

Modul- und Prozessmodell zur Berechnung der Lebenszyklusrendite von Bauwerken

R. Rudloff, J. Schwarz

Zusammenfassung Lebenszyklusrendite ist für jeden Projektentwickler von hoher Bedeutung. Ganzheitliche Betrachtungen über den Abnahmestadium hinaus sollten heutzutage selbstverständlich sein. Doch die aktuelle Baupraxis spiegelt ein anderes Bild [1] wider. Die Berechnung von Lebenszyklusaufwendungen und -erträgen ist in ihrer Anwendung in der heutigen Baupraxis noch nicht angekommen. Zu hoher Planungsaufwand, fehlende Grundlagen wie Datenbanken und insbesondere der Mangel an standardisierten Verfahren, die die Planungen vereinfachen, können als Gründe hierfür genannt werden. Das vorliegende Modell stellt eine Grundlage für ein standardisiertes Vorgehen für die Berechnung von Lebenszyklusrenditen dar. Die Methode basiert auf (Bauwerks-) Modulen, die Konstruktionselemente, wie z.B. eine bestimmte Wand, ein Stück Fassade etc. beschreiben. Die Module beinhalten Prozesse, die die monetären Bewegungen über den Lebenszyklus abbilden. Durch Zusammenfügen entsprechender Module, können ganze Bauwerke im Baukastenprinzip zusammengestellt werden. Ein betriebswirtschaftliches Modell gewährleistet die gesamte Renditeberechnung.

Module and process model to calculate the return on investment over a buildings life cycle

Abstract Lifecycle Cost and Income (whole return on investment) of real estate are important for every property developer. Holistic lifecycle analysis before and after the final take-over ought to be self-evident. However, the construction practice today actually presents a different reality. Most property developers do not calculate this type of return on investment over the holistic lifecycle of a real estate property. Currently the planning of the whole lifecycle is too complex for the developers. Missing basics like database or standardized calculation procedures for the holistic lifecycle could be the causes.

The presented model represents a basic standardized procedure for the calculation of the whole return on investment over lifecycle of real estate. The method is based on (buildings-) modules. One module represents one constructional element e. g. one definite wall or one piece of cladding. The modules are connected with pro-

cesses which characterise the financial cycles over its lifetime. The modules can be assembled as a modular design principle. A commercial model warrants the whole calculation of the return on investment.

1 Einleitung

Planungssicherheit und Risikominimierung sind wesentliche Aspekte in der Projektentwicklung. Steigende Preise für Verbrauchsressourcen und die anhaltende Frage nach ökologisch nachhaltig und trotzdem ökonomisch rentablen Bauwerksvarianten stellen neue Aufgaben, insbesondere im Planungsbereich, an die Bauwirtschaft. Investoren verlangen von ihren Planern verstärkt eine nachhaltige Projektentwicklung über den Abnahmestadium hinaus. Lebenszyklusbetrachtungen sind unverzichtbar.

Das vorliegende Modell auf Basis von Modulen und zugeordneten Prozessen ist dabei ein neuer Ansatz in der Forschung für die Anwendung in der Praxis. Ein Projektentwickler wird mit Hilfe des Modells in die Lage versetzt, sein geplantes Bauwerk nachhaltig zu bewerten. Durch konsequente Anwendung dieses Modells im späteren Betrieb lassen sich überdies in Zukunft Wissenszuwachs, Planungssicherheit und Transparenz in der Projektentwicklung erreichen.

2 Stand der Forschung und Elemente des Modells

2.1 Das Phasenprinzip

Lebenszyklusbetrachtungen sind in den letzten Jahren zu einem Schwerpunktthema geworden. Phasenmodelle und Berechnungsmethoden [2], [3], [4], [5], [6], [7], nationale Leitfäden [8], [9] sowie internationale Normungen [10], [11], [12], [13], die Kosten verursachungsgerecht über den Lebenszyklus zuordnen sollen, wurden entwickelt.

Bekannte Phasenmodelle [14], [15] unterliegen zumeist einem einheitlichen Grundgedanken. Planung, Herstellung und Betrieb sind die maßgebenden Abschnitte heutiger Modelle zur Berechnung der Lebenszykluskosten. Je nach Sichtweise des Betrachters werden weitere Phasen in das Modell integriert (**Bild 1**).

Phasen beschreiben in den Modellen einen zeitlich geschlossenen Vorgang der Lebensdauer eines Bauwerks. Die zeitliche Länge einer Phase ist abhängig von der Nutzung, den Akteuren, die am Bauwerk beteiligt sind oder vom Zustand des Objektes.

Ein normiertes Phasenmodell für die Berechnung von Lebenszykluskosten hat sich bis heute nicht durchgesetzt. Dies liegt nicht zuletzt an der Tatsache, dass jedes Bauwerk ein Unikat ist und verschiedene Bauwerke unterschiedliche Phasen über den Lebenszyklus durchlaufen.

Die vorhandenen Modelle basieren auf der detaillierten Berechnung der Lebenszykluskosten. Erträge, die mit der Immobilie erwirtschaftet werden können, werden meist isoliert betrachtet. Auch sind klare Definitionen, zu welchem

M. Eng. Dipl. -Ing. (FH) Raoul Rudloff

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Universität der Bundeswehr München
Institut für Baubetrieb (BauV8)
Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen
Werner-Heisenberg-Weg 39
D-85577 Neubiberg

Prof. Dr. -Ing. Jürgen Schwarz

Institutsleiter
Universität der Bundeswehr München
Institut für Baubetrieb (BauV8)
Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen



Bild 1. Phasenmodell nach GEFMA
Fig. 1. Phase model by GEFMA

380

Zeitpunkt und wie oft die einzelnen Phasen im Lebenszyklus auftreten können, nicht vorhanden. Auch normierte Verfahren zur Bestimmung des Verkehrswertes bzw. des Ertragswertes (Gesamtrendite) werden in der Praxis meist nur vereinfacht eingesetzt [16], [17], [18].

Für die Berechnung der gesamten Rendite müssen die Zeitpunkte der Aufwendungen und der Erträge im Lebenszyklus jedoch klar bestimmt werden. Zu diesem Zweck ist ein eigenes Phasenmodell der Berechnung zugrunde gelegt worden. Das Modell ordnet sich generell in Phasen, die nur einmal im Lebenszyklus vorkommen und in Phasen, die wiederkehrend im Betrieb auftreten und parallel ablaufen können. Planung, Realisierung und Abriss sind Phasen, die nur einmal im Modell auftreten. Welche Phasen im Betrieb berücksichtigt werden müssen, hängt dabei von verschiedenen Faktoren, wie z.B. der Bauwerksart oder der Art der Nutzung, ab. Für die meisten Immobilien werden grundlegend die Phasen „Betrieb / Nutzung“, „Umbau / Sanierung“ und „Planung / Konzeption im Betrieb“ in der Betriebsphase benötigt.

Bild 2 zeigt ein Phasenmodell für eine wirtschaftlich genutzte Immobilie. Planerisch berücksichtigt sind die Phasen „Umbau / Sanierung“, „Betrieb / Nutzung“, „Konzeption / Planung im Betrieb“ und „Leerstand“, als Betriebsphase über den Lebenszyklus.

In den Phasen werden die Aufwendungen (z.B. Herstellung, Instandsetzung [19], [20]) und Erträge (z.B. Mieten oder Pacht [21], [22], [25]) konkreten Tätigkeiten oder Bauwerkszuständen verursachungsgerecht zugeordnet.

Die Aufwendungen, die über den Lebenszyklus der Immobilie anfallen, können generell der realisierten Bauwerkskonstruktion sowie den einzelnen Konstruktionselementen zugeordnet werden [24]. Einzelne Konstruktionselemente verursachen in den Phasen unterschiedliche Aufwendungen. Beispielsweise ziehen Wandkonstruktionen in der Betriebsphase andere Aufwendungen für Pflege und Wartung nach sich als die Deckenkonstruktion [25].

Erträge, die mit der realisierten Konstruktion erwirtschaftet werden können, fallen ausschließlich in der Phase „Betrieb / Nutzung“ an.

2.2 Module

Module beschreiben einzelne Konstruktionselemente. Durch Zusammenfügen von Modulen kann eine gesamte Immobilie im Baukastenprinzip zusammengestellt werden. In Anlehnung an die DIN [26] werden Hauptmodule und Module unterschieden. Hauptmodule orientieren sich dabei an den Kostengruppen der DIN. Module sind den Hauptmodulen untergeordnet und beschreiben konkrete Bauwerksele-

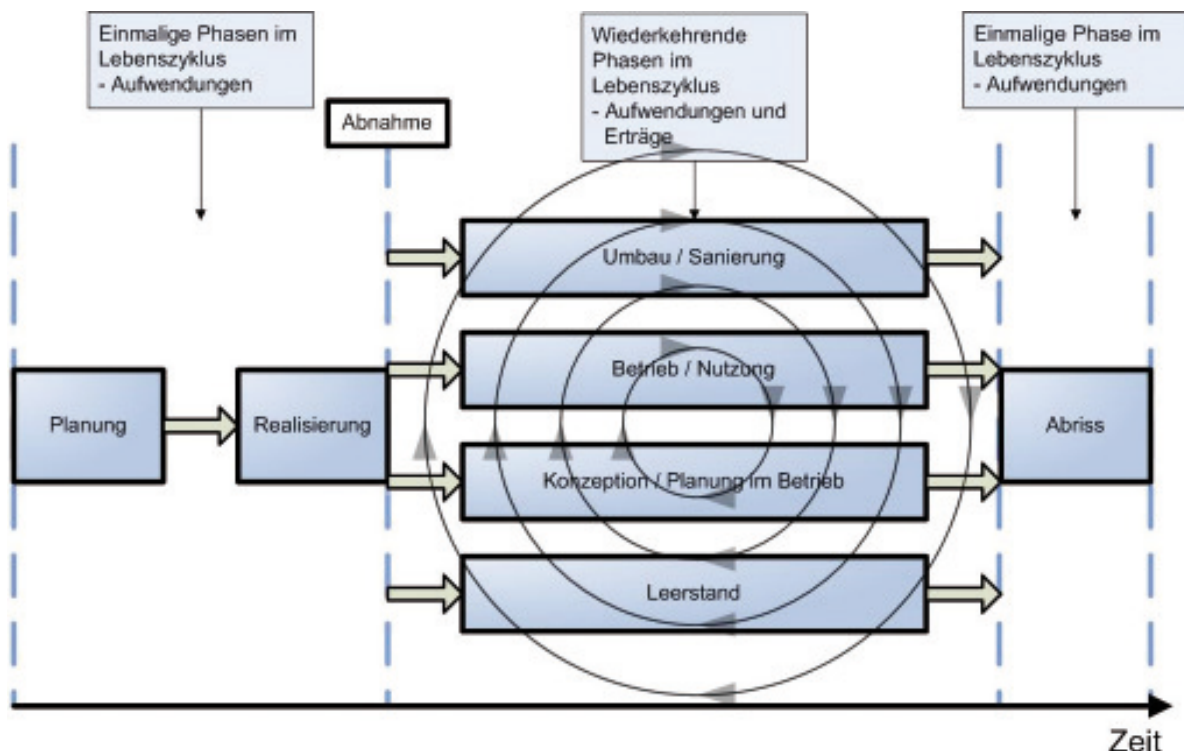


Bild 2. Phasenprinzip – Einmalige und wiederkehrende Phasen im Lebenszyklus
Fig. 2. Phase principle – single and recurring phases in life cycle

mente. Beispielsweise stellt die Kostengruppe 300 „Bauwerk / Baukonstruktion“ ein Hauptmodul dar.

Die Kostengruppe 340 Innenwände beschreibt dagegen ein Modul. Hier finden sich weitere Module, die ausgewählte Konstruktionsvarianten einer Innenwand beschreiben, z.B. das Konstruktionselement: „342.1.1.1“ – „nichttragende Innenwand aus Mauerwerk; Stärke 11,5 cm; geputzt; tapeziert“. Die Identifizierung der Module erfolgt mit Hilfe der Nummerierung. Die Ziffer 342 zeigt nach DIN, dass es sich um eine nichttragende Innenwand handelt. Die nächsten Ziffern geben Auskunft über den Aufbau der Wand als Untergruppen der DIN. Hier steht die erste Ziffer für die tragende Konstruktion (z.B. Mauerwerk 11,5cm), die zweite Ziffer für die erste Verkleidung (z.B. geputzt) und die letzte Ziffer für die abschließende Oberfläche (z.B. tapeziert). Je nach Schichtanzahl werden die Module mit Ziffern klassifiziert. Nach diesem Schema können gängige Bauwerkskonstruktionen in Modulen zusammengefasst werden. Mit Hilfe der Module lassen sich dann ganze Bauwerke zusammensetzen.

2.3 Prozesse

Die Aufwendungen, die durch Planung, Herstellung und Betrieb der Konstruktion entstehen, werden in Prozessen beschrieben.

Die Prozesse werden den Modulen zugeordnet. Dabei wird jeder physikalische Eingriff (Tätigkeit) oder jede planerische bzw. Management -Dienstleistung, die mit Ressourcenaufwendungen oder mit Erlösen einhergeht, durch einen Prozess erfasst und dokumentiert. Die Prozesse bilden die Veränderungen in numerischer Form ab. Ein Prozess stellt dabei einen Vorgang mit einer definierten Dauer und einem bestimmten Ressourceneinsatz zu gewissen Zeitpunkten dar [27], [28]. Jedes Modul erhält eine definierte Anzahl von Prozessen, die von der Planung (als Dienstleistungsprozess) über die Realisierung (Herstellungsprozesse), Betrieb (wie Unterhalts-, Sanierungs- Prozesse) bis zum Abriss, also über den gesamten Lebenszyklus des (Konstruktions-) Moduls reichen. Durch Zusammenfügen sämtlicher Module ergibt sich ein Prozessmodell für eine bestimmte Immobilie und deren Phasen, **Bild 5**. Ist das Verzeichnis der Module erstellt, wird den Modulen eine Anzahl von Prozessen, je nach Konstruktionsart, zugeordnet.

Ein Prozess beschreibt eine bestimmte Veränderung im System. Er besteht aus einem Anfangszustand, einem oder mehreren Veränderungsvorgang/-vorgängen und dem definierten bzw. gewünschten Endzustand. Ein Prozess kann verschiedene Ergebnisse aufweisen, je nach eingesetzten Ressourcen und gewünschtem Ergebnis. Damit der Prozess definiert werden kann, muss der Anfangszustand bekannt sein. Im Lebenszyklus einer Immobilie kommen verschiedene Prozessarten [z.B. nach 29], wie z.B. Planungs-, Fertigungs-, Wartungs- oder Prüf- und Messprozesse zum Tragen. Ein Prozess, der z.B. zur Herstellung von Konstruktionen herangezogen wird, ist ein Fertigungsprozess.

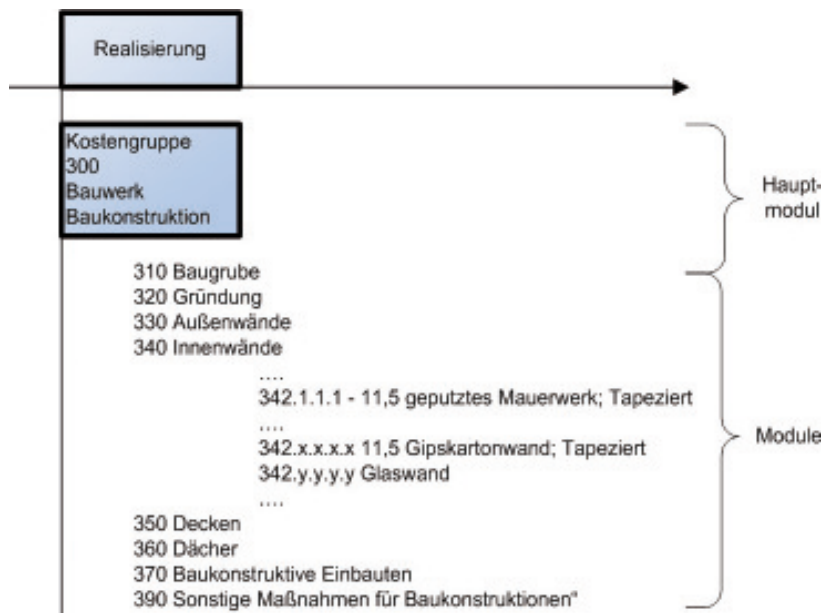


Bild 3. Module
Fig. 3. Module

Neben dem eigentlichen Prozessablauf, der eine Fertigung, Prüfung etc. beschreibt, beansprucht der Prozess eine zeitliche Dauer. Bedingt durch den zeitlichen Ablauf kann der Prozess in Anlehnung an die DIN (Netzplantechnik) auch als zeitlicher Vorgang im System angesehen werden.

Als Beispiel sei die Herstellung einer Mauer genannt. Das Ziel des Prozesses ist hierbei im Vorfeld klar definiert – Herstellung einer Mauer – welches zugleich den gewünschten Endzustand des Prozesses widerspiegelt. Dem Prozess werden Materialien in Form einer gewissen Menge an Steinen, Mörtel etc. zugeführt. Durch die festgelegte Anzahl an eingesetztem Personal, die das gesetzte Ziel erreichen soll, wird dann die gewünschte Mauer errichtet. Gesteuert werden kann der Prozess ähnlich wie ein gesamtes Projekt [30] hinsichtlich Qualität, Wirtschaftlichkeit und Zeit.

2.4 Die Kostenrechnung der Prozesse

Die Kostenrechnung eines Prozesses im Modul des Phasenmodells gliedert sich nach den Kostenarten der Kosten- und Leistungsrechnung Bau (KLR)[31], **Bild 4**. Die Berechnung der Prozesskosten orientiert sich an der Umlagekalkulation nach Opitz.

Die Prozesse finden sich in allen Modulen des Prozessmodells wieder, von der Planung über die Realisierung und Nutzung bis hin zum Abriss. Prozesse bilden die notwendigen Ressourcenaufwendungen, aber auch die zu erwartenden Erträge über den Lebenszyklus einer Immobilie ab.

3 Das Modell

Jedes Modul besteht aus einer Anzahl von Prozessen, die sich über den Lebenszyklus als Netzplan, mit zusätzlichen Informationen zu Ressourcenaufwendungen, Kosten, Erträgen etc. zeitlich geordnet verteilen.

Bild 5 zeigt das gesamte Prozessmodell mit den Lebenszyklusphasen nach GEFMA, den integrierten Hauptmodulen in der Phase „Realisierung“ und den Prozessen bzw. Prozessketten. Neben den Hauptmodulen zeigt das Bild, dass den Hauptmodulen „Planungsprozesse“ vorgeschaltet und „Betriebsprozesse“ nachgeschaltet werden. Wie sich die Be-

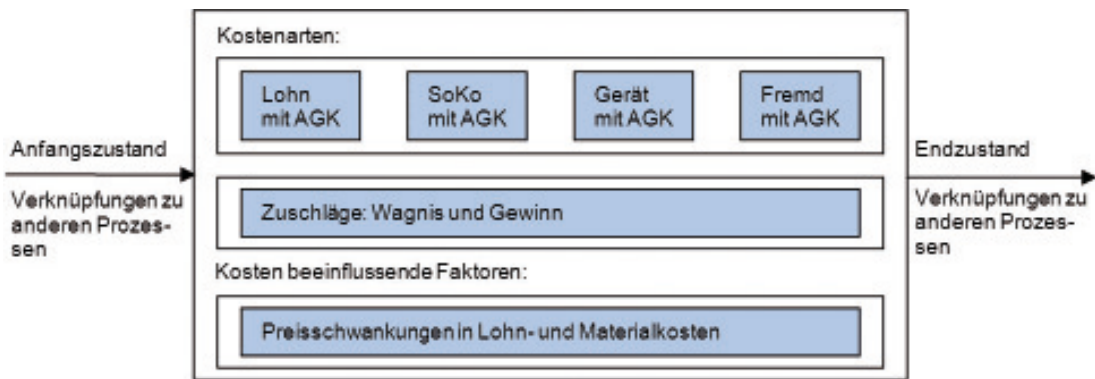


Bild 4. Prozess und Kostenrechnung
Fig. 4. Process and cost calculation

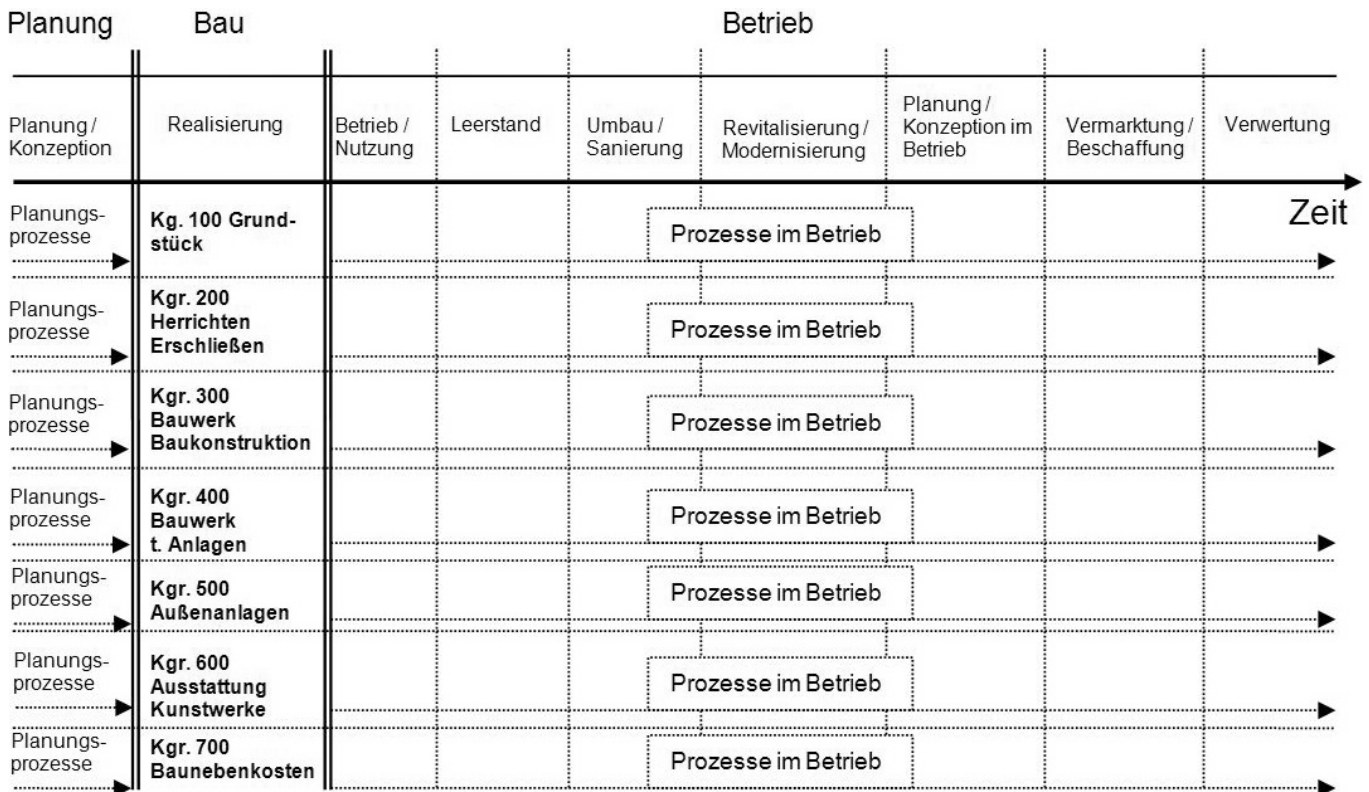


Bild 5. Prozessmodell
Fig. 5. Process model

rechnung über den Lebenszyklus darstellt, ist von dem jeweiligen Bauwerk und seinen Eigenschaften abhängig. Werden für eine bestimmte Immobilie die notwendigen Module zusammengefügt, werden die Prozesse der einzelnen Module mit in den Lebenszyklus integriert und ggf. untereinander entsprechend korreliert.

3.1 Prozessketten

Die Prozesskette verknüpft die einzelnen Prozesse eines Moduls. Eine Prozesskette spiegelt den Ablauf eines Moduls über einen Betrachtungszeitraum wider. Dabei stellt sich der Ablauf der Prozesse als Netzplan dar, in dem Prozesse (Vorgänge) mit seinem Nachfolger und Vorgänger verknüpft werden. Die Verknüpfungen können in Anlehnung an die DIN als Anordnungsbeziehung mit einem definierten Abstand verstanden werden.

Wird ein Modul (Konstruktionselement) in oder an einem Bauwerk planerisch integriert und wird es anschließend realisiert, zieht das später neben den reinen Herstellungsprozessen (Aufwendungen) auch Folgeprozesse (Aufwendung) und/oder zusätzliche Erträge nach sich. Wird beispielsweise eine Wand hergestellt, so wird diese in irgendeiner Form weiter verkleidet. Über die Lebensdauer oder über einen Betrachtungszeitraum hinweg erfolgt die Pflege, Wartung, Instandsetzung etc. dieser Elemente. Bild 6 zeigt mögliche Prozessketten eines Bauwerksmoduls Beispiel M4 „Glaswand“. Neben dem reinen Herstellungsprozess verursacht die Konstruktion Nachfolgeprozesse im Betrieb z.B. für Pflege und Wartung, Modernisierung, Instandhaltung oder auch für den Energieeinsatz, die z.B. abhängig von dem U-Wert und Temperaturgefälle der Konstruktion (Berechnung nach [32]) sind.

Modul Beispiel M4 Glaswand
Perioden

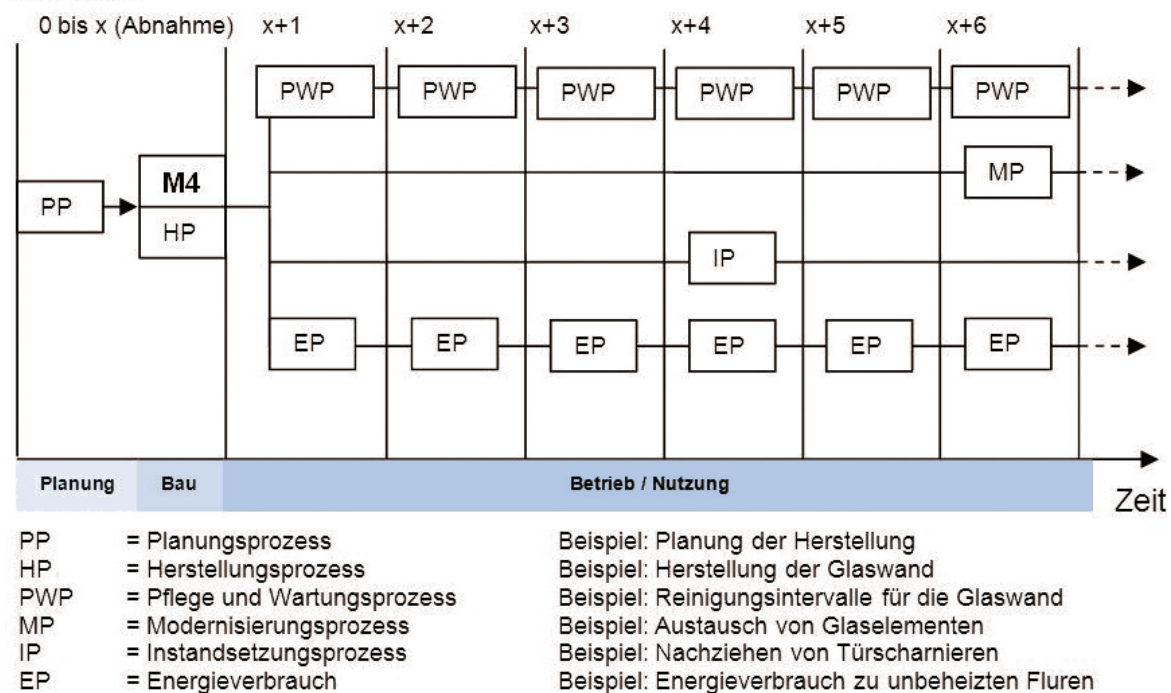


Bild 6. Beispiel – Modul mit Prozessketten
Fig. 6. Example – Module with process chain

Prozessketten einzelner Module haben Abhängigkeiten untereinander. Baut beispielsweise in der Herstellungsphase das Modul „M7 Betondecke“ auf das Modul „M6 Mauer“ auf, so kann die Decke erst erstellt werden, nachdem die Mauer hergestellt wurde. In den Betriebsphasen stellen sich diese Abhängigkeiten nicht so kausal dar. Hier sollten Prozessketten so verknüpft werden, dass möglichst wenige Ressourcen eingesetzt werden müssen. Dieses ist größtenteils abhängig vom einzelnen Fachplaner oder Facility Manager. Unterschieden werden kann dabei die Pflege und Wartung der Bauelemente gegenüber Maßnahmen ihrer Instandsetzung oder Modernisierung.

Handelt es sich bei einer betrachteten Prozesskette beispielsweise um eine massive oder in leichter Bauweise erstellte Wand, so kann diese über den Lebenszyklus mehrfach gestrichen werden. Handelt es sich hingegen um eine Glaswand, so wird diese in regelmäßigen Abständen gereinigt. Welche von den beiden Varianten für ein bestimmtes Bauwerk über einen Betrachtungszeitraum wirtschaftlicher ist, wird mit den einzelnen Prozessketten bestimmt.

Instandsetzungs- und Modernisierungsintervalle von Materialien sollten schon in der ersten Planung aufeinander abgestimmt werden. Aufgabe des Planers ist es dabei, die Module untereinander während der Planung anzupassen, d.h. beispielsweise Module wie Bodenbeläge und Wandverkleidung einer Räumlichkeit sollten zu dem prognostizierten Instandsetzungsintervall zeitlich und somit monetär harmonisiert werden, sodass der laufende Betrieb nicht zu stark gestört und die Ressourcenaufwendungen möglichst gering gehalten werden.

Für die Erträge werden eigene Prozessketten erstellt. Diese orientieren sich an der Grundfläche der einzelnen Räume oder des gesamten Bauwerks. Die Höhe der prognostizierten Erträge kann mit Hilfe von z.B. Mietspiegeln und weiter

durch die eingesetzten Module (Attraktivität der Bauwerksmodule und prognostizierten Betriebsausgaben für z.B. Pflege und Wartung) beeinflusst und bestimmt werden. Die Prozessketten der Aufwendungen und der Erträge bilden die Grundlagen für das betriebswirtschaftliche Modell.

3.2 Betriebswirtschaftliches Modell

Ziel des betriebswirtschaftlichen Modells ist es, eine Gesamtrendite für eine Immobilie zu errechnen. Mit Hilfe der Prozesse werden die einzelnen Aufwendungen und Erträge (Strömungsgrößen) in den betrachteten Perioden erfasst und saldiert oder Überschüsse diskontiert. Die saldierten Beträge werden dann herangezogen, um die Anfangsinvestition und ggf. die Abrisskosten am Ende der Betrachtung zu tilgen. Die Endsumme (Endsaldo) stellt die Gesamtrendite über das Betrachtungsfenster dar.

Zur Erfassung der Strömungsgrößen werden die einzelnen Prozesse in den betrachteten Zeiträumen zugrunde gelegt. Die Prozesse beinhalten neben den reinen Aufwandsgrößen für Personal, Material, Gerät oder Sonstiges auch monetäre Größen, die für die Renditeberechnung benötigt werden.

Die notwendigen Zahlen bekommt das betriebswirtschaftliche Modell [33], [34],[35] aus den Prozessen. Die Aufwendungen kommen aus dem kalkulierten Prozessbedarf, wie z.B. Personal, Material zu Personalkosten und Materialkosten. Die Prozessketten für die Erträge orientieren sich an der Grundfläche.

Der chronologische Aufbau mit Hilfe der Prozesse ermöglicht es, kalkulierte Kosten und Erträge periodengerecht über den Lebenszyklus zu berechnen. Stromgrößen, die den Prozessen zugeordnet worden sind, lassen sich in den einzelnen Perioden direkt saldieren. Überschüssige Aufwendungen oder Erträge können so aus den Perioden direkt weiter verzinst und auf die gesamte Rendite verrechnet werden.

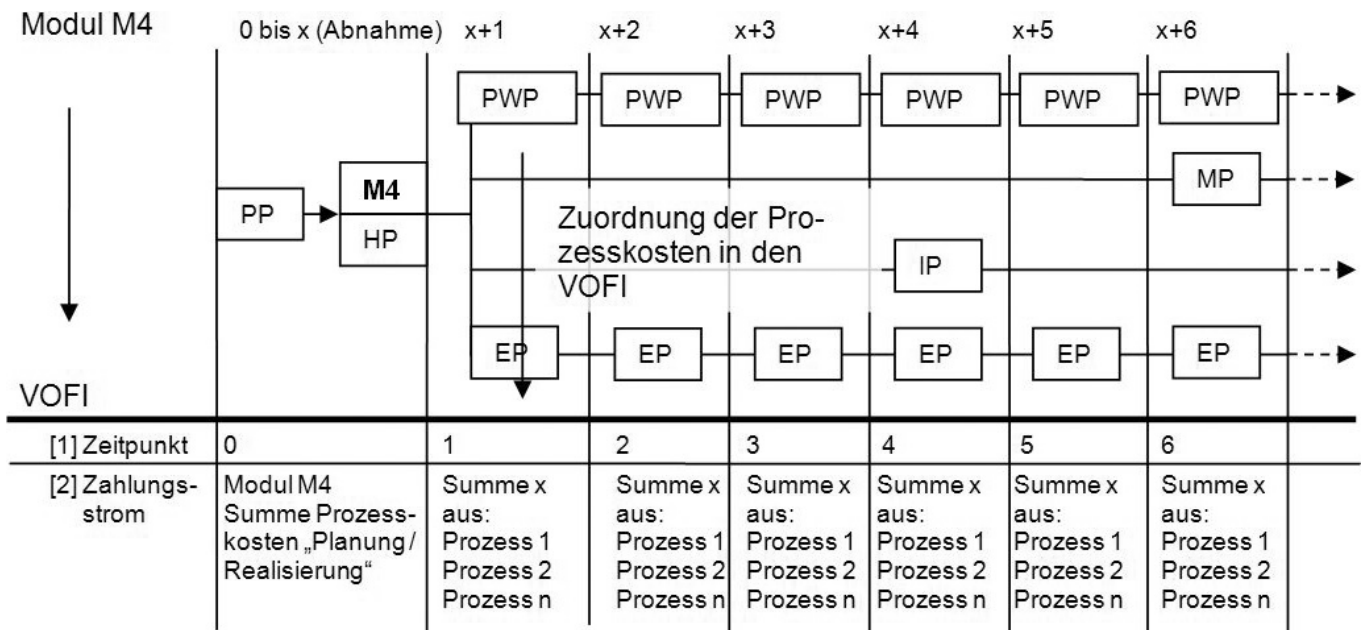


Bild 7. Periodengerechte Zuordnung der Prozesskosten in den vollständigen Finanzierungsplan
Fig. 7. Accrued assignment of process cost in financing plan

Aus den chronologisch zusammengeführten Prozessketten entsteht ein vollständiger Finanzierungsplan (VoFI). Der vollständige Finanzierungsplan bildet die anfallenden Stromgrößen in den Perioden tabellarisch ab. Sämtliche Ein- und Auszahlungen werden periodenindividuell und explizit dargestellt. Die einzelnen, zeitlich prognostizierten Prozesse lassen sich in die jeweilige Periode zeitgerecht einsetzen und verbuchen. Werden Module für den Vergleich von verschiedenen Bauwerksvarianten ausgetauscht, so werden die dazugehörigen Prozesse einerseits gelöscht und durch die neuen Prozesse (Einnahmen oder Aufwendungen) ersetzt. Hierdurch wird der Planungsaufwand für Vergleiche von Bauwerkalternativen erheblich minimiert. **Bild 7** zeigt die

periodengerechte Zuordnung in den vollständigen Finanzierungsplan (VoFI).

Dem Investitionsobjekt werden die Kapitalquellen im VoFI zugeordnet. Die zugeordneten Finanzquellen stellen das Finanzierungsprogramm für das betrachtete Bauwerk dar. Überdies lassen sich im VoFI Kredittilgungen, Entnahmen und Wiederanlage frei gewordener, finanzieller Mittel abbilden.

Der VoFI bringt gegenüber der klassischen Investitionsrechnung für eine wirtschaftliche Bauwerksbewertung mehrere Vorteile. Die Konditionenvielfalt auf dem Finanzierungssektor kann im VoFI erfasst werden. Er gibt eine erhebliche Transparenz, da sämtliche monetären Bewegungen abgebildet werden. Durch kontinuierliches Fortschreiben im Betrieb ermöglicht er einen guten Soll-Ist-Vergleich. Bei auftretenden Problemen kann frühzeitig gegengesteuert werden.

Gerade durch die Modulanwendung auf Bauwerksebene lassen sich so laufend Benchmarks erstellen, die wiederum Wissen und Erfahrungen über einzelne Module geben und für weitere Bauvorhaben als Grundlage herangezogen werden können. Die Wirtschaftlichkeit einzelner Bauwerksmodule kann festgestellt werden.

4 Anwendungsbeispiel

Das Anwendungsbeispiel [36] zeigt, wie Module und Prozessketten gebildet und in das betriebswirtschaftliche Modell integriert werden. Das betriebswirtschaftliche Modell ermittelt mit Hilfe der Module und Prozesse die Gesamttrendite der untersuchten Bauwerksvariante. In einem weiteren Schritt wird dokumentiert, wie durch Austauschen eines Modules eine Bauwerksvariante berechnet werden kann. Um das Beispiel übersichtlich zu halten, werden fünf Module eines Gesamt-

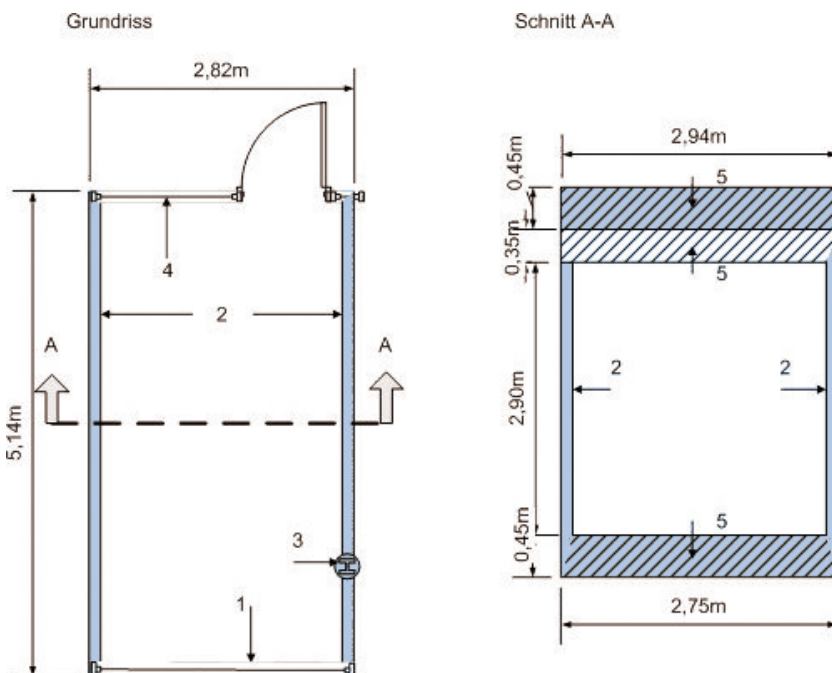


Bild 8. Beispiel Büroraum
Fig. 8. Example office space

Tabelle 1. Beispielberechnung vollständiger Finanzierungsplan
 Table 1. Example calculation financing plan

[1]	Zahlung	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
[2]	Zahlungsstrom der Investition (Einzahlungsüberschuss)													
	Modul 1 Fassade	-5.500	-110	-110	-110	-110	-110	-110	-110	-110	-110	-110	-110	-110
	Modul 2 Bürotr.-W.	-700	-18	-18	-18	-18	-18	-618	-18	-18	-18	-18	-18	-18
	Modul 3 Stütze	-1.500	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12
	Modul 4 Glästr.-W.	-3.500	-460	-460	-460	-460	-460	-460	-460	-460	-2260	-460	-460	-460
	Modul 5 Decke	-1.500	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
	Modul 6 (Einnahmen)		2.640	2.640	2.640	2.640	2.640	2.640	2.640	2.640	2.640	2.640	2.640	2.640
	Eigene liquide Mittel													
[3]	+ Anfangsbestand													
[4]	- Entnahme													
[5]	+ Einlage													
	Standardkredit													
[6]	+ Aufnahme	12.700												
[7]	- Tilgung													12.700
[8]	- Sollzinsen		889	889	889	889	889	889	889	889	889	889	889	889
	Standardanlage													
[9]	- Anlage		1.141	1187	1234	1283	1335	788	1420	1477	-264	1525	1586	
[10]	+ Auflösung													11051
[11]	+ Habenzinsen			46	93	142	194	247	279	336	395	384	445	508
[12]	Finanzierungssaldo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bestandsgrößen													
[13]	Kreditbestand	12.700	12.700	12.700	12.700	12.700	12.700	12.700	12.700	12.700	12.700	12.700	12.700	0
[14]	Guthabenbestand		1.141	2.328	3.562	4.845	6.180	6.968	8.388	9.864	9.600	11.125	12.711	1.660
[15]	Bestandssaldo	-12.700	-11.559	-10.372	-9.138	-7.855	-6.520	-5.732	-4.312	-2.836	-3.100	-1.575	11	1.660

systems für die Berechnung zu Grunde gelegt. Die Module beschreiben den Konstruktionsaufbau eines Büroraums ohne technische Anlagen. Seitliche Trennwände, Fassade, Decke, Fußboden und gläserne Trennwand zum Flur werden durch die fünf Module dargestellt. Bild 8 zeigt den Büroraum.

Die einzelnen Module setzen sich zusammen aus:

- 1 verglaste Fassade
- 2 Bürotrennwand KG-Konstruktion
- 3 Stütze
- 4 Elementtrennwand aus Glas mit Ganzglastürelement
- 5 Stahlbetondecke mit Fußbodenaufbau und Klimatisierungsbereich

Eine Prozesskette eines Moduls über einen definierten Zeitraum stellt sich in Bild 6 und 7 dar. Bild 7 zeigt eine Prozesskette für das Modul 4 „Elementtrennwand aus Glas mit Ganzglastürelement“ über sechs Perioden (Jahre). Die Prozesskette startet mit dem Planungsprozess (PP), diesem folgt der Herstellungsprozess (HP), die Bezeichnung M4 steht für das Modul Nummer 4. Das Modul steht für ein Konstruktionsselement, z.B. die gläserne Trennwand zum Flur. Das Modul stellt neben den Planungs- und Herstellungskosten Folgekosten im Betrieb dar. Die Betriebskosten kommen je nach Bauwerkselement aus den gewählten Phasen, wie z.B. Pflege / Wartung, Instandsetzung, Modernisierung / Revitalisierung und auch aus dem Energieverbrauch für Heizung und Kühlung. Die Bilder stellen, ausgehend von dem gewählten Modul, vier Prozesslinien dar. Diese bestehen exemplarisch aus:

- Pflege und Wartungsprozessen
- Instandhaltungsprozessen
- Modernisierungsprozessen
- Energieverbrauch

Die Bilder zeigen weiter, dass bei dem gewählten Modul in jeder Periode Pflege und Wartungskosten anfallen, für z. B. Reinigen der Glasflächen. Ebenso fallen Energiekosten an,

bedingt durch den U-Wert z.B. zu einem unbeheizten Flur. Ein Instandsetzungsprozess für z.B. das Nachstellen von Türscharnieren wird in Periode 4 berücksichtigt. In Periode 6 müssen exemplarisch Modernisierungsmaßnahmen für z.B. eine komplette Erneuerung der Trennwand durchgeführt werden.

Auf diese Art und Weise werden dann sämtliche Module erzeugt und zu einem gesamten Prozessmodell geformt. Ist das Prozessmodell erzeugt, werden den Prozessen die wirtschaftlichen Größen hinterlegt. Hierzu kommt die Prozesskette der Erträge, die aus den Marktstudien bzw. dem üblichen Mietspiegel etc. ermittelt worden sind.

Ist das Prozessmodell erzeugt, können die monetären Größen in den VoFI überführt werden. Zu Beginn werden in der Periode 0 die fünf Module des Anwendungsbeispiels mit ihren Herstellungskosten eingetragen. Danach erfolgt die Eintragung der Prozesskosten über die 12 Perioden (Jahre).

Fallen weitere Kosten, die nicht den Modulen zugeordnet werden können, wie z.B. Hausmeisterkosten oder Energiekosten an, so werden diese als Gemeinkosten berücksichtigt und quadratmeterbezogen umgelegt. Die nach den Marktstudien ermittelten Mieten fließen in einer separaten Prozesskette quadratmeterbezogen mit in die Berechnung ein. Für dieses Beispiel sind aus technischer Sicht für das Modul 2 und 4 in den Perioden 6 und 9 Instandsetzungsmaßnahmen prognostiziert worden, die mit ihren erhöhten Kosten direkt in den Finanzierungsplan einfließen.

Weiter wird für dieses Beispiel zugrunde gelegt, dass die Herstellungskosten als Kredit mit einem Zinssatz von 7% und einer Laufzeit von 12 Jahren aufgenommen wurden. Überschüssige Rückflüsse aus der Miete können in diesem Beispiel bei einer Bank zu 4% angelegt werden.

Tabelle 1 stellt detailliert dar, wie Einnahmen und Aufwendungen in den einzelnen Perioden veranschlagt und am Ende zu einer Gesamttrendite verrechnet werden können.

Das Ergebnis dieser Herstellungsvariante mit den zugrunde gelegten Zinssätzen, wäre bei einem Herstellungspreis von

anteilig 12 700,- €, prognostizierten periodischen Betriebsausgaben von 610,- €, den Instandsetzungskosten und mit 2 640,- € Einnahmen je Periode, dass die Variante 1 660,- € nach 12 Jahren erwirtschaftet hat. Die Variante wäre daher wirtschaftlicher werden würde, kann nun durch Austauschen entsprechender Module untersucht werden.

Durch Austauschen eines Modules, kann eine neue Bauwerksvariante berechnet werden. Werden ganze Gebäudekomplexe verändert, lassen sich auch hier durch Auswechseln der entsprechenden Modulgruppen Varianten berechnen und vergleichen.

Wird beispielsweise anstelle einer Glastrennwand eine Gipskartonwand gewählt, so ändern sich nicht nur die Herstellungskosten für diese Variante, sondern auch die Aufwendungen z.B. für Pflege und Wartung. Je nach gewählter Dichte der definierten Intervalle, können so die Kosten der einzelnen Varianten berechnet und verglichen werden. Das Bauwerk kann so an die Wünsche des Investors in Abgleich mit seinem Budget optimiert werden. Die Planungsaufwendungen für Bauwerksalternativen werden durch diese Herangehensweise stark reduziert und erleichtern jedem Planer die Berechnungen.

5 Zusammenfassung

Das Berechnungsmodell zeigt, wie sich die Gesamttrendite eines Bauwerks bestimmen lässt. Der Weg von einem Phasenmodell über ein Modul-, Prozessmodell bis hin zum betriebswirtschaftlichen Modell, ist eine gute Möglichkeit sämtliche Einflussfaktoren zu erfassen und numerisch zu bestimmen. Hierbei stellt sich das Modell als transparent und vollständig dar. Die Module, die in Anlehnung an die DIN strukturiert und mit Hilfe der Kosten- und Leistungs-

rechnung in den Prozessen monetär kalkuliert werden, stellen eine gute Basis für die Berechnung dar. Die Separierung der gesamten Konstruktion in Module erlaubt Benchmarks für weitere Bauwerke zu erstellen und Erfahrung anzusammeln. Der Planer hat mit Hilfe der Wahl seiner Prozessintervalle die Möglichkeit, eigene Untersuchungen durchzuführen, die Konstruktion an Nutzergewohnheiten anzupassen und die Auswirkungen an verschiedenen Planungsvarianten zu analysieren.

Die Herangehensweise des Baukastenprinzips bringt erhebliche zeitliche Einsparungen bei der Planung von Bauwerken über den Lebenszyklus. Im Betrieb lassen sich die gewählten prognostizierten Prozessintervalle laufend der Realität anpassen und gewährleisten einen Soll-Ist-Abgleich. Aus den so gesammelten Daten lässt sich Wissen über Konstruktionselemente sammeln, was für weitere Bauwerksplanungen als Optimierungsgrundlage verwendet werden kann.

6 Ausblick

Die Herangehensweise mit Hilfe des Prozessmodells über den Lebenszyklus gestattet die Integration von vielen weiteren wirtschaftlichen Einflussfaktoren. So lassen sich z.B. Attraktivitätsmerkmale oder Nutzergewohnheiten in die Module integrieren. Auch Faktoren, die wirtschaftliche Unschärfen in der Prognose darstellen, lassen sich separieren und transparent abbilden.

Die Berechnung von Lebenszyklusrenditen und insbesondere der Integration der „Weichen Faktoren“, wie z. B. der Attraktivität in der Berechnung, bildet eine Schwerpunktforschung am Institut für Baubetrieb an der Universität der Bundeswehr in München.

Literatur

- [1] Pelzeter, A.: Lebenszykluskosten von Immobilien – Vergleich möglicher Berechnungsansätze. In: Zeitschrift für Immobilienökonomie 2/2007 S. 35 – 54
- [2] Girmscheid, G.; M. Kapp: Risikobasiertes probabilistisches LCCA-Modell zur Bewertung baulicher Lösungen. In: Bauingenieur Band 80 Hauptaufsatz, Juni 2005
- [3] Girmscheid, G.: Risikobasiertes probabilistisches LC-NPV-Modell – Bewertung alternativer baulicher Lösungen. In: Bauingenieur Band 81 Hauptaufsatz, September 2006
- [4] LEGEP Software GmbH: LEGEP Lebenszyklus-Gebäude-Planung, Dachau 2004
- [5] Riegel, G.: Ein softwaregestütztes Berechnungsverfahren zur Prognose und Beurteilung der Nutzungskosten von Bürogebäuden, Dissertation TU Darmstadt, Institut für Massivbau, Prof. Graubner (Hrsg.), Darmstadt 2004
- [6] Diederichs, C. J.: Entwicklung eines Bewertungssystems für die ökonomische und ökologische Erneuerung von Wohnungsbeständen; Fraunhofer IRB Verlag; Stuttgart 2003
- [7] Graubner C. A.; Hüske K.; Nachhaltigkeit im Bauwesen Grundlagen – Instrumente – Beispiele; Ernst und Vogel Verlag Berlin 2003
- [8] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen; Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.) Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Januar 2001, 2. Nachdruck (mit redaktionellen Änderungen)
- [9] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.); Leitfaden Wirtschaftlichkeitsuntersuchung bei PPP Projekten; September 2006
- [10] ISO 15686 –1–5: Buildings and constructed assets – Service life planning, Part 1: General principles, 2000
- [11] ASTM 917–02: Standard Practice for Measuring Life-Cycle Costs of Buildings and Building Systems, USA 2002
- [12] AS/NZS 4536: Life cycle costing – An application guide, Australien/ Neuseeland 1999
- [13] NS 3454: Life cycle cost for building and civil engineering work – Principles and classification, Norwegen 2000.
- [14] GEFMA, Deutscher Verband für Facility Management e. V. GEFMA Richtlinie 100–1 Facility Management: Grundlagen
- [15] GEFMA, Deutscher Verband für Facility Management e. V. GEFMA Richtlinie 100–2 Facility Management: Leistungsspektrum
- [16] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung; Wertermittlungsverordnung (WertV 98); Fassung vom 18. August 1997
- [17] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung; Wertermittlungsrichtlinie (WertR); Stand amtliche Fassung 10.Juni 2006
- [18] Kleiber W., Simon J.: Marktwertermittlung unter Berücksichtigung der Wertermittlungsrichtlinien WertR 02 praxisnahe Erläuterung zur Verkehrswertermittlung von Grundstücken; WertV 98; Bundesanzeiger Verlag; 2004

- [19] Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (Hrsg.); BKI Baukosten 2006 Teil I-III; Stuttgart 2006
- [20] König, M.; Mandl W.; Baukosten Atlas; WEKA MEDIA GmbH & CO. KG; Augsburg 2005
- [21] Schwirley, P.; Bewertung von Mieten bei Miet- und Verkehrswertgutachten; Bundesanzeiger Verlag; 2. Auflage 2006
- [22] Schulte K. W.; Immobilienökonomie; Band IV; Volkswirtschaftliche Grundlage; Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH 2008
- [23] Gondring, H.; Lammel E. (Hrsg.); Handbuch Immobilienwirtschaft; Gabler Verlag; 1. Auflage Juni 2001
- [24] Schub A., Stark K.: Life Cycle Cost von Bauobjekten, Methoden zur Planung von Erst- und Folgekosten; Schriftenreihe der Gesellschaft für Projektmanagement H. Schelle (Hrsg.); Köln 1985
- [25] Pfeiffer M.; Bau- Nutzungskosten-Kennwerte für Wohnungsgebäude; Fraunhofer IRB-Verlag; Berlin 2006
- [26] DIN 276-1 Kosten im Bauwesen; Teil 1: Hochbau
- [27] DIN 69 900: Projektwirtschaft Netzplantechnik – Grundlagen
- [28] DIN 69 901: Projektwirtschaft Projektmanagement – Begriffe
- [29] DIN 69 901-2: Projektmanagement – Projektmanagementsysteme – Teil 2: Prozesse, Prozessmodell
- [30] Diederichs C. J.; Immobilienmanagement im Lebenszyklus; Projektentwicklung, Projektmanagement, Facility Management, Immobilienbewertung; 2., erweiterte und aktualisierte Auflage; Springer Verlag 2005
- [31] Hauptverband d. Deutschen Bauindustrie; Zentralverband d. Deutschen Baugewerbes (Hrsg.); KLR Bau. Kosten- und Leistungsrechnung der Bauunternehmen; 7. Auflage; Juni 2001
- [32] DIN 18599 Teil 1 bis Teil 10; Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwasser und Beleuchtung
- [33] Grob, H. L.; Einführung in die Investitionsrechnung; Vahlen Verlag; 5. Auflage 2006
- [34] Schulte G.; Investition, Investitionscontrolling und Investitionsrechnung; Oldenbourg Verlag; 2. Auflage 2007
- [35] Schmidt, A.; Kostenrechnung – Grundlagen der Vollkosten-, Deckungsbeitragsrechnung sowie des Kostenmanagements; Verlag W. Kohlhammer; 4., überarbeitete Auflage 2005
- [36] Lisson, M. (2008); Nachhaltiges Immobilienmanagement „Entwicklung eines Finanzierungsplanes zur Berechnung von Investitions- und Verbrauchskosten für Büroraumkonzepte an einem Praxisbeispiel“, Diplomarbeit (unveröffentlicht), Institut für Baubetrieb, Universität der Bundeswehr München

Buchbesprechung

Mobile Computing im Bauwesen – Konzepte, Anwendungen, Potentiale – Rainer Schach, Raimar J. Scherer, Karsten Menzel Verlag: Expert-Verlag 2007; ISBN: 978-3-8169-25897 249 Seiten, 44,00 Euro, 73,00 CHF

Im Rahmen der Schriftenreihe des Instituts für Baubetriebswesen der Technischen Universität Dresden ist im expert-Verlag das Buch „Mobile Computing im Bauwesen – Konzepte, Anwendungen, Potentiale“ von Rainer Schach, Raimar J. Scherer, Karsten Menzel sowie sieben Mitautoren erschienen. Das Buch stellt die Ergebnisse eines Verbund-Forschungsprojektes vor. Darin wurde eine prototypische Softwareanwendung für die Steuerungs-, Kontroll- und Dokumentationsprozesse im Bauwerkerstellungsprozess auf Basis mobiler Informationstechniken entwickelt. Der Schwerpunkt der Anwendung liegt bei kleineren und mittleren Handwerksbetrieben und Bauunternehmen.

Einen umfangreichen ersten Teil widmen die Autoren den technischen Grundlagen des Mobile Computing. Aufgrund der Schnelllebigkeit der Innovationen und Entwicklungen in der IT-Branche können aus diesem Teil vor allem Trends abgeleitet werden. Im zweiten Teil des Buches stellen die Autoren ihr Verständnis von den Prozessen der Bauwirtschaft mit ihren spezifischen Besonderheiten vor und machen einen Vorschlag, wie diese Prozesse in der Sprache der IT-Wissenschaften abgebildet werden können. Der dritte Teil des Buches stellt Konzepte zur Anwendung des Mobile Computing im Bauwesen vor. Neben der webportalbasierten Anwendung für ein mobiles Bautagebuch und ein mobiles Mängel-

management, wird das Konzept einer Datenbank vorgestellt, in der Daten zur Baudokumentation und zu den Ausführungsprozessen verwaltet werden können. Aufgrund des Aufwandes und der Kosten, die mit der Erstellung und Pflege einer solchen Datenbank verbunden sind, eignet sich dieses Konzept vor allem für größere Bauunternehmen mit entsprechendem Kunden- und Projektdatenbestand. Im vierten Teil des Buches wird die Implementierung des Mobile Computing in die kleineren und mittleren Bauunternehmen erläutert. Behandelte Schwerpunkte sind die Mitarbeiterschulung, die Auswahlkriterien für die Funknetzinfrastruktur und die mobilen Endgeräte sowie die Bewertung der einzusetzenden Software. Das fünfte Kapitel berichtet von der Praxisanwendung der Forschungsergebnisse im mobilen Bautagebuch eines Handwerksbetriebs sowie im mobilen Mängel- und Gewährleistungsmanagement eines mittleren Bauunternehmens.

Mit der umfassenden Darstellung von Konzepten für die Anwendung des Mobile Computing im Bauwesen bietet das Buch eine fundierte Entscheidungsgrundlage für Entscheider in kleineren und mittleren Handwerksbetrieben und Bauunternehmen. Sie können auf dieser Grundlage die Potentiale des Einsatzes von Mobile Computing in ihren Unternehmen evaluieren und den Unternehmen so Wettbewerbsvorteile aufgrund effizienter Informations-, Dokumentations- und Datenaustauschprozesse ermöglichen. Die klare Gliederung, die verständliche und gleichzeitig präzise Sprache, sowie die grafische Ausstattung des Buches machen es für alle am Entscheidungsprozess beteiligten Akteure empfehlenswert.