management“, Kostengliederungsstruktur zur GEFMA 100, Deutscher Verband für Facility Management, Bonn, 2004
- [17] *SIA Dokumentation d 0165*: „Kennzahlen im Immobilienmanagement“, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 2000
- [18] *Baukostenkennwerte-Katalog BKK*: CRB Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung, Zürich, 2007
- [19] *Standard-Analysen SBV – Hochbau/Tiefbau*, Schweizerischer Baumeisterverband, Zürich, 2006
- [20] *Meyer-Meierling, P.*: BKKS 2.0 Baukosten-Kennzahlensystem – Budgetplanung für Neubauten und Erneuerungen, Benutzerhandbuch, Professur für Architektur und Baurealisation ETH Zürich und VZ VermögensZentrum, Zürich, 2002
- [21] *Drees, G.; Paul W.*: Hochbau, Tiefbau, Schlüsselfertiges Bauen. Mit kompletten Berechnungsbeispielen, 9. Auflage, Bauwerk Verlag, Berlin, 2006
- [22] *Girmscheid, G.; Motzko, Ch.*: Kalkulation und Preisbildung in Bauunternehmen – Grundlagen, Methodik und Organisation, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, 2007
- [23] *Wittmann, W.; Kern, W.; Köhler, R.; Küpper, H.-U.; Wysocki, K.*: Handwörterbuch der Betriebswirtschaft (Gesamtwerk), 5. Auflage, Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, 1993
- [24] *Wöhe, G.*: Einführung in die allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 16. Auflage, Franz Vahlen Verlag, München, 1986
- [25] *Koll, D.*: Design to Cost – Kostenmanagement von architektonisch anspruchsvollen Großprojekten am Beispiel der Messe Graz Neu, In: *netzwerk bau – Fachzeitschrift für Baumanagement und Bauwirtschaft*, Nr. 06-006, S. 50–62, 2006
- [26] *Gressler, F.*: Reduzierung des Kostenrisikos bei komplexen Bauvorhaben, In: *Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden*, Jg. 55 (2006), Heft 3–4, S. 70–77, 2006
- [27] *Boenert, L.; Schriek; Th.; Blecken; U.*: Zielkostenplanung und DIN 276, In: *Bautechnik*, Heft 10/2000, S. 755–762, 2000
- [28] *Siemon, K. D.*: Baukosten bei Neu- und Umbauten – Planung und Steuerung, Vieweg & Sohn, Wiesbaden, 2006
- [29] *Seifert, W.; Preussner, M.*: Praxis des Baukostenmanagements, Werner Verlag, 2003
- [30] *Diederichs, C.*: Kostensicherheit im Hochbau, DVP-Schriftenreihe, DVP-Verlag, Wuppertal, 1984
- [31] *Weeber, H.; Bosch, S.*: Bauqualität, Fraunhofer IRB Verlag, Band 60, 2003
- [32] *Weeber, H.; Bosch, S.*: Vergabeverfahren und Baukosten, Fraunhofer IRB Verlag, Band 56, 2001
- [33] *Keller, S.*: Baukostenplanung für Architekten: Norm- und praxisgerechte Kostenermittlung nach DIN 276: Kalkulation und Finanzierung, Bauverlag, Wiesbaden, 1995
- [34] *BKI Baukosteninformationszentrum*: BKI Baukosten 2006 – Teil 1: Statistische Kostenkennwerte für Gebäude, Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH, Stuttgart, 2006
- [35] *BKI Baukosteninformationszentrum*: BKI Baukosten 2006 – Teil 2: Statistische Kostenkennwerte für Bauelemente, Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH, Stuttgart, 2006
- [36] *Schach, R.*: Baukosten – Kostensteuerung in Planung und Ausführung, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2001
- [37] *Drees, G.; Paul, W.*: Kalkulation von Baupreisen, Bauwerk Verlag, Berlin, 2006
- [38] *Girmscheid, G.; Busch, Th.*: Risikomanagement in der Bauwirtschaft – Projektrisikomanagement, Bauwerk Verlag, Berlin, 2007
- [39] *Blödorn*: Kostenkontrolle im Ingenieurbüro – Einsatz von AVA- und Kostenkontrollsoftware, In: *TAB – Technik am Bau*, 37. Jg. 2006, Nr. 6, S. 66–67, 2006
- [40] *Popper, K. P.*: Auf der Suche nach einer besseren Welt. Vorträge und Aufsätze aus dreißig Jahren, 14. Auflage, Piper Verlag, München, 1987
- [41] *Girmscheid, G.*: Forschungsmethodik in den Baubetriebswissenschaften, IBB-Eigenverlag ETH Zürich, Zürich, 2004
- [42] *Glaserfeld, E. v.*: Radikaler Konstruktivismus: Ideen, Ergebnisse, Probleme, 2. Auflage, Suhrkamp, Frankfurt a. M., 1998
- [43] *Piaget, J.*: Erkenntnistheorie der Wissenschaften vom Menschen: Die Wissenschaften vom Menschen und ihre Stellung im Wissenschaftssystem, Ullstein, Frankfurt a. M., 1973
- [44] *Weber, M.*: Gesammelte Aufsätze zur Wissenschaftslehre, Mohr, Tübingen, 1922
- [45] *Ross, S. A.; Westerfield, R. W.; Jaffe, J. F.*: CORPORATE FINANCE, 3rd edition, Times Richard D. Irwin, Inc., Chicago, 1993
- [46] *Yin, R. K.*: Case study research: design and methods, 2. Auflage, Sage Publications, London, 1994
- [47] *Girmscheid, G.*: Fast Track Projects – Generisches, axiomatisches Anforderungsmanagement, In: *Bauingenieur*, Band 82, H. 05/2007, S.224–230, 2007
- [48] *Girmscheid, G.*: Risikobasiertes probabilistisches LC-NPV-Modell – Bewertung alter-nativer baulicher Lösungen, In: *Bauingenieur*, Band 81, H. 09/2006, S. 394–405, 2006