

DISSERTATION

**Entwicklung eines wahrscheinlichkeitsbasierten Rechenmodells
für den Lebenszyklus einer Hochbau – Immobilie**

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der technischen Wissenschaften

unter der Leitung von

O. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn.
Wolfgang J. Oberndorfer
E 234 Institut für
Baubetrieb und Bauwirtschaft

O. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn.
Andreas Kolbitsch
E 215 Institut für
Hoch- und Industriebau

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Dipl.-Ing. Josef H. Zauner
Matrikelnummer: 9425159
A-4675 Weibern, Hauptstraße 32

Weibern, im Mai 2003


Unterschrift

Kurzfassung

In all jenen Fällen, in denen mit einer Immobilie vorrangig wirtschaftliche Ziele verfolgt werden, empfiehlt sich eine Betrachtung des Lebenszyklus des Immobilienobjektes hinsichtlich der Einnahmen und Ausgaben bereits in der Konzeptions- und Planungsphase. Die Schwierigkeit einer derartigen Lebenszyklusuntersuchung besteht allerdings darin, dass hierbei Aussagen über die Zukunft getroffen werden müssen, die mit Ungewissheiten behaftet sind.

Trotzdem bzw. gerade deswegen wird der Lebenszyklus einer Immobilie bis dato entweder gar nicht, oder wenn, dann rein „deterministisch“ analysiert. Das heißt, dass alle in die Untersuchung einbezogenen Größen so behandelt werden, als ob sie eindeutig bekannt wären, obwohl mitunter erhebliche Unklarheiten existieren.

Daher wird die These aufgestellt, dass rein deterministische Modelle schwer in der Lage sind, den Lebenszyklus einer Immobilie hinreichend genau abzubilden. Zur Verifizierung dieser These wird ein wahrscheinlichkeitsbasiertes Rechenmodell entwickelt, mithilfe dessen Ungewissheiten in Bezug auf unterschiedlichste Einflussgrößen berücksichtigt werden können. Die Arbeit konzentriert sich in diesem Zusammenhang in erster Linie auf den Bereich der Lebenszyklusaufgaben sowie auf die praktisch anwendbare, methodische Verarbeitung ungewisser („variabler“) Größen.

Da bei einer Lebenszyklusuntersuchung die Anzahl der beteiligten variablen Größen durchaus im Bereich von 1.000 bis 10.000 oder darüber liegen kann und analytische Berechnungsmethoden aufgrund des hohen Zeitbedarfs (mitunter mehrere Monate oder Jahre) praktisch nicht durchgeführt werden können, wurde ein eigenständiges numerisches Verfahren entwickelt. Das Verfahren zeichnet sich durch eine hohe Ergebnissenauigkeit bei geringem, vorweg angebbarem Zeitbedarf (im Bereich von Minuten) aus, der lediglich linear mit der Anzahl der beteiligten variablen Größen steigt. Im Vergleich zu Methoden der statistischen Simulation (z.B. Monte-Carlo-Methode) werden die Ergebnisse in eindeutiger Art und Weise erhalten.

Zur Sicherstellung der universellen – und nicht nur in ausgesuchten Einzelfällen möglichen – Anwendbarkeit des Rechenmodells sind vorweg Grenzwertuntersuchungen durchgeführt worden, um die möglichen Auswirkungen von Extremfällen / Sonderfällen beurteilen zu können. Die Ergebnisse dieser praktischen Analysen und Gedankenexperimente sind in die Entwicklung des Rechenmodells eingeflossen.

Durch die Implementierung der Wahrscheinlichkeitstheorie in das Rechenmodell tritt im Gegensatz zu rein deterministischen Modellen die Frage der „Abhängigkeit vari-

abler Größen“ auf. Sofern Abhängigkeiten nicht dezidiert formuliert werden können (z.B. durch Angabe von Korrelationskoeffizienten oder spezielle Zuordnung von Ereignissen), wird im Rahmen des Rechenmodells von voneinander unabhängigen Größen ausgegangen. Da das Ausmaß der bei Lebenszyklusuntersuchungen von Immobilien zur Verfügung stehenden Informationen über Abhängigkeiten üblicherweise gering ist, wird in der Dissertation nur auf praktisch vorkommende Abhängigkeitsverhältnisse näher eingegangen.

Das präsentierte Rechenmodell basiert auf einem Zahlungsflussmodell, bei dem die auf die Immobilie bezogenen Einnahmen und Ausgaben unter Berücksichtigung einer Kapitalverzinsung jahresgenau auf einem speziellen „Objektkonto“ verbucht werden. Der Verlauf dieses Objektkontos stellt ein zentrales Resultat des Rechenmodells dar und wird in einem dreidimensionalen Raum (Koordinatenachsen: „Zeit“, „Objektkontostand“, „Wahrscheinlichkeitsdichte“) abgebildet. Durch die somit im Ergebnis selbst implementierte Veranschaulichung der Ungewissheit in Bezug auf das Ergebnis ergibt sich im Vergleich zu rein deterministischen Modellen eine völlig neue Qualität der Aussage.

Abstract

Considering the economics of buildings a cash-flow-based life-cycle-analysis is seen to be crucial in the very days of developing and planning. However such an analysis of "object-related revenues and expenditures" requires statements about the future. Since future is linked to uncertainty, statements about the future are more or less uncertain.

Due to lack of definite knowledge of future events life-cycle-analysis is hardly performed. At the moment all such analyses treat the life-cycle in a "deterministic" way. This means that all quantities that have to be taken into account are considered to be exactly known – neglecting uncertainties.

This inconsistency leads to a simple thesis: *Pure deterministic approaches are hardly capable of modelling the life-cycle of real estate.*

For verification of this thesis a probabilistic approach is presented which is able to consider, manage and express the uncertainty inherent in data of input and output. In this work there is a concentration on life-cycle expenditures and on providing a practical, methodical way of processing uncertain quantities, i.e. "variables".

Life-cycle-analysis of buildings leads to a huge amount of variables that have to be taken into account – up to 1.000, 10.000 or even more. If the calculation process is conducted analytically, even modern computer-systems will need a lot of time to fulfill the task (up to years). Therefore a new numerical method has been developed that is characterised by high accuracy of results and low need of computing-time (a matter of minutes) which increases just linear with the number of variables. The computing-time may be predicted before the calculation starts. In comparison to methods of statistical simulation (e.g. Monte-Carlo-simulation) the presented numerical approach delivers all results in a definite way and does not use iterations.

To ensure universal applicability of the model presented and not only usability for "selected" examples, sensitivity-analyses have been conducted to see the effects of extreme values and special cases that may occur in practical operation. The results of these analyses and experiments of thought have had a strong influence on the development of the model.

In contrast to pure deterministic approaches models that implement the theory of probabilities have to consider the issue of "dependencies between variables". As long as such dependencies are unknown respectively cannot be expressed in a definite way by the user (e.g. by definition of correlation-coefficients or special relations between

certain elements of calculation), the model presented assumes all quantities involved to be independent of one another. Since life-cycle-analysis of real estate is characterised by a low amount of information about dependencies between variables, this doctoral thesis just goes into detail for “common” relations of dependency.

Regarding the economic aspect the developed model focuses on annual cash-flows. For every year of the object’s life-cycle revenues and expenditures are calculated and written to a special “object-related” account where interest is paid on capital. The values of this account represent the essential result of the model and are illustrated in a three-dimensional space with the dimensions time, account and density of probability. Since the illustration of uncertainty is implemented in the results the presented model provides an utterly new quality of interpretation of its outcomes compared to pure deterministic models.

Vorwort

Ausgehend von einer ganzheitlichen Betrachtung von Immobilien zu Beginn dieser Arbeit führte die Beschäftigung mit Lebenszykluskosten bzw. -ausgaben sehr bald zur Notwendigkeit, ein bis dato nicht vorhandenes Rechenmodell zur Verfügung zu stellen, das imstande ist, den Lebenszyklus einer Immobilie einschließlich der Fülle an Ungewissheiten in transparenter Art und Weise darzustellen. Die Idee von einem dreidimensionalen Ergebnisraum mit den Koordinatenachsen „monetärer Wert“, „Zeit“ und „Wahrscheinlichkeitsdichte“ wurde zum Leitmotiv.

Für das von Anfang an in mich gesetzte Vertrauen sowie die Betreuung und Begutachtung der Dissertation danke ich Herrn o.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Wolfgang J. **Oberndorfer** sowie Herrn o.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Andreas **Kolbitsch**.

Weiters gebührt meinem Dienstgeber, der **AREV Immobilien GmbH**, aufrichtiger Dank für die Gewährung der erforderlichen zeitlichen Freiräume zur Verwirklichung der Dissertation, die dadurch in einem Zeitraum von rd. zwei Jahren abgeschlossen werden konnte.

Meinem Bruder **Roland** darf ich in diesem Zusammenhang sowohl für seine Skepsis als auch seine konstruktive Kritik in Bezug auf die vorliegende Arbeit danken. Er hat mir dadurch – wenn auch indirekt – stets wertvolle Anregungen geliefert und Gedankengänge in Bewegung gesetzt.

Während der Arbeit an dieser Dissertation hat sich eine Arbeitsgruppe des Österreichischen Normungsinstituts mit dem Entwurf für eine Neufassung der ÖNORM B 1801-1 „Kosten im Hoch- und Tiefbau – Kostengliederung“ aus dem Jahre 1995 beschäftigt. Für die ermöglichte Teilnahme an den Sitzungen dieser Arbeitsgruppe spreche ich dem Vorsitzenden, Herrn Bmst. Arch. Josef **Mahlknecht**, stellvertretend meinen Dank aus.

Nicht zuletzt bedanke ich mich bei meinen **Eltern** sowie meiner Freundin **Brigitte** für die Unterstützung und das Verständnis während meiner Beschäftigung mit der nun vorliegenden wissenschaftlichen Arbeit.

*Wer andere erkennt, ist gelehrt.
Wer sich selbst erkennt, ist weise.*

Laotse

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	I
Abstract	III
Vorwort	V
Inhaltsverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis	IX
1. Einleitung	1
1.1. Motivation	1
1.2. Forschungsansatz – These	3
1.3. Zielsetzungen für das Rechenmodell	4
1.3.1. Wahrscheinlichkeitstheoretische Betrachtungsweise	4
1.3.2. Flexibles Rechenmodell für den gesamten Immobilienlebenszyklus	4
1.3.3. Weiterentwicklung von Sensitivitätsanalysen	5
1.3.4. Checklistenfunktion	5
1.4. Aufbau der Dissertation	6
2. Grundlagen	7
2.1. Lebenszyklus einer Immobilie	7
2.2. Exkurs: Schlagwort „Facility Management“	10
2.2.1. Allgemeines	10
2.2.2. Facility Management – Anbieter	10
2.2.3. Facility Management – Software	13
2.3. Lebenszykluskosten	16
2.3.1. Allgemeines	16
2.3.2. Definition der Lebenszykluskosten	17
2.3.3. Objektentwicklungskosten	18
2.3.4. Objekterrichtungskosten	19
2.3.5. Objektnutzungskosten	21
2.3.6. Objektbeseitigungskosten	25
2.3.7. Lebenszyklusausgabenkatalog	26
2.4. Kostenplanung	27
2.4.1. Allgemeines, Definitionen	27
2.4.2. Methoden der Kostenermittlung	29
2.4.3. Informationen als Basis für Kostenermittlungen	32
2.5. Modelle zur Beurteilung von Immobilien	34
2.5.1. Liegenschaftsbewertung	34
2.5.2. Investitionsrechnung	35
2.5.3. Folgekostenrechnung	39
2.5.4. Lebenszykluskostenrechnung	43

3. Modellbildung	46
3.1. Zielsetzungen für die Modellbildung	46
3.2. Lebenszyklusausgabenkatalog (LZAK)	47
3.2.1. Definitionen	47
3.2.2. Struktur	50
3.2.3. Anmerkungen zum Inhalt des Lebenszyklusausgabenkataloges	52
3.3. Finanzmathematische Modellkomponente	55
3.3.1. Belegung des Lebenszyklusausgabenkataloges mit Ausgaben	55
3.3.2. Einrichtung eines fiktiven Objektkontos	57
3.3.3. Bezug der Objektkontostände auf einen einheitlichen Zeitpunkt	59
3.3.4. Beitrag der Lebenszyklusausgaben exklusive Finanzierungsausgaben zum Objektkonto (Barwerte)	60
3.3.5. Art der Finanzierung, Ermittlung der Finanzierungsausgaben	61
3.3.6. Beitrag der Lebenszyklusausgaben zum Objektkonto unter Berücksichtigung der Finanzierung (Barwerte)	69
3.4. Wahrscheinlichkeitstheoretische Modellkomponente	72
3.4.1. Prolog: Logik des Ungewissen	72
3.4.2. Mathematische Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie	73
3.4.3. Einführung variabler Größen	74
3.4.4. Rechenoperationen mit voneinander unabhängigen variablen Größen	83
3.4.5. Rechenoperationen mit voneinander abhängigen variablen Größen	87
3.4.6. Kumulation von Rechenoperationen	91
3.4.7. Anmerkung zum Einsatz der vorgestellten Algorithmen zur Durchführung wahrscheinlichkeitstheoretischer Berechnungen	98
3.5. Technische Modellkomponente	99
3.5.1. Berechnungsschemata	99
3.5.2. Vorberechnungsschritte	103
3.5.3. Praktische Anwendbarkeit	109
4. Illustration	111
4.1. Fallbeispiel 1 (31.12.1999, Determinismus)	111
4.1.1. Lebenszyklusausgaben (exkl. Finanzierung)	111
4.1.2. Finanzierung / Lebenszykluseinnahmen	114
4.2. Fallbeispiel 2 (31.12.1999)	117
4.2.1. Zusammenhang mit Fallbeispiel 1	117
4.2.2. Berechnungsschema	117
4.2.3. Berechnungsergebnisse	118
4.3. Fallbeispiel 3 (1.1.2002)	126
4.3.1. Zusammenhang mit den Fallbeispielen 1 und 2	126
4.3.2. Berechnungsergebnisse	126
5. Schlussbemerkungen	133
Literaturverzeichnis	135

Anhang

A. Komponenten des entwickelten Rechenmodells	A 1
B. Gliederung für Kosten / Ausgaben / Einnahmen	A 2
B.1. Kostengliederung gemäß ÖNORM B 1801-1	A 2
B.2. Kostengliederung gemäß ÖNORM B 1801-2	A 11
B.3. Kostengliederung gemäß DIN 276	A 13
B.4. Kostengliederung gemäß DIN 18960	A 23
B.5. Betriebskosten, Bewirtschaftungskosten und Bewirtschaftungsaufwand	A 26
B.6. Kostengliederungen für die Folgekosten gemäß Öfverholm	A 30
B.7. Lebenszyklusaufgaben	A 32
B.8. Lebenszykluseinnahmen	A 51
C. Öffentlich zugängliche Informationsquellen	A 52
D. Liegenschaftsbewertung	A 56
D.1. Ablaufschema der Verkehrswertermittlung bebauter Liegenschaften im Sachwertverfahren (vereinfacht)	A 56
D.2. Ablaufschema der Verkehrswertermittlung bebauter Liegenschaften im Ertragswertverfahren (vereinfacht)	A 56
D.3. Zuordnung von Begriffen	A 57
E. Beispiele für Rechenmodelle	A 58
E.1. Stochastisch optimiertes Lebenszyklusmodell für Gasturbinen	A 58
E.2. BLCC – Programm	A 60
F. Finanzmathematik	A 62
F.1. Wertminderung von Immobilien	A 62
F.2. Tilgungsdarlehen mit konstanter Annuität	A 65
F.3. Habenzinssatz und Sollzinssatz	A 67
G. Wahrscheinlichkeitstheorie	A 69
G.1. Mathematische Grundlagen der wahrscheinlichkeitstheoretischen Modellkomponente	A 69
G.2. Algorithmen für Rechenoperationen mit variablen Größen	A 76
G.3. Untersuchung zur EDV-technischen Umsetzbarkeit der wahrscheinlichkeitstheoretischen Modellkomponente	A 82
G.4. Psychologie und subjektive Wahrscheinlichkeit	A 102
G.5. Wahrscheinlichkeitsverteilungen	A 104
H. Technik	A 109
H.1. Vorschlag zur Extrapolation von Ausgaben in die Zukunft	A 109
H.2. Ableitung des Korrekturfaktors KF_I	A 113
I. Fallbeispiele	A 115
I.1. Fallbeispiel 1 (31.12.1999, Determinismus)	A 115
I.2. Fallbeispiel 2 (31.12.1999)	A 124
I.3. Fallbeispiel 3 (1.1.2002)	A 128

Lebenslauf

Abkürzungsverzeichnis

Anm.	Anmerkung
bzw.	beziehungsweise
CAFM	Computer Aided Facility Management
dt.	deutsch
engl.	englisch
et al.	und andere
exkl.	exklusive
FM	Facility Management
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
GB	GigaByte = 2^{30} Byte
inkl.	inklusive
i.w.S.	im weiteren Sinne
i.e.S.	im engeren Sinne
lat.	lateinisch
lt.	laut
LV	Leistungsverzeichnis
LZA	Lebenszyklusaufgaben
LZAK	Lebenszyklusaufgabenkatalog
p.a.	pro Jahr
u.a.	unter anderem
u.dgl.	und dergleichen
URL	uniform resource locator
usw.	und so weiter
vs.	versus
WWW	world wide web
z.B.	zum Beispiel

1. Einleitung

1.1. Motivation

Immobilienprojekte sind gekennzeichnet durch ein hohes Maß an Interdisziplinarität und daraus resultierender Komplexität.

Vor dem Hintergrund der Marktlage, der Wirtschafts- und Finanzwelt, der Politik und Rechtssysteme, der Erkenntnisse der Wissenschaften sowie der aktuellen Einschätzungen über die „Zukunft“ schlechthin werden Immobilienobjekte von und für Menschen bzw. von und für Unternehmen entwickelt, geplant, errichtet, betrieben und am Ende wieder abgerissen bzw. revitalisiert. Für die am Lebenszyklus einer Immobilie Beteiligten ergeben sich hierbei Anforderungen auf einem mitunter sehr hohen Komplexitätsniveau.¹

Der gesamtheitlichen Betrachtungsweise von Immobilienprojekten kommt in letzter Zeit unter dem Schlagwort des „Facility Management“ besondere Aufmerksamkeit zu. Dabei wird von Unternehmen die bestehende Aufgabenverteilung rund um die Immobilie in Frage gestellt und versucht, eine synergetische Zusammenführung unterschiedlichster Kompetenzen in völlig neuen Unternehmensformen zu erzielen, um in der Folge als „Facility Management Systemdienstleister“ am Markt auftreten zu können.²

Unabhängig davon, ob dieses Ziel im Rahmen eines Unternehmens oder in Zusammenarbeit mehrerer Facility Service³ – Anbieter verwirklicht wird, leitet sich aus der erwähnten Interdisziplinarität die Notwendigkeit intakter Schnittstellen zwischen den einzelnen am Lebenszyklus einer Immobilie Beteiligten ab. Neben anderen Parametern stellt die Qualität des Informationsflusses an diesen Schnittstellen einen Gradmesser für den zu erwartenden Erfolg eines Projektes dar – dies u.a. deshalb, weil die auf Basis der zur Verfügung stehenden Informationen getroffenen Entscheidungen aufgrund der langjährigen Dauer des Lebenszyklus einer Immobilie von entsprechend großer Tragweite für die Zukunft sind.

Eine der Kardinalgrößen, die es im Rahmen eines Immobilienprojektes zu beachten gilt und der sich diese Arbeit im Speziellen widmet, ist die Kostensituation. Der Begriff „Kosten“ wird im deutschen Sprachgebrauch sehr universell verwendet, bezieht sich jedoch in der Terminologie der Betriebswirtschaftslehre nur auf den „monetär

¹ Vgl. May, 1997, S. 470

² Vgl. Staudt / Kriegesmann / Thomzik, 1999, S. 209ff

³ Vgl. VORNORM ÖNORM A 7000, 2000, S. 5

bewerteten Verzehr von Gütern und Dienstleistungen zum Zwecke der betrieblichen Leistungserbringung“.¹ Um etwaige Verwechslungen zu vermeiden, wird daher vorweg festgehalten, dass der Lebenszyklus einer Immobilie in dieser Arbeit in erster Linie unter dem Aspekt der „Ausgaben“, d.h. dem Abfluss von Zahlungsmitteln, betrachtet wird.²

Vom Anfang (der Idee) bis zum Ende (dem Abschluss) eines Projektes ist der Informationsstand über die Ausgaben bzw. Kosten entscheidend für die Steuerung des Projektes. Daraus lässt sich die Forderung ableiten, dass die Ausgabensituation stets möglichst realistisch abzubilden ist, um Fehlentscheidungen der Verantwortungsträger hinten zu halten. Von Interesse sind in diesem Zusammenhang auf der einen Seite bereits aufgetretene Ausgaben, die mit dem Instrument der Buchhaltung aufbereitet werden können, und auf der anderen Seite erst in Zukunft entstehende Ausgaben, die letzten Endes in Form von Prognosen dargestellt werden müssen, weil sie per definitionem stets mit einer gewissen Unsicherheit behaftet sind.

Diederichs beschreibt die daraus entstehende Problematik folgendermaßen:

„Da Projektentwicklungen sehr wesentlich von der wirtschaftlichen Tragfähigkeit der Projektidee abhängig sind, dürfen zwischen den erstgenannten Zahlen für die Erstinvestitionen, die Folgekosten und die Erträge sowie den Schlussabrechnungssummen aller Planer- und Firmenaufträge, den tatsächlichen Bewirtschaftungskosten und den Mieteinnahmen keine wesentlichen Abweichungen bestehen, da ansonsten das wirtschaftliche Ergebnis gefährdet wird. Hierin besteht das ‚Dilemma der erstgenannten Zahlen‘.“³

Bekommt ein Entscheidungsträger bei einem Immobilienprojekt somit Angaben über zukünftige Ausgaben (bzw. Kosten) vorgelegt, wird er sich in der Regel folgende Fragen stellen:

- Was ist von den präsentierten Zahlen zu halten?
- Wie sicher ist das Ergebnis?
- In welcher Bandbreite werden sich die tatsächlichen Werte bewegen?
- Mit welcher Wahrscheinlichkeit tritt der Wert bzw. eine Abweichung ein?
- Welche Grundlagen und Annahmen haben zu diesem Ergebnis geführt?
- Wie empfindlich sind die Resultate gegenüber Veränderungen der Ausgangsdaten der Berechnung?
- ...

¹ Vgl. Oberndorfer, 2001, S. 87

² Anm.: Nähere Erläuterungen sind den Kapiteln 2.3 und 2.4 zu entnehmen.

³ Diederichs, 1999, S. 288

1.2. Forschungsansatz – These

Die Art und Weise, wie nach derzeitigem Stand der Technik die Lebenszyklusaussagen (bzw. Lebenszykluskosten) einer Immobilie abgebildet und rechentechnisch verarbeitet werden, ist in Anbetracht der heutzutage zur Verfügung stehenden Möglichkeiten nicht mehr adäquat.

- Erstens werden in der Regel nur Teilabschnitte des Lebenszyklus betrachtet, wodurch gesamtheitliche Effekte wenn überhaupt, dann nur sekundär Beachtung finden.
- Zweitens herrschen „deterministische“ Modelle vor, die dadurch gekennzeichnet sind, dass Zahlenwerte „festgelegt“ werden, die in weiterer Folge als fixe Größen behandelt werden. Die Hintergrundinformation, warum ein Zahlenwert genau so und nicht anders fixiert worden ist, geht nicht in die Rechenmodelle ein. Insbesondere wenn Aussagen über die Zukunft getroffen werden sollen, ist die Anwendbarkeit derartiger Modelle in Frage zu stellen, da die Zukunft keinesfalls durch Angabe exakter Werte beschrieben werden kann.

Zusammengefasst wird daher folgende These formuliert:

In der Phase der Konzeption und Planung von Hochbau-Immobilien sind rein deterministische Rechenmodelle schwer geeignet, die zu erwartenden Lebenszyklusaussagen in angemessener Art und Weise darzustellen.

Diese These gilt zum Beispiel dann als verifiziert, wenn ein Rechenmodell gefunden wird, das die Lebenszyklusaussagen in „deutlich angemessener Art und Weise“ darzustellen vermag als ein rein deterministisches Modell, wobei „angemessen“ in diesem Zusammenhang bedeutet, dass das Modell aussagekräftige Ergebnisse bei akzeptablem Zeit- und Rechenaufwand liefert. Falsifiziert ist die These hingegen dann, wenn bewiesen wird, dass im oben angeführten Zusammenhang rein deterministische Rechenmodelle absolut ausreichen, um Lebenszyklusaussagen in angemessener Art und Weise darstellen zu können.

Zur Verifizierung der These bzw. Falsifizierung der Antithese bietet sich eine gemischte Vorgangsweise an. Einerseits wird durch denklögisches-deduktive Methoden versucht, ein „geeigneteres“ Rechenmodell zur Ermittlung der Lebenszyklusaussagen zu entwickeln, andererseits sind für die Beurteilung der „Angemessenheit“ dieses neuen Modells im Vergleich zu rein deterministischen Modellen (vgl. Zeit-/ Rechenaufwand, Aussagekraft der Ergebnisse, praktischer Nutzen und Anwendbarkeit des Rechenmodells auch in Extremfällen) empirisch-induktive Elemente in der wissenschaftlichen Arbeit erforderlich.

Die Aufgabe der Dissertation besteht somit im engeren Sinne darin, ein wahrscheinlichkeitsbasiertes Rechenmodell für den Lebenszyklus einer Immobilie zu entwickeln, das den angeführten Anforderungen entspricht und insbesondere die Unzulänglichkeiten der bisher üblichen rein deterministischen Modelle beseitigt.

1.3. Zielsetzungen für das Rechenmodell

1.3.1. Wahrscheinlichkeitstheoretische Betrachtungsweise

Der Übergang von einer deterministischen auf eine wahrscheinlichkeitstheoretische Betrachtungsweise bei der Abbildung des Lebenszyklus einer Immobilie ist die logische Weiterentwicklung der Forderung nach Sensitivitätsanalysen¹.

Der Entscheidungsträger sollte ein Instrument zur Verfügung haben, das ihm von vornherein eine Aussage über die „Sicherheit“ von Zahlenwerten und daraus abgeleiteten Ergebnissen liefert – ohne dass Parameter von Hand variiert werden müssen. Das „Dilemma der erstgenannten Zahlen“² soll durch die Implementierung des wahrscheinlichkeitstheoretischen Ansatzes gelöst werden. Der Entscheidungsträger soll Transparenz über die Ergebnisse und deren Grundlagen erhalten und nicht durch „deterministische Zahlenwerte“ den Eindruck von fixen Beträgen bekommen, denen in Wirklichkeit etliche Annahmen zugrunde liegen.

1.3.2. Flexibles Rechenmodell für den gesamten Immobilienlebenszyklus

Das Rechenmodell soll die jeweils zur Verfügung stehenden Daten direkt verarbeiten können, lokale Verfeinerungen zulassen und grundsätzlich beliebig erweiterbar sein. Jede zusätzliche (Detail-)Information soll bei der Ermittlung des Ergebnisses berücksichtigt werden können. Die Datenbeschaffung bzw. Dateneingabe in das Rechenmodell soll ohne erheblichen Mehraufwand im Vergleich zu deterministischen Modellen möglich sein.

Das Rechenmodell soll von der ersten Phase eines Immobilienprojektes an eingesetzt werden können und mit dem Projekt „mitwachsen“. Es übernimmt damit neben der grundsätzlichen Funktion als Entscheidungshilfe für Projektverantwortliche auch ei-

¹ Diederichs, 1999, S. 180

² Diederichs, 1999, S. 288

ne Kontroll- und Leitfunktion. An den Schnittstellen zwischen den Projektphasen soll das auf den aktuellen Datenstand gebrachte Modell ein Bindeglied darstellen.

1.3.3. Weiterentwicklung von Sensitivitätsanalysen

Das Rechenmodell soll eine gesamtheitliche Betrachtung des Projektes ermöglichen und ein möglichst realitätsbezogenes Bild für eine Projektvariante liefern. Aufgrund der Einbindung wahrscheinlichkeitstheoretischer Überlegungen werden Sensitivitätsanalysen unterstützt, jedoch nicht überflüssig.

Da die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Elementen (z.B. Errichtungsphase – Nutzungsphase) zu komplex sind, um direkte Verknüpfungen und darauf aufbauende, umfangreiche Optimierungsregelkreise seriös gestalten zu können, soll das Rechenmodell keine Optimierungsschritte beinhalten. Sehr wohl soll das Modell aber Hinweise liefern, in welchen Bereichen die Datenunsicherheit relativ groß ist, wo Einflussmöglichkeiten bestehen, in welchen Bandbreiten Veränderungen möglich sind usw.

1.3.4. Checklistenfunktion

Dem zu entwickelnden Rechenmodell soll ein Katalog von Ausgaben (bzw. Kosten) zugrunde gelegt werden, der als Checkliste bei der Datenerfassung dient und überdies die Vergleichsmöglichkeit verschiedener Projekte sicherstellt. Die Zusammenstellung dieses Kataloges für den gesamten Lebenszyklus einer Immobilie wird jedoch nicht als „Innovation“ gesehen, ...

- da hier unter Berücksichtigung der einfacheren Datenbeschaffung erstens auf bereits vorhandenen Katalogen¹ aufgebaut wird und
- da das Rechenmodell zweitens so universell strukturiert sein muss, dass eine Abänderung des zugrunde liegenden Kataloges (z.B. nach dem Erscheinen aktualisierter Normen bzw. zur Berücksichtigung länderspezifischer Besonderheiten) problemlos möglich ist.

¹ Vgl. ÖNORM B 1801-1 und ÖNORM B 1801-2

1.4. Aufbau der Dissertation

Im Anschluss an dieses Einleitungskapitel, das in erster Linie zur Orientierung und Darstellung der Motivation zur Abfassung der Dissertation dient, werden im zweiten Kapitel die Grundlagen des Themenkomplexes „Lebenszyklus von Immobilien“ aufbereitet und zusammengefasst.

Kapitel 3 widmet sich der Entwicklung des Rechenmodells, wobei insbesondere auf die finanzmathematischen, wahrscheinlichkeitstheoretischen und technischen Aspekte eingegangen wird. Den eigentlichen Kern des Modells stellt dabei der Übergang von einer rein deterministischen auf eine wahrscheinlichkeitsbasierte Betrachtungsweise dar. Als Beweis dafür, dass letztere – trotz der hohen Anforderungen bei Lebenszyklusausgabenermittlungen¹ – praktisch anwendbar ist, ist ein entsprechend leistungsfähiges numerisches Berechnungsverfahren entwickelt und in der Programmiersprache Delphi realisiert worden.

Das vierte Kapitel dient der Visualisierung des entwickelten Modells und stellt am Beispiel einer konkreten Büroimmobilie dar, wie Lebenszyklusausgaben im Vergleich zu einer rein deterministischen Vorgangsweise unter wahrscheinlichkeitstheoretischen Gesichtspunkten ermittelt werden. Die Analyse des Lebenszyklus wird darüber hinaus zu verschiedenen Zeitpunkten durchgeführt, um den Einfluss unterschiedlicher Informationsstände zu verdeutlichen.

Neben weiteren ergänzenden Kapiteln wird die Arbeit durch einen umfangreichen Anhang abgerundet, der Detailinformationen zu den einzelnen Hauptkapiteln (Kapitel 2 bis 4) beinhaltet.

¹ Anm.: Bei der Ermittlung von Lebenszyklusausgaben kann die Anzahl der „ungewissen“ Größen, die nicht deterministisch angegeben werden können, durchaus in einer Dimension von 1.000 bis 10.000 oder darüber liegen.

2. Grundlagen

2.1. Lebenszyklus einer Immobilie

Der Lebenszyklus eines Objektes entspricht laut Definition der ÖNORM B 1801-2 jenem Zeitabschnitt, der alle Phasen der Lebensdauer eines Objektes umfasst.¹ Dabei werden vier Phasen unterschieden:

- Objektentwicklung
- Objekterrichtung
- Objektnutzung
- Objektbeseitigung

Bei Immobilienobjekten beschäftigt sich ein ganzheitliches Management mit allen diesen Phasen, wobei jedoch im deutschsprachigen Raum bis dato noch keine umfassende, einheitliche Terminologie existiert. Gängige Ausdrücke wie „Gebäudemanagement“, „Facility Management“, „Corporate Real Estate Management“, „Real Estate Management“, „Projektmanagement“ oder auch „Immobilienmanagement“ seien als Beispiele für die vorhandene Begriffsvielfalt bei gleichzeitigem Mangel an klaren Abgrenzungen der Definitionen genannt.² Das Streben nach einer einheitlichen Terminologie nimmt daher in der Wissenschaft zurzeit einen hohen Stellenwert ein.³

Diederichs⁴ unterteilt den Lebenszyklus einer Immobilie aus der Sicht des Managers in die drei Phasen

- Projektentwicklung (im engeren Sinne): vom Projektanstoß / der Umwidmung bis zum Planungsauftrag (für den „Vorentwurf“, vgl. Tab. 2-1),
- Projektmanagement für Planung und Ausführung: vom Planungsauftrag bis zur Abnahme / Übergabe sowie
- Facility Management / Immobilienbewirtschaftung: vom Nutzungsbeginn bis zur Umwidmung / zum Abriss.

Die Summe dieser Phasen bezeichnet er mit dem Begriff „ganzheitliches Immobilien- und Infrastrukturmanagement (IIM)“ als Synonym für die „Projektentwicklung (im weiteren Sinne)“ bzw. für das „Real Estate Management“ aus dem englischsprachigen Raum.

¹ Vgl. ÖNORM B 1801-2, 1997, S. 2

² Vgl. DIN 32736, 2000, S. 1; vgl. May, 1998, S. 473ff

³ Vgl. May, Alexander: Forschungsprojekte, Online im WWW unter URL: http://www.uni-leipzig.de/forsch99/17000/17530_p.htm [Stand: 30.8.2001]

⁴ Vgl. Diederichs, 1999, S. 269f

Den Begriff des „Facility Management“ verwendet Diederichs synonym für die „Gebäudebewirtschaftung“, worunter er das ganzheitliche Betreiben von Gebäuden und Anlagen mit dem Ziel der optimalen Wertschöpfung durch die Immobilie versteht. Durch den Hinweis, dass diese Phase des Lebenszyklus bereits zur Zeit der Planung bzw. Bauausführung einsetzt, wird die Beschränkung des Facility Management auf die Nutzungsphase jedoch wieder relativiert.¹

Die ÖNORM definiert – auf den ersten Blick im Gegensatz dazu – Facility Management (abgekürzt: FM) mit folgenden Worten²:

„Facility Management ist ganzheitliches Management der Immobilien und der materiellen/immateriellen Infrastruktur einer Organisation mit dem Ziel der Verbesserung der Produktivität des Kerngeschäftes. (...)“

„FM koordiniert von Beginn an ganzheitlich den Zusammenhang der einzelnen Lebenszyklusphasen eines Objektes bzw. einer Infrastruktur, insbesondere im Sinne der Kosten-Nutzen-Betrachtung. (...)“

„Facility Services sind Teilleistungen, die im Rahmen des FM erbracht werden. Diese Teilleistungen an sich werden allein stehend nicht als FM bezeichnet. Selbst deren Management innerhalb des Teilbereiches (z.B.: Reinigungsmanagement, Instandhaltungsmanagement) ist noch nicht FM. Erst in der ganzheitlichen integrierten Sicht wird daraus Facility Management. (...)“

Bei genauer Betrachtung dieser Zitate legt jedoch auch die ÖNORM unter dem Begriff Facility Management das Hauptaugenmerk auf die Nutzungsphase. Dies lässt sich anhand der in der VORNORM ÖNORM A 7000 angeführten Beispiele möglicher Facility Services³ sowie der in der ÖNORM A 7002 dargestellten Anforderungen an Facility Manager⁴ ableiten.

Facility Services (beispielhafte Aufzählung lt. VORNORM ÖNORM A 7000)

- Management der Immobilie
 - Immobilienentwicklung
 - Mietabrechnung
 - Versicherungen
 - Finanzierung
 - Steuern & Abgaben
 - Gebäudeverwaltung
 - Gebäudekostenverrechnung
- Management des Gebäudes
 - Betrieb & Instandhaltung

¹ Vgl. Diederichs, 1999, S. 269f

² Vgl. VORNORM ÖNORM A 7000, 2000, S. 3f

³ Vgl. VORNORM ÖNORM A 7000, 2000, S. 3

⁴ Vgl. ÖNORM A 7002, S. 3ff

- Gebäudesicherheit
- Abfallwirtschaft
- Bautechnik
- Reinigung
- Energie
- Weitere Facility Services
 - Kopie
 - Catering
 - Inventar
 - Fuhrpark
 - Post Service
 - Reiseorganisation
 - Informationstechnologie
 - Gesundheit & Sicherheit
 - Umzugsmanagement

Wesentlich für ein klares Verständnis ist die saubere begriffliche Trennung zwischen dem Lebenszyklus an sich mit seinen einzelnen Phasen (Objektentwicklung, Objekt-errichtung, Objektnutzung, Objektbeseitigung) und den im Zuge des Lebenszyklus zum Einsatz kommenden Managementmethoden. Daher spricht Diederichs auch davon, dass sich die von ihm benannten drei „Phasen“ (Projektentwicklung, Pro-jektmanagement, Facility Management) „im Zeitablauf abwechseln, dabei jedoch auch gegenseitig überlagern“¹.

Um dieser Arbeit eine eindeutige Terminologie zugrunde legen zu können, werden die Begriffe des *Lebenszyklus* und des *Facility Management* im Sinne der erwähnten ÖNORMEN verwendet.

Tabelle 2-1 – Übersicht über die Phasen des Lebenszyklus einer Immobilie²

Lebenszyklusphase	Unterteilung gemäß ÖNORM B 1801-1
Objektentwicklung	Bedarfsplanungsphase
Objekterrichtung	Grundlagenermittlungsphase Vorentwurfsphase Entwurfsphase Ausführungsphase Inbetriebnahmephase
Objektnutzung	Nutzungsphase
Objektbeseitigung	Beseitigungsphase

¹ Diederichs, 1999, S. 269

² Vgl. ÖNORM B 1801-1, S. 5f

2.2. Exkurs: Schlagwort „Facility Management“

2.2.1. Allgemeines

Die Entwicklung des Facility Management (abgekürzt: FM) als neue Managementmethode hat ihren Anfang in den 1970er Jahren in den USA aus der Notwendigkeit heraus genommen, die laufenden Geschäftskosten bzw. die Unwirtschaftlichkeit von Immobilien für deren Nutzer bzw. Besitzer zu verringern.¹

Bis zum heutigen Tage sind etliche Institutionen entstanden, die sich dem Facility Management widmen² – und es existieren mindestens genauso viele verschiedene Definitionen für FM. Die übereinstimmende Aussage all dieser Begriffsbestimmungen ist die Forderung nach Erfüllung einer effektiven und effizienten Bewirtschaftung von Gebäuden und Anlagen zur Unterstützung der Kerngeschäfte und Wertschöpfungsprozesse des Nutzers.³

2.2.2. FM-Anbieter

Facility Management kennzeichnet sich durch eine ganzheitliche Sichtweise aus, die den gesamten Lebenszyklus berücksichtigt. Im Gegensatz dazu ist die Landschaft der Anbieter von Leistungen rund um den Lebenszyklus einer Immobilie sehr heterogen gestaltet.⁴ Zersplitterte Zuständigkeiten, disziplinäre Abgrenzung und Abschottung von Spezialisten, gefestigte organisatorische Strukturen sowie die vorherrschende Gewerkeorientierung prägen das Bild.

Während in der Errichtungsphase bereits vermehrt etliche Leistungen von einem Anbieter erbracht werden können⁵, ist dieser Schritt für die Nutzungsphase noch nicht vollzogen – ganz zu schweigen vom gesamten Lebenszyklus.

In der Regel werden nur Teilbereiche des Facility Management (d.h. Facility Services) angeboten, wodurch sich für den Kunden ein erhöhter Koordinations- und Kontrollaufwand ergibt. Zudem bleiben interdisziplinäre Optimierungsprozesse in der Regel dem Engagement des Kunden selbst überlassen, da Anbieter einer isolierten

¹ Vgl. May, 1996b, S. 374

² z.B.: IFMA International Facility Management Association, EURO-FM European Facility Management Network, GEFMA Deutscher Verband für Facility Management, FMA Facility Management Austria, ...

³ Diederichs, 1999, S. 328

⁴ Vgl. Staudt / Kriegesmann / Thomzik, 1999, S. 53

⁵ z.B.: Generalplaner, Generalunternehmer, Generalübernehmer

Facility Service – Leistung in der Regel keine besondere Sensibilität bzw. Verantwortung für einen anderen Bereich zeigen, wenn ihnen daraus keine Vorteile erwachsen.

Die Marktchance für FM-Anbieter liegt somit einerseits darin, Kunden das gewünschte komplette Leistungsspektrum aus einer Hand anzubieten („mehr Quantität“) und andererseits darin, durch aktive Koordination, Kontrolle und Optimierung ein besseres Ergebnis als die Summe der einzelnen Teilleistungen zu erzielen („mehr Qualität“). Der Kunde hingegen sollte sich verstärkt auf sein Kerngeschäft konzentrieren können und von der optimierten Bewirtschaftung seiner Immobilien profitieren.

In der Studie „Facility Management Anbieter Austria 2001“¹ werden für den österreichischen Markt drei Arten von Anbietertypen aufgelistet:

- Externe Facility Manager (8 Anbieter)
Firmen, die umfassende Managementdienstleistungen, aber keine Teilleistungen erbringen.
- Komplettanbieter (27 Anbieter)
Firmen, die umfassende Managementdienstleistungen und Teilleistungen anbieten.
- Technik-Anbieter (5 Anbieter)
Firmen, die nur Teilleistungen, aber keine umfassenden Managementdienstleistungen anbieten.

Die Studie verdeutlicht, dass kaum ein Unternehmen in der Lage ist, ein ganzheitliches Facility Management anzubieten. Da jedoch zurzeit noch keine allgemein akzeptierte Definition von FM vorhanden ist, liegt es im Ermessen des Unternehmens selbst, ob es sich als Anbieter von „echtem“ Facility Management dem Kunden gegenüber präsentiert oder nicht. Dabei hat jeder Dienstleister, Verband, Ausschuss bzw. Nutzer eine eigene Vorstellung von den Leistungen des „Facility Managements“ entwickelt und sich eine entsprechende Definition zurechtgelegt. Der Begriff wird von vielen – in der Hoffnung auf verbesserte Marktchancen – „missbraucht“, wie May anmerkt.²

Die Entwicklung von FM-Anbietern geht auf der einen Seite von Nutzern aus, die FM-Dienstleistungen benötigen und sich in Ermangelung entsprechender Angebote selbst organisieren müssen, und auf der anderen Seite von potenten Anbietern einzelner Facility Services, die sich verstärkt darum bemühen, den Kunden ein umfas-

¹ ATGA Marketing GmbH, 2000, S. 1ff

² Vgl. May, Alexander: Forschungsprojekte, Technisches Facility Management, Online im WWW unter URL: http://www.uni-leipzig.de/forsch99/17000/17530_p.htm [Stand: 30.8.2001]

senderes „Facility Management“ anzubieten als in der Vergangenheit, um ihre Marktposition erhalten bzw. ausbauen zu können.

Aus der Sicht des Nutzers lassen sich grundsätzlich vier Strategien unterscheiden, mit welcher Art von Unternehmensorganisation ganzheitliches Facility Management realisiert werden kann.¹

- Konventionelle Eigenerstellung: Der Nutzer entwickelt sich selber zum FM-Anbieter für die eigenen Immobilien.
- Profit Center: Der Nutzer schafft in seinem Unternehmen eine eigenständige FM-Abteilung.
- Ausgliederung: Der Nutzer gliedert die eigenständige FM-Abteilung in ein Tochterunternehmen aus. Alternativ dazu besteht auch die Möglichkeit der Beteiligung an einem FM-Unternehmen oder die Gründung einer gemeinsamen FM-Tochtergesellschaft mit einem anderen Nutzer.
- Auslagerung: Der Nutzer schließt eventuell vorhandene eigene FM-Abteilungen und überantwortet deren Funktion externen, rechtlich und wirtschaftlich eigenständigen Unternehmen.

Dazu passend zeigt Ghahremani² beispielsweise in seiner Dissertation unter dem Titel „Integrale Infrastrukturplanung“ auf, wie die Liegenschaftsabteilung eines Unternehmens konkret zu einer selbständigen Immobilienunternehmung reorganisiert werden kann. Der Nutzen dieser Reorganisation wird hierbei vor allem darin gesehen, dass ein Unternehmen seine Immobilien sehr wohl auch wertschöpfend einsetzen kann und nicht nur als Kostenfaktor sehen muss.

Vom Standpunkt der Anbieter aus betrachtet, die bis dato nur „traditionelle Produktpaletten“ angeboten haben und sich zum FM-Systemdienstleister weiterentwickeln wollen, ergeben sich drei Innovationsrichtungen:³

- Modifikation der Form der Leistungserstellung in bestehenden Wertschöpfungsketten: Bestehendes wird durch Einführung neuer Technologien oder interne Reorganisation optimiert.
- Erschließung neuer Marktsegmente mit bisherigen Leistungen bzw. Übernahme neuer Leistungen: Die Art der Funktionserfüllung wird dabei unverändert beibehalten.
- Funktionserweiterung bei gleichzeitiger Änderung der Funktionserfüllungsform: Neue Konzeptionen und Technologien werden in neuen Wertschöpfungskombinationen umgesetzt.

¹ Vgl. Staudt / Kriegesmann / Thomzik, 1999, S. 79ff

² Vgl. Ghahremani, 1997, S. 80ff

³ Vgl. Staudt / Kriegesmann / Thomzik, 1999, S. 135ff

Am Beispiel des deutschen Facility Management – Marktes zeigt nachstehende Abbildung¹ auf, welche Unternehmen bereits als FM-Anbieter auftreten und wo Ihre Wurzeln, d.h. Ursprungsbranchen gelegen sind. Eine Aussage über den Umfang des angebotenen Leistungsspektrums („echtes“ ganzheitliches Facility Management oder „nur“ Anhäufung von Facility Services) ist daraus nicht abzuleiten.

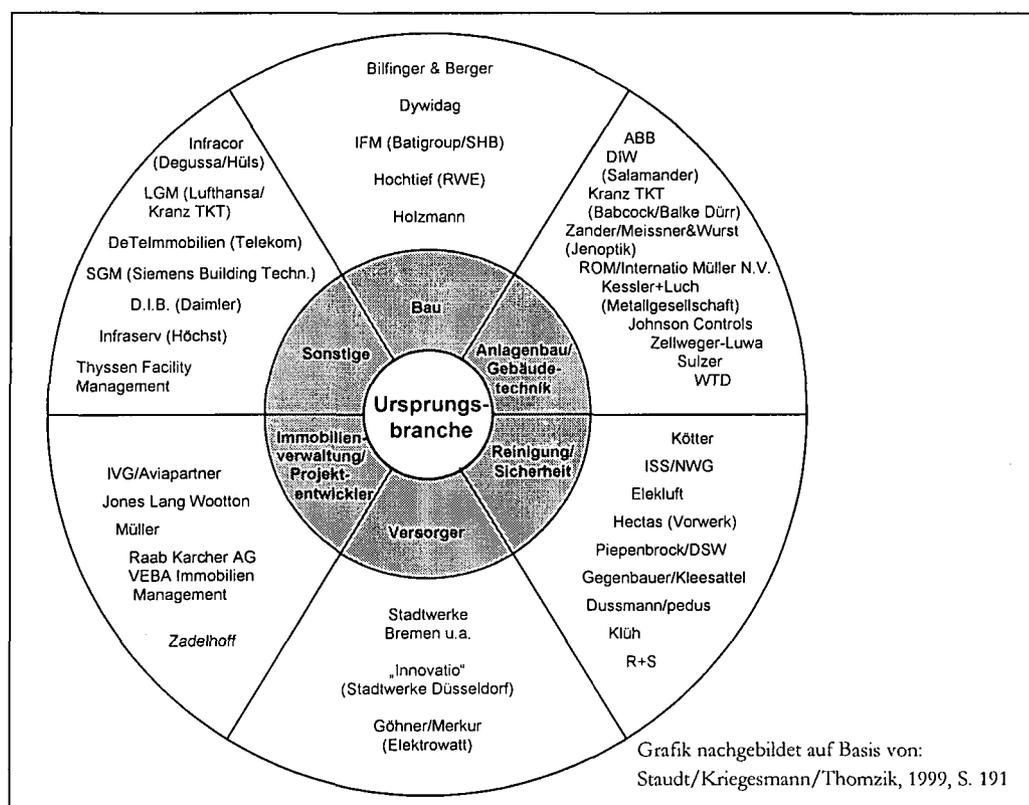


Abbildung 2-1 – Auswahl von Facility Management-Anbietern und ihre Ursprungsbranchen

2.2.3. FM-Software

In seinen Abhandlungen über Facility Management bzw. Corporate Real Estate Management stellt May² klar, dass aufgrund der Komplexität der Aufgabenstellungen, des Umfangs der zu verarbeitenden Daten und der für die handelnden Personen erforderlichen transparenten Darstellung der Informationen die Unterstützung durch Computertechnologie notwendig ist. Die Wahl des verwendeten CAFM³-Systems ist dabei von der Größe, der Organisationsstruktur, dem Kerngeschäft und der Mana-

¹ Abbildung entnommen aus: Staudt / Kriegesmann / Thomzik, 1999, S. 191

² Vgl. May, 1996a, S. 385ff

³ CAFM = Computer Aided Facility Management

gemenstrategie des Unternehmens abhängig und wird ganz entscheidend von der Verteilung der Liegenschaften beeinflusst. Beispielsweise werden Facility Manager eines Krankenhauses, die sich auf einen Standort konzentrieren können, andere Anforderungen an ein CAFM-System stellen als Facility Manager von Büroimmobilien, die überregional, national oder sogar international tätig sind.

Die Ursprungsbranchen der FM-Anbieter, die CAFM verwenden, dürfen in diesem Zusammenhang nicht außer Acht gelassen werden – insbesondere auch deswegen, weil selbst bei ganzheitlicher Betrachtungsweise Facility Management in der Praxis immer unter einem gewissen Blickwinkel gesehen werden muss. Die Vorstellung, dass ein CAFM-System den gesamten Lebenszyklus einer Immobilie in allen Facetten praxisgerecht abdecken kann, ist eine Vision. Dies wird anhand des entstehenden Datenvolumens, des Erfordernisses der Wartung und laufenden Aktualisierung der Datenbestände sowie der Notwendigkeit der Anpassung von Computersystemen an den Stand der Technik über den gesamten Lebenszyklus einer Immobilie hinweg deutlich.

Das Grundkonzept von CAFM-Systemen entspricht der Vereinigung von grafischer Datenverarbeitung von Vektordaten mit alphanumerischer Datenverarbeitung von Datenbankdaten.¹ Je nach Philosophie der Softwareanbieter ergeben sich zwei prinzipielle Möglichkeiten für den Aufbau eines CAFM-Systems:

- All-in-one Lösung:
Alle abzudeckenden Bereiche werden in einem Programm verwirklicht. Schnittstellen zwischen einzelnen Programmteilen werden intern gelöst und optimiert.
- Modulare Lösung:
Pro Aufgabenkomplex wird ein Modul geschaffen. An den Schnittstellen zu anderen Modulen wird das aktive Handeln von Menschen in den Programmablauf einbezogen.

Zur Beurteilung, welcher Lösungsansatz im konkreten Fall zu wählen ist, dienen nachstehende Kriterien, die aus Gesprächen mit EDV-Experten und Softwareanbietern abgeleitet worden sind. Ein Anspruch auf Vollständigkeit wird nicht erhoben.

- Kosten / Nutzen – Verhältnis
Welche Kosten entstehen dem FM-Anbieter durch die Einführung eines CAFM-Systems (Investition, Schulung, Wartung, Systempflege) im Vergleich zum Nutzen (Rationalisierung, Zeitersparnis, Imagegewinn, Optimierung der Qualität der erbrachten Dienstleistungen)?

¹ Vgl. Prischl, Peter: Computer Aided Integrated Facility Management, A-Null EDV GmbH, Online im WWW unter URL: http://www.a-null.com/fm/anull+fm/anull+fm_caifm.htm [Stand: 27.7.2001]

- Kontrollinstanzen
Durch die automatische Verknüpfung von Prozessen werden Barrieren abgebaut und Kontrollmechanismen außer Kraft gesetzt. Bei Störungen, Fehlern oder gar Sabotageakten sind die Auswirkungen über einen größeren Bereich spürbar. Welche Kontrollinstanzen sind aufrechtzuerhalten?
- Benötigte Module und Schnittstellen
Welche Aufgaben sollen durch das CAFM-System unterstützt werden? Typische Bereiche sind z.B. Architektur, Raumplanung, Flächenmanagement, Dokumentenmanagement, Schließmanagement, Reinigungsmanagement, Instandhaltungsmanagement, Umzugsmanagement usw.¹
- Vernetzung
Welche Arbeitsplätze müssen mit welcher Funktionalität ausgestattet werden? Wie soll die Vernetzung realisiert werden? Wo werden welche Daten gespeichert? Welche Datenmengen sollen bzw. müssen transportiert werden? Wie werden unternehmensexterne Bereiche eingebunden?
- Informationsaustausch
In welcher Art und Weise erhalten alle im Rahmen des Facility Management beteiligten Personen die sie betreffenden Informationen?
- Robustheit vs. Komplexität des CAFM-Systems
Insbesondere im EDV-Bereich ergibt sich oft ein Missverhältnis zwischen Theorie und Praxis. Was theoretisch sehr gut funktionieren mag², stellt den Praxisanwender oft vor große Probleme. Die Komplexität und der Pflegebedarf eines CAFM-Systems (Software und Hardware) steigen mit der Anzahl der Module, Funktionalitäten und Schnittstellen überproportional an, während Robustheit, Verlässlichkeit und Krisensicherheit des Systems reziprok zur Komplexität sinken.

Einerseits begründet durch die Tatsache, dass FM-Anbieter nur Teilbereiche des Facility Management abdecken, andererseits dadurch verständlich, dass bei hohem Komplexitätsgrad und Pflegeaufwand von CAFM-Software die Praktikabilität in der Regel leidet, bestimmen jene CAFM-Systeme den Markt, die auf den Benutzer abgestimmte Teilbereiche des Facility Management abdecken. Ähnlich wie bei den FM-Anbietern, die meist kein umfassendes Facility Management, sondern nur eine Kombination verschiedener, bereits etablierter Facility Services anbieten, gilt auch bei den Softwarefirmen, dass die einzelnen Programmmodule grundsätzlich bereits am Markt

¹ Vgl. Speedikon Facility Management AG, Produktunterlage zu „speedikon FM“, Bensheim, Eigenverlag, 2001

² Anm.: Absolut „nicht fehleranfällige“ Softwareprodukte sind Mangelware, da alle Eventualitäten des Programmablaufes – inklusive den „Unsicherheitsfaktoren“ Mensch und Hardwarekonfigurationen – bereits bei der Programmierung berücksichtigt werden müssen.

vorhanden sind¹ und unter der Bezeichnung CAFM lediglich deren Kombination verkauft wird – ergänzt durch Schnittstellensoftware und eingebettet in Informations- bzw. Managementsysteme. Trotz allem stellt der CAFM-Markt für Softwareanbieter eine lukrative Nische dar, deren Entwicklung noch nicht abgeschlossen ist.

2.3. Lebenszykluskosten

Wie bereits unter Punkt 1.1. angeführt, wird der Begriff der „Kosten“ im deutschen Sprachgebrauch sehr universell verwendet, während er in der Terminologie der Betriebswirtschaftslehre streng genommen nur den „monetär bewerteten Verzehr von Gütern und Dienstleistungen zum Zwecke der betrieblichen Leistungserbringung“ beschreibt.²

Um Missverständnisse im Zusammenhang mit der Verwendung des Kostenbegriffes zu vermeiden, wird daher festgehalten, dass bei der Aufbereitung der Grundlagen dieser Arbeit (Kapitel 2) der Kostenbegriff universell entsprechend den Angaben der Autoren in der angeführten Fachliteratur zu verstehen ist. Die Entwicklung des Rechenmodells (Kapitel 3) erfolgt jedoch auf Basis des Begriffes der „Ausgaben“.

2.3.1. Allgemeines

Immobilien werden, sofern es sich nicht um reine Liebhaberobjekte handelt, über den gesamten Lebenszyklus hinweg unter dem Aspekt der entstehenden „Kosten“ betrachtet. Egal ob es sich um Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen, Rentabilitätsanalysen, Vergleiche verschiedener Immobilien oder die Entscheidungsfindung für oder gegen eine Investition handelt, es sind stets die Kosten, die – neben anderen Parametern – in die Überlegungen miteinbezogen werden.

Dies gilt nicht nur für private Investoren bzw. Unternehmen, sondern selbstverständlich auch für die öffentliche Hand, wie Meier klarstellt:³

„Zu den (...) Investitionen sind (...) noch zusätzlich die nicht unbeträchtlichen Folgekosten der getätigten Investitionen vom Investitionsträger aufzubringen. Eine Investition wird zwar

¹ z.B.: CAD-Software für Architekten und Fachingenieure, Budgetierungssoftware für Hausverwaltungen, Gebäudeleittechnikanwendungen für Anlagenbauer usw.

² Vgl. Oberndorfer, 2001, S. 87

³ Vgl. Meier, 1996, S. 2

von der Öffentlichkeit gefordert, doch ist dabei auch zu bedenken, dass durch die notwendigen Folgekosten finanzielle Mittel der öffentlichen Hand langfristig gebunden werden. (...) Somit wird durch eine Investitionsentscheidung der Verwaltungsbaushalt langfristig durch die Folgekosten (...) belastet.“

Da einerseits kaum statistisches Material über Folgekosten verfügbar ist und das vorhandene Material andererseits nicht einheitlich erfasst ist,¹ können nur ungefähre Größenordnungen für die jährlich zu erwartenden Folgekosten angegeben werden. Meier spricht zum Beispiel von jährlichen Folgekosten in der Höhe von ca. 10-30% der Investitionskosten.² Derartige Zahlenangaben müssen im Hinblick auf die zugrunde liegenden Daten und Begriffsverwendungen zwar stets mit besonderer Sorgfalt betrachtet werden, deuten jedoch auf die Wichtigkeit der Folgekosten hin.

2.3.2. Definition der Lebenszykluskosten

Die Lebenszykluskosten werden in der ÖNORM B 1801-1 als Summe der Entwicklungskosten, Anschaffungskosten und Folgekosten definiert.³ Ergänzt um die Definitionen der ÖNORM B 1801-2 ergibt sich damit folgende Kostengliederung⁴:

Lebenszykluskosten gemäß ÖNORM

- **Entwicklungskosten**
- **Anschaffungskosten**
 - Gesamtkosten (= Kostenbereiche 0 - 9 der ÖNORM B 1801-1)
 - Kostenbereich 0 „Grund“
 - Kostenbereich 1 „Aufschließung“
 - Kostenbereich 2 „Bauwerk – Rohbau“
 - Kostenbereich 3 „Bauwerk – Technik“
 - Kostenbereich 4 „Bauwerk – Ausbau“
 - Kostenbereich 5 „Einrichtung“
 - Kostenbereich 6 „Außenanlagen“
 - Kostenbereich 7 „Honorare“
 - Kostenbereich 8 „Nebenkosten“
 - Kostenbereich 9 „Reserven“
 - Finanzierungskosten
- **Folgekosten**

¹ Vgl. Naber, 2002, S. 163f

² Vgl. Meier, 1996, S. 72f

³ Vgl. ÖNORM B 1801-1, 1995, S. 2

⁴ Vgl. ÖNORM B 1801-1, 1995, S. 8; vgl. ÖNORM B 1801-2, 1997, S. 3

- Nutzungskosten (= Kostenarten 1 - 7 der ÖNORM B 1801-2)
 - Kostenart 1 „Kapitalkosten“
 - Kostenart 2 „Abschreibungen“
 - Kostenart 3 „Steuern & Abgaben“
 - Kostenart 4 „Verwaltungskosten“
 - Kostenart 5 „Betriebskosten“
 - Kostenart 6 „Erhaltungskosten“
 - Kostenart 7 „Sonstige Kosten“
- Beseitigungskosten

Diese Kostengliederung weist Schwächen in der Begriffswahl und hierarchischen Struktur auf:

- Die Dreiteilung in Entwicklungskosten, Anschaffungskosten und Folgekosten steht im Widerspruch zur Definition von vier Lebenszyklusphasen.¹
- Die Verwendung des Begriffes „Gesamtkosten“ für einen Teil der Anschaffungskosten ist irreführend.
- Die Gliederung der Nutzungskosten erscheint unter Berücksichtigung der Terminologie des österreichischen Mietrechts verbesserungswürdig.²
- Entwicklungs- und Beseitigungskosten werden in der ÖNORM nicht näher behandelt.

Die Lebenszykluskosten werden hiermit in Anlehnung an die Lebenszyklusphasen als Summe der Objektentwicklungskosten, Objekterrichtungskosten, Objektnutzungskosten und Objektbeseitigungskosten definiert.

2.3.3. Objektentwicklungskosten

Für den Bereich der Objektentwicklungskosten existiert bis dato keine allgemein anerkannte, normativ festgelegte Kostengliederung. Dies liegt einerseits am Charakter der zugrunde liegenden Lebenszyklusphase³, andererseits daran, dass die Entwicklungsphase in der Praxis oft gemeinsam mit der Grundlagenermittlungsphase als „Projektvorbereitung“ aufgefasst und der Errichtungsphase zugeordnet wird.⁴ Als Grundlage für eine Kostengliederung können nachstehende, von Diederichs angeführte Aufgabenfelder der Projektentwicklung herangezogen werden.

¹ Vgl. ÖNORM B 1801-2, 1995, S. 2

² Vgl. Österreichisches Mietrechtsgesetz: MRG §§ 3ff (Erhaltung), §§ 21ff (Betriebskosten)

³ durch Fokussierung auf die individuellen, internen Entscheidungswege des Bauherrn bzw. Investors

⁴ Vgl. Abschnitt 2.1 sowie Diederichs, 1999, S. 311

Tabelle 2-2 – Aufgabenfelder der Projektentwicklung nach Diederichs¹

Aufgabenfelder der Projektentwicklung
Marktanalyse, Marktprognose
Standortanalyse, Standortprognose, Grundstückssicherung
Nutzungskonzeption und Nutzerbedarfsprogramm
Kosten-, Ertrags- und Terminrahmen
Rentabilitätsanalyse und Rentabilitätsprognose
Finanzierung
Steuerliche Aspekte
Vermietung
Risiko- und Sensitivitätsanalyse

2.3.4. Objekterrichtungskosten

Für die Phase der Objekterrichtung einer Immobilie liegen umfangreiche Kostengliederungen vor, wobei grundsätzlich zwischen planungs- und ausführungorientierten Gliederungen zu unterscheiden ist. Im Anhang finden sich die planungsorientierten Kostengliederungen der ÖNORM B 1801-1² und der DIN 276³.

a) Gliederung gemäß ÖNORM B 1801-1

Die ÖNORM B 1801-1 unterscheidet für den Hoch- und Tiefbau zehn Kostenbereiche (siehe Tabelle), die entweder

- planungsorientiert in Grobelemente, Elemente und Elementtypen oder
- ausführungorientiert in Leistungsgruppen, Unterleistungsgruppen und Leistungspositionen

untergliedert werden können. Die Verknüpfung der beiden Gliederungsarten wird dadurch bewerkstelligt, dass Elementtypen Gruppierungen von Leistungspositionen darstellen. Sinngemäß ist daher die Ebene der Leistungspositionen unterhalb der Elementtypen einzuordnen, obwohl beide Ebenen in der ÖNORM an anderer Stelle auf eine Stufe gestellt werden.⁴

Die möglichen begrifflichen Zusammenfassungen der Kostenbereiche sind der Tabelle zu entnehmen, wobei auf etwaige Verwechslungsgefahren hingewiesen wird.

¹ Vgl. Diederichs, 1999, S. 279ff

² Vgl. ÖNORM B 1801-1, 1995, S. 11 – 19

³ Vgl. DIN 276, 1993, S. 4 – 13

⁴ Vgl. ÖNORM B 1801-1, 1995, S. 19 sowie S. 6f

Tabelle 2-3 - Kostenbereiche gemäß ÖNORM B 1801-1¹

Kostenbereiche und deren Zusammenfassung gemäß ÖNORM B 1801-1				
0 Grund				Gesamt- Kosten Achtung! Verwechslungsge- fahr mit Lebens- zykluskosten!
1 Aufschließung	Bauwerks- kosten	Bau- kosten	Errichtungs- Kosten Achtung! Verwechslungsge- fahr mit Objekter- richtungskosten!	
2 Bauwerk – Rohbau				
3 Bauwerk – Technik				
4 Bauwerk – Ausbau				
5 Einrichtung				
6 Außenanlagen				
7 Honorare				
8 Nebenkosten				
9 Reserven				

Die Finanzierungskosten der Gesamtkosten (der Kostenbereiche 0 bis 9) werden in der ÖNORM B 1801-1 separat angeführt.

Im Verlauf der einzelnen Phasen einer Objekterrichtung nimmt der Informationsstand über das Projekt immer mehr zu. Aus der folgenden Tabelle lassen sich die nach ÖNORM anzuwendende Art der Kostenermittlung sowie die erforderliche Genauigkeit dieser Ermittlung (durch Angabe der untersten Gliederungsstufe) ablesen.

Tabelle 2-4 - Erforderliche Genauigkeit der Kostenermittlung gemäß ÖNORM B 1801-1²

Phase	Kostenermittlung	Gliederungsstufe (planungsorientiert)
Grundlagenermittlung	Kostenrahmen	Kostenbereich
Vorentwurf	Kostenschätzung	Grobelement
Entwurf	Kostenberechnung	Element
Ausführung	Kostenanschlag	Elementtyp
Inbetriebnahme	Kostenfeststellung	Leistungsposition

b) Gliederung gemäß DIN 276

Die DIN 276 unterscheidet für den Hochbau sieben Kostengruppen³ (siehe nachstehende Tabelle). Durch Umgliederung lassen sich die Kostengruppen der DIN im Wesentlichen in die Kostenbereiche der ÖNORM B 1801-1 überführen. Auffällige Unterschiede ergeben sich nur bei den Finanzierungskosten (in der DIN Teil der Baunebenkosten) sowie bei den Reserven (nur in der ÖNORM enthalten).

¹ Vgl. ÖNORM B 1801-1, 1995, S. 9

² Vgl. ÖNORM B 1801-1, 1995, S. 5

³ Vgl. DIN 276, 1993, S. 3

Tabelle 2-5 – Vergleich DIN 276 mit ÖNORM B 1801-1

Kostengruppen gemäß DIN 276	Vergleichbare Kostenbereiche gemäß ÖNORM B 1801-1 (vereinfacht)
100 Grundstück	0 Grund
200 Herrichten und Erschließen	1 Aufschließung
300 Bauwerk – Baukonstruktionen	2 Bauwerk – Rohbau, 4 Bauwerk – Ausbau
400 Bauwerk – Technische Anlagen	3 Bauwerk – Technik, 5 Einrichtung (tw.)
500 Außenanlagen	6 Außenanlagen
600 Ausstattung und Kunstwerke	5 Einrichtung (tw.)
700 Baunebenkosten	7 Honorare, 8 Nebenkosten
-----	9 Reserven

2.3.5. Objektnutzungskosten

Im Vergleich zur Phase der Objekterrichtung, für die bereits seit geraumer Zeit im deutschsprachigen Raum Kostengliederungen existieren (vgl. Erstausgabe der DIN 276 im Jahre 1934¹), hat die Phase der Objektnutzung erst in den 1970er-Jahren Eingang in die Normung gefunden. Die Erstfassung der entsprechenden deutschen Norm (DIN 18960-1²), die eine Kostengliederung für Baunutzungskosten im Hochbau enthält, ist beispielsweise im April 1976 herausgegeben worden.

Die Kostengliederungen der aktuell gültigen Fassungen der österreichischen Norm (ÖNORM B 1801-2³) und deutschen Norm (DIN 18960⁴) sind im Anhang enthalten.

a) Gliederung gemäß ÖNORM B 1801-2

Die ÖNORM B 1801-2 definiert die „Nutzungskosten“ als jene Kosten, die aus der Objektnutzung unmittelbar entstehen und regelmäßig, unregelmäßig oder einmalig anfallen. Nutzerspezifische Kosten (z.B.: produktionsbedingte Kosten) werden nicht in dieser ÖNORM erfasst.

Die ÖNORM schafft eine Voraussetzung für die Vergleichbarkeit von betriebswirtschaftlichen Ermittlungen objektabhängiger Kosten.⁵ Sie gliedert die Nutzungskosten in sieben Hauptgruppen von Kostenarten.

¹ Vgl. Winkler, 1998, S. 9

² Vgl. DIN 18960-1, 1976, S. 1

³ Vgl. ÖNORM B 1801-2, 1997, S. 4 – 6

⁴ Vgl. DIN 18960, 1999, S. 3 – 6

⁵ Vgl. ÖNORM B 1801-2, 1997, S. 1f

Tabelle 2-6 – Gliederung der (Objekt-)Nutzungskosten gemäß ÖNORM B 1801-2¹

Kostenarten (Hauptgruppen) gemäß ÖNORM B 1801-2
1 Kapitalkosten
2 Abschreibungen
3 Steuern und Abgaben
4 Verwaltungskosten
5 Betriebskosten
6 Erhaltungskosten
7 Sonstige Kosten

b) Gliederung gemäß DIN 18960

Die DIN 18960 definiert „Nutzungskosten“ als jene Kosten, die in baulichen Anlagen und deren Grundstücken regelmäßig oder unregelmäßig wiederkehrend entstehen – und zwar von Beginn der Nutzbarkeit bis zur Beseitigung. Vom Inhalt her entspricht diese Definition im Wesentlichen den Aussagen der ÖNORM B 1801-2.

Als markanter Unterschied zwischen der DIN 18960 und der ÖNORM B 1801-2 ist jedoch festzuhalten, dass die Abschreibung in der DIN 18960 – im Gegensatz zur ÖNORM B 1801-2 bzw. zur „alten“ DIN 18960-1 – nicht in der Kostengliederung enthalten ist.²

Tabelle 2-7 – Gliederung der (Objekt-)Nutzungskosten gemäß DIN 18960³

Nutzungskostengruppen (1. Ebene) gemäß DIN 18960
100 Kapitalkosten
200 Verwaltungskosten
300 Betriebskosten
400 Instandsetzungskosten (Bauunterhaltungskosten)

c) Vergleich von DIN 18960 und ÖNORM B 1801-2

Abgesehen von dem erwähnten Fehlen der Abschreibung bei der DIN 18960 lassen sich die Inhalte der ÖNORM B 1801-2 durch Umgliederung im Wesentlichen in jene der DIN 18960 überführen. Unterschiede ergeben sich jedoch im Detail bei der Verwendung von Begriffen und der Zuordnung von Kosten.⁴

¹ Vgl. ÖNORM B 1801-2, 1997, S. 4

² Vgl. DIN 18960, 1999, S. 1f; vgl. DIN 18960-1, 1976, S. 1

³ Vgl. DIN 18960, 1999, S. 3

⁴ Vgl. Kostengliederungen der ÖNORM B 1801-2 und DIN 18960 gemäß Anhang

Beispiel: Begriffe der Instandhaltung lt. ÖNORM B 1801-2 und DIN 18960

Die DIN 18960 definiert

- Inspektion als Maßnahme zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes von technischen Mitteln eines Systems,
- Wartung als Maßnahme zur Bewahrung des Soll-Zustandes von technischen Mitteln eines Systems und
- Instandsetzung (= Bauunterhaltung) als Maßnahme zur Wiederherstellung des Soll-Zustandes.

Die Begriffe Inspektion und Wartung werden in der DIN sowohl für Baukonstruktionen als auch technische Anlagen verwendet (Nutzungskostengruppen 340 und 350) und als Teil der Betriebskosten aufgefasst. Im Gegensatz dazu spricht die ÖNORM von Wartung und Inspektion nur im Zusammenhang mit technischen Anlagen (Kostenart 5.3), wodurch in der ÖNORM auch nur diese Kosten in den Betriebskosten enthalten sind.

Die Instandsetzungskosten bilden in der DIN eine eigene Nutzungskostengruppe und beinhalten die Kosten für die Instandsetzung von Baukonstruktionen, technischen Anlagen, Außenanlagen und Ausstattung. Der Begriff Instandhaltungskosten kommt in der DIN nicht zur Anwendung.

Demgegenüber betrachtet die ÖNORM die Instandsetzungskosten zusammen mit den Instandhaltungskosten und Restaurierungskosten als Teil der Erhaltungskosten:

- Erhaltungskosten: Kosten für die Gesamtheit aller Maßnahmen, um den Bestand der Bausubstanz und ihres Wertes zu sichern.
- Instandhaltungskosten: Kosten der Erhaltung durch einfache und regelmäßig wiederkehrende Maßnahmen, um die Funktionstauglichkeit zu erhalten.
- Instandsetzungskosten: Kosten der Erhaltung, um die Funktionstauglichkeit zu verlängern.
- Restaurierungskosten: Kosten der Erhaltung für die Herstellung eines früheren Zustandes, wobei die vorhandene Bausubstanz bewahrt wird.

Vereinfacht ausgedrückt entsprechen also die „Instandhaltungskosten“ der ÖNORM B 1801-2 (Kostenart 6.2, kein Teil der Betriebskosten) den Kosten für Inspektion und Wartung der Baukonstruktionen in der DIN 18960 (Nutzungskostengruppe 340, Teil der Betriebskosten).

Ergänzung: Begriff der Instandhaltung von Baugeräten

Gemäß Handwörterbuch der Bauwirtschaft werden bei Baugeräten unter dem Begriff „Instandhaltung“ Maßnahmen zur Bewahrung und Wiederherstellung des jeweils

angestrebten Soll-Zustandes sowie zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes verstanden, d.h. „Wartung“, „Inspektion“ und „Instandsetzung“ werden als Teilbereiche der Instandhaltung betrachtet.¹

Ergänzung: Begriff der Instandhaltung im Steuerrecht

Das österreichische Steuerrecht verwendet den Oberbegriff des „Erhaltungsaufwandes“ und teilt ihn in „Instandhaltungsaufwand“ und „Instandsetzungsaufwand“.

- Instandhaltungsaufwand² liegt vor, wenn es sich um laufende Reparaturarbeiten handelt, die nicht zu einem Austausch von wesentlichen Teilen eines Gebäudes führen, somit
 - laufende Wartungsarbeiten
 - Reparaturen, auch wenn diese nicht jährlich anfallen, wie z.B. die Reparatur des Daches oder Reparatur der Heizung
 - Ausmalen des Stiegenhauses und der Räume
 - Anstreichen von Fenstern sowie Austausch einzelner Fensterflügel
 - Austausch von nicht wesentlichen Gebäudeteilen (Austausch einzelner Fenster und Türen, Austausch einzelner schadhaft gewordener Heizkörper etc.)
 - Anfärbeln der Fassade ohne Erneuerung des Außenverputzes
 - Ausbessern des Verputzes etc.
 - Erneuerung von Gebäudeteilen infolge höherer Gewalt (z.B. bei Sturm- und Hagelschäden)

- Instandsetzungsaufwand³ ist jener Aufwand, der nicht zum Anschaffungs- oder Herstellungsaufwand gehört und allein oder zusammen mit einem Herstellungsaufwand den Nutzungswert des Gebäudes wesentlich (über 25%) erhöht oder die (Rest-)Nutzungsdauer wesentlich (über 25%) verlängert, somit zum Beispiel
 - Austausch von (mehr als 25% des Hauses)
 - Fenstern und Türen
 - Dach und Dachstuhl
 - Stiegen
 - Zwischenwänden, Zwischendecken
 - Unterböden (Estrich statt Holz etc.)
 - Aufzugs- und Heizungsanlagen
 - Installationen
 - Trockenlegung der Mauern
 - Erneuerung des Außenverputzes mit Wärmedämmung
 - Energiesparende Investitionen

¹ Vgl. Oberndorfer, 2001, S. 82

² Vgl. Immobilienhandbuch, 2001, Band 2, Register 7, Kapitel 1.7.3, S. 2f

³ Vgl. Immobilienhandbuch, 2001, Band 2, Register 7, Kapitel 1.7.3, S. 5

Beispiel: Betriebskosten, Erhaltungskosten, Bewirtschaftungskosten, Bewirtschaftungsaufwand

Die Begriffe der Betriebskosten und Erhaltungskosten nehmen bei Immobilien eine Sonderstellung ein, weil sie bei Mietobjekten im Verhältnis zwischen Mietern und Vermietern eine zentrale Rolle spielen. Vereinfacht ausgedrückt sind die „Betriebskosten“ stets vom Mieter zu tragen, während die „Erhaltungskosten“ vom Vermieter aufgebracht werden müssen. Für Immobilien, die in den Anwendungsbereich des österreichischen Mietrechtsgesetzes (MRG) fallen, ist der Umfang der Betriebskosten durch §§ 21ff MRG und jener der Erhaltungskosten durch §§ 3ff MRG geregelt.

Im Anhang findet sich als Gegenstück zu den in den Kostengliederungen der ÖNORM B 1801-2 und DIN 18960 enthaltenen Definitionen auch ein Auszug aus dem österreichischen Mietrechtsgesetz (§§ 21ff MRG). Demzufolge werden Steuern und Abgaben (Kostenart 3 der ÖNORM B 1801-2) sowie Verwaltungskosten (Kostenart 4 der ÖNORM) zu den „Betriebskosten“ (Kostenart 5 der ÖNORM) gerechnet.

Die ÖNORM A 4000, die die Abrechnung von Bewirtschaftungskosten von Gebäuden mit Miet- und Eigentumsobjekten zum Inhalt hat, richtet sich bei der Definition der Betriebskosten nach dem österreichischen Mietrechtsgesetz.¹ Eine entsprechende Übersicht über den Umfang der Bewirtschaftungskosten unter besonderer Berücksichtigung der Betriebskosten ist ebenso in den Anhang aufgenommen worden, wie eine Definition des Bewirtschaftungsaufwands gemäß ÖNORM B 1802, um die vorhandene Begriffsvielfalt darzustellen.

2.3.6. Objektbeseitigungskosten

Für die Phase der Objektbeseitigung existiert bis dato keine allgemein anerkannte, normativ festgelegte Kostengliederung. Soweit erforderlich, ist daher für diese Arbeit eine entsprechende Kostengliederung zu entwickeln.

Der Lebenszyklus endet per definitionem mit der Phase der Objektbeseitigung, die definitionsgemäß nur einmal innerhalb des Lebenszyklus einer Immobilie auftreten kann. Das mehrmalige Durchlaufen der Lebenszyklusphasen Objektentwicklung, Objekterrichtung und Objektnutzung ist hingegen – für Teile der Immobilie oder die Immobilie insgesamt – denkbar. Da sich einzelne Teile eines Immobilienobjekts zum selben Zeitpunkt in unterschiedlichen Lebenszyklusphasen befinden können, kann es zu einer Überlappung von Lebenszyklusphasen kommen.

¹ Vgl. ÖNORM A 4000, 1996, S. 2ff bzw. ENTWURF ÖNORM A 4000, 2001, S. 4ff

Beispiele:

- Ein Teil der Immobilie wird früher fertig gestellt als der Rest und geht zeitiger in die Objektnutzungsphase über.
- Während der Objektnutzungsphase werden Maßnahmen erforderlich, die über die Titel der „Instandhaltung“, „Instandsetzung“, „Restaurierung“ bzw. „nützlichen Verbesserung“¹ hinausgehen. In diesem Fall ist es zweckmäßig, die Kostengliederung der Objekterrichtungsphase anzuwenden.
- Wenn sich die Eigentümerstruktur eines Immobilienobjektes verändert, führt diese Tatsache allein zu keinem Wechsel der Lebenszyklusphase, in der sich die Immobilie befindet, da die Phasen objektbezogen definiert sind.

2.3.7. Lebenszyklusausgabenkatalog

Abgeleitet aus den vorangegangenen Abschnitten werden die Lebenszykluskosten, d.h. genau genommen die Lebenszyklusausgaben entsprechend den Erläuterungen gemäß Punkt 1.1. und 2.3., in dieser Arbeit in Form eines Kataloges veranschaulicht (siehe Anhang). Die Gliederung dieses „Ausgabenkataloges“ weist in Anlehnung an die Kostengliederung der ÖNORM B 1801-1 die in der folgenden Abbildung dargestellte maximale hierarchische Struktur auf. Als Mindestanforderung für den Umfang einer Lebenszyklusbetrachtung wird die Berücksichtigung der 2. Gliederungsebene vorgeschlagen.

Gliederungsebene	Bezeichnung des Ausgabenelementes (i.w.S.)
1. Ebene:	Lebenszyklusphase
2. Ebene:	Ausgabenbereich
3. Ebene:	Grobelement
4. Ebene:	Element
5. Ebene:	Elementtyp
6. Ebene:	Position

Abbildung 2-2 – Struktur des Lebenszyklusausgabenkataloges

Bei Verwendung eines solchen Kataloges werden die auftretenden Ausgaben durch Untergliederung in einzelne „Ausgabenelemente“ aufgeteilt. Der Begriff „Ausgabenelement“ ist in diesem Zusammenhang im weiteren Sinne als Bezeichnung für einen abgrenzbaren Teilbereich von Ausgaben zu verstehen. Im engeren Sinne steht der Begriff „Ausgabenelement“ jedoch auch für die 4. Gliederungsstufe des Ausgabenkataloges. Wo in der Folge Missverständnisse auftreten könnten, wird die Bezeichnung

¹ Vgl. Österreichisches Mietrechtsgesetz: MRG §4

„Ausgabenelement“ mit dem Zusatz i.w.S. (im weiteren Sinne) bzw. i.e.S. (im engeren Sinne) versehen.

Eine elementbezogene Betrachtungsweise bietet eine Reihe von Vorzügen bei der Ermittlung von Kosten bzw. Ausgaben. Hutzelmeyers¹ Ausführungen, die sich im speziellen auf die Phase der Objekterrichtung beziehen, sind z.B. folgende Vorteile zu entnehmen:

- Checklistenfunktion für mögliche auftretende Kosten
- Einheitliche Abgrenzung und Ermittlung von Kosten durch Bezug auf genormte Kostengliederungen (z.B. DIN 276) und Bezugsgrößen (z.B. DIN 277)²
- Ermöglichung einer umfassenden Kostenplanung, Kostenkontrolle bzw. Kostensteuerung durch im Detail nachvollziehbare Kostenermittlung
- Verwendungsmöglichkeit eines mit Kosten belegten Kataloges als Datenquelle für Richtwerte für zukünftige Projekte
- Ermöglichung von Vergleichen verschiedener Projekte auf einheitlicher Basis

2.4. Kostenplanung

2.4.1. Allgemeines, Definitionen

Nach Oberndorfer ist unter dem Begriff „Kostenplanung“ die Gesamtheit aller Maßnahmen der Kostenermittlung, Kostenkontrolle und Kostensteuerung zu verstehen. Zweck der Kostenplanung ist der Versuch, sämtliche anfallenden Kosten im Voraus zu bestimmen.³

Über die Grundlagen der Kostenplanung existieren in der Literatur umfangreiche Ausführungen, die hier nicht im Detail wiedergegeben werden.⁴ Diese Darstellungen konzentrieren sich in der Regel auf die Phase der Objekterrichtung, sind jedoch in ihren Grundsätzen auf den gesamten Lebenszyklus einer Immobilie anwendbar. Folgende Definitionen sind dem Handwörterbuch der Bauwirtschaft entnommen, wobei Einschränkungen (z.B. auf die Objekterrichtungsphase) unberücksichtigt bleiben.⁵

¹ Vgl. Hutzelmeyer, 1983, S. 8ff

² Vergleichbar mit den in Österreich geltenden Normen ÖNORM B 1801 und ÖNORM B 1800.

³ Vgl. Oberndorfer, 2001, S. 92

⁴ siehe dazu z.B. Lunzer, 1984; Höninger, 1994; Diederichs, 1999

⁵ Vgl. Oberndorfer, 2001

Definition: „Kosten“

Monetär bewerteter Verzehr an Gütern und Diensten zum Zwecke der betrieblichen Leistungserbringung.

Anmerkung: Nach Möller / Kalusche handelt es sich für den Bauherrn bei den (Bau-)Kosten im Sinne der betriebswirtschaftlichen Terminologie genau genommen um (Bau-)Ausgaben. Kosten – im betriebswirtschaftlichen Sinne – fallen für den Bauherrn demnach erst in der Nutzungsphase an. Wegen der im Bauwesen fast ausnahmslosen Verwendung des Begriffes der „Kosten“ schlagen Möller / Kalusche und auch Oberndorfer jedoch vor, diesen Terminus beizubehalten.¹ Wie unter Punkt 1.1 sowie 2.3 bereits erwähnt, baut das in dieser Arbeit entwickelte Rechenmodell jedoch zur Sicherstellung einer einwandfreien Terminologie auf dem Begriff der Ausgaben auf, die als „Abfluss von Zahlungsmitteln“ definiert sind.

Definition: „Kostenermittlung“

Begriff aus der Kostenplanung. Die Kostenermittlung ist der Oberbegriff für Verfahren, mit deren Hilfe Kosten errechnet werden können. Sie kann entweder zur Vorausberechnung der entstehenden Kosten oder zur Feststellung der tatsächlich entstandenen Kosten eingesetzt werden.

Definition: „Kostenkontrolle“

Begriff aus der Kostenplanung. Die Kostenkontrolle ist der Vergleich (Soll-Ist-Vergleich) einer aktuellen mit einer früheren Kostenermittlung.

Definition: „Kostensteuerung“

Begriff aus der Kostenplanung. Die Kostensteuerung ist das gezielte Eingreifen in die Entwicklung der Kosten, insbesondere bei Abweichungen, die durch die Kostenkontrolle festgestellt worden sind.

Definition: „Kostengliederung“

Begriff aus der Kostenplanung. Die Kostengliederung ist eine Ordnungsstruktur, nach der Kosten unterteilt werden.

Definition: „Kostenkennwerte“

Begriff aus der Kostenplanung. Kostenkennwerte stellen das Verhältnis von tatsächlichen Kosten zu einer messbaren Bezugseinheit (z.B. Grundfläche, Rauminhalt, Kostenbereiche, Elemente, Leistungen) dar.

Definition: „Kostenrichtwerte“

Nicht normierter Begriff aus der Kostenplanung. Unter Kostenrichtwerten werden valorisierte und evtl. angepasste Kostenkennwerte zur Kostenermittlung geplanter Bauvorhaben verstanden.

¹ Vgl. Möller / Kalusche, 2001, S. 98f

2.4.2. Methoden der Kostenermittlung

In der Literatur werden Kostenermittlungen einerseits anhand ihrer Art (z.B. Kostenrahmen, Kostenschätzung, usw.¹), andererseits anhand der angewandten Methoden unterschieden. Auf letztere wird in der Folge genauer eingegangen, wobei auf die zusammenfassenden Ausführungen von Lunzer und Höninger verwiesen wird.²

a) Richtwertmethode im weiteren Sinn

Die Richtwertmethode im weiteren Sinn ist ein Überbegriff für alle Kostenermittlungen, wo auf bereits vorhandenes Datenmaterial von Kosten mit vorgegebener Bezugseinheit zurückgegriffen wird. Dabei ist insbesondere auf den sachlichen und zeitlichen Geltungsbereich der Richtwerte zu achten. Auf die besondere Bedeutung der in den einschlägigen Normen getroffenen Festlegungen zur Ermittlung und Verwendung von Bezugsgrößen wird in diesem Zusammenhang speziell hingewiesen, da eine Richtwertmethode ohne einheitliche Bezugsgrößen nicht seriös angewendet werden kann.³

Für die Bildung der Richtwerte lassen sich drei Verfahrensgruppen unterscheiden⁴:

- analytische Verfahren, bei denen Daten analysiert, mithilfe statistisch-mathematischer Rechenmodelle ausgewertet und zu einem Richtwert verarbeitet werden,
- synthetische Verfahren, bei denen einzelne Kostenbestandteile (Mengen- und Kostenanteile) zu einem Richtwert zusammengefügt werden sowie
- sonstige Verfahren wie zum Beispiel das Ad-Hoc-Verfahren, bei dem die Richtwertbildung iterativ erfolgt.

Beispiel: Ablaufschritte des Ad-Hoc-Verfahrens

- Aufstellung von ersten Kostenrichtwerten und Kostenrichtwertbedingungen, unter denen die Kostenrichtwerte anwendbar sind
- Anwendung der Kostenrichtwerte in der Planung
- Ausführung von Bauten samt Kostenabrechnung
- Kostenanalyse und Erfolgsbewertung
- Korrektur der Kostenrichtwerte und Kostenrichtwertbedingungen
- Durchführung weiterer Iterationsschritte...

¹ Vgl. ÖNORM B 1801-1, S. 5ff

² Vgl. Lunzer, 1984, S. 29ff; Höninger, 1994, S. 91ff

³ Vgl. ÖNORM B 1800, S. 1ff; ÖNORM B 1801-3 S. 1ff, DIN 277, S. 1ff

⁴ Vgl. Höninger, 1994, S. 84ff sowie Lunzer, 1984, S. 89ff

Die Fortschreibung von Richtwerten ohne Durchführung eines der oben genannten Verfahren ist nur bedingt möglich. Eine kurzfristige zeitliche Fortschreibung („Anpassung“) kann mit Hilfe von Indizes erfolgen (z.B. Verbraucherpreisindex, Baukostenindex, ...), wobei Hutzelmeyer¹ unter „kurzfristig“ einen Zeitraum von maximal fünf Jahren zwischen den Vergleichsprojekten, die Basis der Richtwertbildung sind, und dem Projekt, für das der Richtwert angewendet werden soll, versteht.

b) Richtwertmethode im engeren Sinn

Unter der Richtwertmethode im engeren Sinn wird die Ermittlung von Kosten auf Basis geometrischer Bezugseinheiten verstanden, wobei nur eine sehr grobe Kostengliederung – wenn überhaupt – zur Anwendung kommt. Eine weitergehende Unterteilung der Kosten kommt wenn, dann nur in Form von Prozentangaben der übergeordneten Kosten zur Anwendung.

Beispiel:

Baukosten (exkl. Einrichtung, exkl. Umsatzsteuer) für eine Halle in Massivbauweise, Standardausführung, Zeitbezug: 1998, Währung: öS:²

Richtwert (öS pro m ² Bruttogrundrissfläche):	ca. 5.000,- bis 6.000,-
Bezugsgröße (Bruttogrundrissfläche):	ca. 500 m ²
Kosten = Richtwert * Bezugsgröße:	ca. 2,5 Mio bis 3,0 Mio

c) LV-Methode

Die LV-Methode stellt einen Spezialfall der Richtwertmethode (i.w.S.) dar. Der Name leitet sich aus der Verwendung von Positionen von Leistungsverzeichnissen (LV) ab. Der Einsatz der LV-Methode erfordert daher detaillierte Kenntnis über die zu erbringenden Leistungen. Kostendaten können bei Fehlen von Kostenrichtwerten synthetisiert werden, indem eine Kalkulation der zu erbringenden Leistungen durchgeführt wird (Zusammenstellung der Kosten für Lohn, Stoff, Gerät usw.).³

Eine Vereinfachung der LV-Methode besteht darin, das Hauptaugenmerk auf die „Leitpositionen“ zu legen, d.h. auf jene Positionen, die mit rd. 80-90% den überwiegenden Anteil der gesamten Kosten beinhalten. Die „Restpositionen“ können ver-

¹ Vgl. Hutzelmeyer, 1983, S. 21

² Vgl. Kranewitter, 1998, S. 249

³ Vgl. Diederichs, 1999, S. 98ff; Anm.: Die Vorgangsweise der Baukostenplanung durch Kalkulation wurde z.B. von Ecker, 2001 auf Basis von Diederichs, 1986 und Pfanner, 1998 näher betrachtet.

einfacht, z.B. mithilfe von Kostenrichtwerten oder mit prozentualen Zuschlägen erfasst werden.¹

d) Elementmethode

Die Elementmethode stellt einen Spezialfall der Richtwertmethode (i.w.S.) dar, bei der die Ebene der Elemente als unterste Gliederungsstufe verwendet wird. Angewendet auf die Errichtung eines Gebäudes bedeutet dies, dass das Gebäude planungsorientiert in

- funktionale bzw. konstruktive Elemente (z.B.: Wände, Decken, ...) sowie
- formale bzw. fiktive Elemente (z.B.: Planungsleistungen, Finanzierung, ...)

aufgeteilt wird.

e) Technische bzw. analytische Berechnungsmethoden

Unter dem Begriff der technischen bzw. analytischen Berechnungsmethoden sind all jene Methoden zu verstehen, bei denen Projektdaten zunächst nach technischen Gesichtspunkten mithilfe mathematischer Formelapparate aufbereitet werden, bevor der Bezug zu den Kosten geschaffen wird. Derartige Verfahren kommen zum Beispiel bei der Ermittlung von Betriebskosten zur Anwendung.²

Beispiel:

Kosten für Abwasser und Wasser eines Bürogebäudes (Standardausstattung, exkl. Klima- und Sonderanlagen) Zeitbezug: 1977, Währung: DM:³

Wasserverbrauch pro Arbeitsplatz (n) und Tag (d):	0,035 m ³ /(n.d)
Anzahl der jährlichen Arbeitstage:	250 d/a
Anzahl der Arbeitsplätze (n):	160
Wasserpreis (inkl. Abwassergebühr):	2,40 DM/m ³
jährliche Kosten für Abwasser und Wasser:	3.360 DM/a

f) Ermittlung von Lebenszykluskosten bzw. Lebenszyklusausgaben

Für die Ermittlung der Lebenszykluskosten bzw. Lebenszyklusausgaben ist keine der erwähnten Ermittlungsmethoden in ihrer reinen Form geeignet. Dies folgt aus der Tatsache, dass die Kosten (bzw. Ausgaben) – bedingt durch die langjährige Dauer

¹ Vgl. Diederichs, 1986, S. 20ff

² Vgl. Sager, 1979, Dyllick-Brenzinger, 1980, Wellpott, 2000

³ Vgl. Dyllick-Brenzinger, 1980, S. 64

des Lebenszyklus einer Immobilie – zu stark unterschiedlichen Zeitpunkten auftreten und die Kosteninformationen in Verbindung damit wesentliche Genauigkeitsunterschiede aufweisen. Daher wird eine Kombination verschiedenster Ermittlungsmethoden als zweckmäßig angesehen.

Vorgriff auf Kapitel 3

In dieser Arbeit wird das Ziel verfolgt, dass das Ergebnis einer Kosten- bzw. Ausgabenermittlung mit jeder zusätzlichen Information auch genauer bzw. aussagekräftiger wird. Daher ist in Bereichen mit mehr Information eine genauere Ermittlungsmethode angebracht als in Bereichen, über die weniger Informationen vorliegen. Da die Qualität der Information in das Rechenmodell eingebunden wird, ist es zulässig, mit unterschiedlich aussagekräftigen Daten zu arbeiten.

Das Grundkonzept der Ermittlung der Lebenszyklusaufgaben sieht so aus, dass ein Ausgabenkatalog gemäß Kapitel 2.3.7. mit Daten belegt wird und dass der Informationsstand bestimmt, welche Ausgabenelemente (i.w.S.) berücksichtigt werden können – unabhängig davon, auf welcher Gliederungsebene des Kataloges sie sich befinden.

Bei der Ermittlung der Lebenszyklusaufgaben steht nicht der Versuch im Vordergrund, die in Zukunft auftretenden Kosten „hellseherisch“ vorhersagen zu wollen, sondern das Bestreben, den jeweiligen Informationsstand über die zu erwartenden Ausgaben transparent wiederzugeben.

2.4.3. Informationen als Basis für Kostenermittlungen

Die Angabe von Kosten bzw. Ausgaben, d.h. das Belegen eines Kataloges mit konkreten, in monetären Einheiten ausgedrückten Beträgen, hängt eng mit dem Informationsstand über die Kosten- bzw. Ausgabenelemente (i.w.S.) zusammen. Nachstehende Erläuterungen gelten gleichermaßen für Kosten und Ausgaben. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird jedoch nur der Begriff „Kosten“ verwendet.

Sofern es sich um in der Vergangenheit aufgetretene, d.h. bekannte Kosten handelt oder um Kosten, die anhand eindeutiger Verträge, Vereinbarungen oder Angebote weitgehend fixiert oder zumindest eingrenzbar sind, stellt die Angabe von Kosten kein grundlegendes Problem dar. Schwierig wird es hingegen bei jenen Kosten, die erst in der Zukunft auftreten werden und über die bzw. über deren Grundlagen noch wenig bekannt ist. Ein Beispiel dafür wäre etwa die Ermittlung von Betriebskosten in der Vorentwurfsphase eines Immobilienprojekts.

Für Aussagen über zukünftige Kosten sind – sofern nicht die Bereiche der Wahrsagerei oder Intuition strapaziert werden sollen – drei grundlegende Arten von Informationen erforderlich:

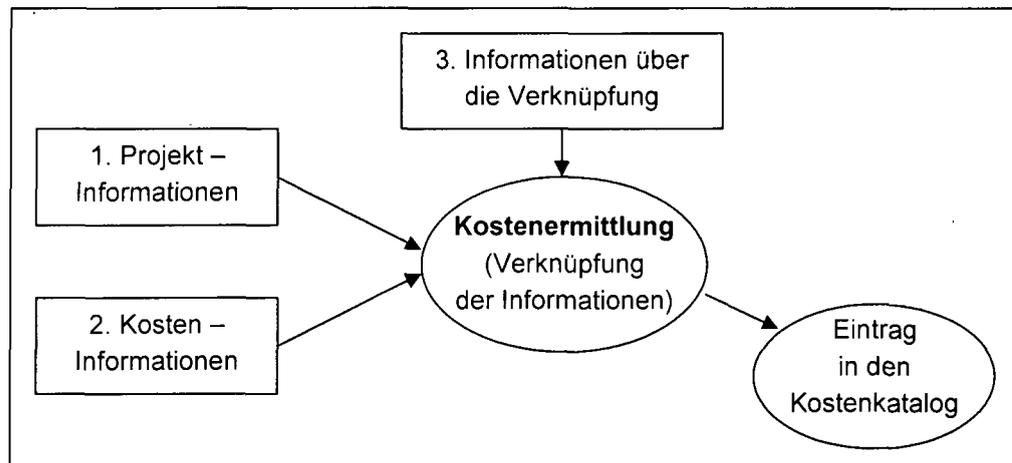


Abbildung 2-3 - Informationen als Basis für Kostenermittlungen

1. Informationen über das Projekt an sich
Je mehr Einzelheiten über ein Projekt bekannt sind, umso genauer lassen sich die entstehenden Kosten beziffern. Die Projektinformationen bestimmen den maximal möglichen Grad der Genauigkeit einer Kostenermittlung.
2. Informationen über die Kostengrundlagen
In Abhängigkeit von Punkt 1 können Informationen über die entstehenden Kosten (Öffentlich zugängliche Kostenrichtwerte, Bestimmungen von Honorarordnungen, Anfragen bei Lieferanten und Unternehmern, Aufbereitung von selbst abgewickelten Projekten ...) eingeholt werden. Deren Qualität bestimmt, ob der maximale Grad der Genauigkeit der Kostenermittlung auch erreicht werden kann.
3. Informationen über die angemessene Art der Verknüpfung der Informationen gemäß Punkt 1 und 2
Der Art der Verknüpfung der Informationen gemäß Punkt 1 und 2 kommt insofern besondere Bedeutung zu, da erst dadurch projektbezogene Kosten ermittelt werden und die Genauigkeit der Kostenermittlung fixiert wird.

Die Kenntnis von qualitativ hochwertigen Informationen über Kosten stellt einen Wettbewerbsvorteil auf dem Markt dar. Die Erschließung von Wissensbeständen, die von den einzelnen, am Lebenszyklus einer Immobilie beteiligten Firmen bzw. Einzelpersonen aufgebaut worden sind, gestaltet sich daher schwierig, stellt jedoch in Summe ein enormes Informationspotential dar. Beispiele für allgemein zugängliche Quellen für Informationen über Kosten sind im Anhang angeführt.

2.5. Modelle zur Beurteilung von Immobilien

2.5.1. Liegenschaftsbewertung

Die Grundlagen der Liegenschaftsbewertung sind in Österreich in der ÖNORM B 1802 festgehalten, die für die Ermittlung der Grundlagen des Verkehrswertes von bebauten und unbebauten Liegenschaften (...) anwendbar ist. Der Verkehrswert ist definiert als jener Preis, der bei einer Veräußerung der Liegenschaft im redlichen Geschäftsverkehr üblicherweise erzielt werden kann.¹

Vorausgesetzt dass eine Immobilie nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten betrachtet wird, ist es bei Beurteilung der Lebenszykluskosten bzw. -ausgaben von Interesse, welcher Verkehrswert (Preis) den Kosten zu einem definierten Zeitpunkt gegenübersteht. Die Liegenschaftsbewertung stellt somit eine Möglichkeit dar, eine Aussage aus der Sicht des Marktes über eine Immobilie zu erhalten.

Die Qualität der Aussage hängt dabei in erster Linie vom Gutachter und seiner Erfahrung ab, wie in der ÖNORM festgehalten wird:

„Angesichts der Unsicherheit einzelner in die Bewertung einfließender Faktoren, insbesondere der Notwendigkeit, auf Erfahrungswerte zurückzugreifen, kann das Ergebnis der Bewertung keine mit mathematischer Exaktheit feststehende Größe sein. Der Gutachter hat jedoch nach bestem Wissen einen eindeutigen Wert anzugeben.“²

Die Ermittlung des Verkehrswertes baut auf drei grundlegenden Verfahren auf, die in der Regel in Kombination angewendet werden.

Tabelle 2-8 – Wertermittlungsverfahren gemäß ÖNORM B 1802³

Verfahren	Vorgangsweise	Einsatzgebiet
Vergleichswertverfahren	Vergleich mit im redlichen Geschäftsverkehr tatsächlich erzielten Kaufpreisen vergleichbarer Liegenschaften	Vorzugsweise für unbebaute Liegenschaften bzw. für die Bodenwertermittlung
Ertragswertverfahren	Ermittlung des Reinertrages unter Berücksichtigung der Kapitalisierung	Vorzugsweise für Liegenschaften, die zu Ertragszwecken genutzt werden
Sachwertverfahren	Ermittlung des Werts von Boden, Bau, Zubehör, Sonstigem	Vorzugsweise für bebaute Liegenschaften, bei denen die Eigennutzung im Vordergrund steht

¹ Vgl. ÖNORM B 1802, S. 2

² Vgl. ÖNORM B 1802, S. 2 (Abschnitt 3.3)

³ Vgl. ÖNORM B 1802, S. 3ff

Erläuterungen zur Anwendung dieser Verfahren können z.B. bei Kranewitter¹ nachgelesen werden. Für den Hochbau sind insbesondere zwei Arten der Wertermittlung von Bedeutung, und zwar die

- Verkehrswertermittlung bebauter Liegenschaften im Sachwertverfahren sowie die
- Verkehrswertermittlung bebauter Liegenschaften im Ertragswertverfahren.

Im Anhang findet sich neben einer schematischen Darstellung dieser beiden Verfahren auch eine Übersicht zur Zuordnung von Begriffen, um eine Verbindung zwischen den Termini der ÖNORMEN B 1802 und B 1801-1 herstellen zu können.

2.5.2. Investitionsrechnung

a) Verfahren der Investitionsrechnung

Unter dem Sammelbegriff „Investitionsrechnung“ sind Rechenverfahren zu verstehen, mit deren Hilfe quantitative, an Liquiditäts- und Erfolgskriterien orientierte Maßstäbe für die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit von (alternativen) Investitionsvorhaben gefunden werden bzw. optimale Investitionsprogramme bestimmt werden können. Sie gelangen sowohl im Vorfeld als auch zur Kontrolle von Investitionsentscheidungen zum Einsatz.² Die Verfahren der Investitionsrechnung lassen sich nach Diederichs in drei Untergruppen einteilen:³

1. **Monovariablen Wirtschaftlichkeitsberechnungen**⁴, bei denen die Nutzen- und Kostenfaktoren stets monetär bewertet werden können und nicht in Geldeinheiten bewertbare Faktoren ergänzend verbal diskutiert werden, z.B.:

Statische Verfahren (Betrachtung von Durchschnittswerten einer Zeitperiode):

- Kostenvergleich
- Gewinnvergleich
- Rentabilitätsrechnung
- Amortisationsrechnung (*bei Berücksichtigung von Verzinsungseffekten auch als dynamische Methode einsetzbar*)

¹ Vgl. Kranewitter, 1998, S. 67ff

² Vgl. Lechner, 2001

³ Vgl. Diederichs, 1999, S. 159ff

⁴ Anm.: Nach Lechner, 2001 sind unter Wirtschaftlichkeitsberechnungen Methoden zu verstehen, mit deren Hilfe die Vorteilhaftigkeit einzelwirtschaftlicher Investitionsmaßnahmen geprüft und im Hinblick auf die Zielsetzungen des jeweiligen Investors bewertet werden soll.

Dynamische Verfahren (Berücksichtigung von Zeitreihen und Verzinsungseffekten):

- Kapitalwertmethode
- Methode des internen Zinsfußes
- Annuitätenmethode

2. **Multivariable Nutzen-Kosten-Untersuchungen**, bei denen auch nicht monetär bewertete Nutzen- und Kostenfaktoren einbezogen werden können, z.B.:

- Kosten-Nutzen-Analyse (*Zuordnung auch zu den monovariablen Wirtschaftlichkeitsberechnungen möglich, weil Nutzen- und Kostenfaktoren überwiegend monetär bewertet werden können*)
- Nutzwertanalyse (*Nutzen- und Kostenfaktoren überwiegend nicht monetär bewertbar*)
- Kostenwirksamkeitsanalyse (*Kostenfaktoren überwiegend monetär bewertbar, Nutzenfaktoren überwiegend nicht monetär bewertbar*)

3. **Programmierte Verfahren**, bei denen zusätzlich auch Nebenbedingungen (Ungleichungen) berücksichtigt werden, z.B.:

- Simulation von Nutzungs-, Finanzierungs-, Investitions- und Betreibermodellen
- Optimierungsrechnungen

Der Begriff der Wirtschaftlichkeit wird im Zusammenhang mit Investitionsrechnungen im weiteren Sinne als Synonym für die „Vorteilhaftigkeit für den Investor“ aufgefasst. Je nach Blickwinkel des Betrachters unterscheidet die Fachliteratur verschiedene Wirtschaftlichkeitsbegriffe, z.B. nach Möller/Kalusche:¹

- „Technische Wirtschaftlichkeit“
- „Kostenwirtschaftlichkeit“
- „Rentabilität“
- „Wirtschaftlichkeit i.w.S.“
- „Gesamtwirtschaftliche Vorteilhaftigkeit“

Für die Beurteilung einer Immobilie wird in dieser Arbeit das Hauptaugenmerk auf die Kosten bzw. Ausgaben gelegt. Der Nutzen bzw. die Einnahmen, die durch das Immobilienobjekt im Verlauf des Lebenszyklus entstehen, werden nur soweit wie erforderlich behandelt, können jedoch bei Bedarf dem Rechenmodell hinzugefügt werden.

¹ Vgl. Möller / Kalusche, 2001, S. 3ff

b) Sensitivitätsanalysen

Investitionsrechnungen sind stets mit Unsicherheiten behaftet, weil sie Annahmen über die Zukunft beinhalten. Sensitivitätsanalysen dienen dazu, deutlich zu machen, ob und inwieweit sich durch unterschiedliche Annahmen über die Eingangsdaten (Input) die Analyseergebnisse (Output) ändern. Eine besondere Form der Sensitivitätsanalysen besteht darin, „kritische Werte“ zu ermitteln. Dabei lösen Sensitivitätsanalysen jedoch nicht das Problem der Entscheidung bei Unsicherheit. Es werden nur „kritische“ Input-Größen bzw. „wahrscheinliche Korridore“ für die Output-Größen gewonnen.¹

c) Ermittlung von Wahrscheinlichkeitsverteilungen

Eine Weiterentwicklung von Sensitivitätsanalysen besteht darin, für Input-Größen Wahrscheinlichkeitsverteilungen anzugeben und sich damit das Variieren der Parameter „von Hand“ zu ersparen. Die Output-Größen werden nach den Grundsätzen der Wahrscheinlichkeitstheorie ermittelt und in Form von Wahrscheinlichkeitsverteilungen angegeben.²

Dabei ergeben sich zwei Kernfragen, wobei die Antworten darauf bestimmen, ob diese Methode überhaupt eingesetzt werden kann:

- (1) Wie werden die **Wahrscheinlichkeitsverteilungen** für die Input-Größen gewählt?
- (2) Wie erfolgt die Durchführung der **Berechnungen**, wenn viele Parameter zahlreiche Werte annehmen können und dadurch genaue analytische Ermittlungen praktisch unmöglich werden?

Für die Beantwortung der Frage (1) ist zunächst zu klären, welche Interpretation von Wahrscheinlichkeit anzuwenden ist. Spies unterscheidet hierbei drei Arten:³

- *Frequentistische Interpretation* (Interpretation der Wahrscheinlichkeit als relative Häufigkeit)
- *Logische Interpretation* (Interpretation der Wahrscheinlichkeit als Grad, in dem Aussagen zutreffen)
- *Subjektive Interpretation* (Interpretation der Wahrscheinlichkeit als Ergebnis der subjektiven Einschätzung eines Individuums)

¹ Vgl. Diederichs, 1999, S. 180

² Vgl. Swoboda, 1992, S. 133ff

³ Vgl. Spies, 1993, S. 28ff

In der Regel werden in den technischen Disziplinen nur dann Wahrscheinlichkeitsverteilungen in Betracht gezogen, wenn ausreichende statistische Untersuchungen zugrunde gelegt werden können, eine frequentistische Interpretation der Wahrscheinlichkeit möglich ist und damit insbesondere subjektive Elemente ausgeklammert werden können. Dies entspricht nach Hagstrom¹ dem Wesen der meisten Menschen, die dazu neigen, kategorische Entscheidungen zu treffen und nicht in Wahrscheinlichkeiten, Entscheidungsbäumen oder Kombinationen zu denken.

Ist eine zufriedenstellende Antwort auf die erste Frage gefunden, stellt die Frage (2) lediglich ein „mathematisches“ Problem dar, das entweder analytisch, numerisch und/oder iterativ mithilfe elektronischer Datenverarbeitung zu lösen ist.

- Als mögliches iteratives Berechnungsverfahren sei hierbei die Monte-Carlo-Methode erwähnt, die eine Methode der statistischen Simulation darstellt. Unter Zuhilfenahme des Zufalls können mit dieser Methode deterministische Probleme näherungsweise gelöst werden, aber auch zufällige Ereignisse und zufällige Prozesse untersucht werden.²
- Als Teil dieser Arbeit wurde ein eigenständiges numerisches Verfahren entwickelt, das im Kapitel 3 näher erläutert wird.

Bei der Beurteilung von Immobilien werden bis dato wahrscheinlichkeitstheoretische Überlegungen ausgeklammert, weil weitläufig nur die frequentistische Interpretation der Wahrscheinlichkeit akzeptiert wird und diese in ihrer reinen Form nicht mit den Gegebenheiten eines Immobilienprojektes in Einklang zu bringen ist.³ Darüber hinaus wird die Einfachheit der deterministischen Betrachtungsweise (ergänzt um Sensitivitätsanalysen) aufwändigen wahrscheinlichkeitstheoretischen Berechnungen vorgezogen.

Demgegenüber stehen Erfahrungen aus anderen Disziplinen, bei denen exemplarisch nachgewiesen werden konnte, dass „klassische“ Mittelwertmodelle nicht nur ungenauere, sondern auch risikoreichere/unwahrscheinlichere Ergebnisse vorhersagen.⁴ Als Beispiel wird im Anhang ein Modell aus dem Bereich der Energiewirtschaft vorgestellt, das sich mit dem wirtschaftlichen Einsatz von Gasturbinen in Kraftwerken beschäftigt.

¹ Vgl. Hagstrom, 2000, S. 145

² Vgl. Tarassov, 1993, S. 66ff

³ Anm.: Aufgrund der jahrelangen Dauer des Lebenszyklus einer Immobilie fehlt die Möglichkeit „statistisch repräsentative Versuchsreihen“ durchzuführen. Immobilien stellen Unikate dar, bei denen von der Entwicklung über die Errichtung und Nutzung bis hin zur Beseitigung immer wieder neue Verhältnisse herrschen.

⁴ Vgl. Sageder, 1998, S. 7

2.5.3. Folgekostenrechnung

Die Folgekostenrechnung stellt im Grunde einen Teilbereich der Investitionsrechnung dar. Da bei Immobilien jedoch gerne zwischen den anfänglichen „Investitionen“ (gemäß Entwicklungs- und Errichtungsphase) und den nachträglichen „Folgekosten“ (gemäß Nutzungs- und Beseitigungsphase) unterschieden wird, wird die Folgekostenrechnung in diesem Unterkapitel gesondert behandelt.

a) Öfverholm 1986

Öfverholm¹ stellt in seiner Dissertation aus dem Jahre 1986 ein Modell zur Ermittlung der Folgekosten von Bauwerken dar, das wesentliche Elemente der Lebenszyklusbetrachtung beinhaltet und daher im Folgenden kurz näher erläutert wird. Die von Öfverholm verwendete Gliederung der Folgekosten ist im Anhang ersichtlich, die von ihm dargestellte Größenordnung der Folgekosten in verschiedenen Gebäuden ist nachstehender Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 2-9 - Größenordnung der Folgekosten anhand von Beispielen aus Schweden²

Folgekostenbereich	Bürogebäude	Wohnungen (nur für gemeinsame Kosten)	Schulen
Reinigung	33%	5%	41%
Verwaltung und Wartung	18%	18%	14%
Thermische Energie	16%	35%	19%
Instandhaltung	16%	27%	20%
Strom	9%	2%	5%
Steuer	5%	4%	0%
Versicherung	2%	2%	0%
Wasser	1%	7%	1%
Gesamt	100%	100%	100%

Prinzipien des Modells

- *Konzentration auf das Wesentliche*

Da die Arbeit darauf abzielt, Methoden aufzuzeigen, wie Alternativen miteinander verglichen und Optima gefunden werden können, werden Effekte, die der Planer nicht beeinflussen kann, von vornherein ausgeklammert. Ebenso wird versucht, jene Effekte nicht zu beachten, die in den verschiedenen Varianten zu annähernd gleichen Ergebnissen führen. In der Folge findet eine Konzentration auf das Wesentliche statt – sowohl bei der Erstellung von Datenbanken als auch bei der Berechnung und Bewertung.

¹ Vgl. Öfverholm, 1986

² Vgl. Öfverholm, 1986, S. 7 der Beilage 1 (Quellenangabe von Öfverholm: REPAB, Göteborg)

Dementsprechend werden für die Ermittlung der Folgekosten in erster Linie die Kosten für Energie, Reinigung und Instandhaltung betrachtet, da nach Öfverholm nur diese vom Planer beeinflusst werden können.

- *Diskontierung – Abzinsung von Kosten auf einen einheitlichen Bezugszeitpunkt*
Aufgrund des unterschiedlichen zeitlichen Auftretens der Folgekosten werden sie auf einen einheitlichen Zeitpunkt abgezinst (diskontiert). Der dabei anzusetzende Realzinssatz (abhängig von Inflation und Folgekostenuntergruppe), die Länge des Lebenszyklus, die Stabilität der Berechnungsmethoden und Basisdaten, die Preis- und Lohnentwicklungen, die Rationalisierungsmöglichkeiten, die Risiken, die Abschreibungsmöglichkeiten, die Importeinflüsse usw. werden zu einem „Umwandlungspaket“ geschnürt, mit dem die Folgekosten eruiert werden.

Ermittlung der Energiekosten

- Ausgehend von einer Heizwärmebedarfsberechnung werden die Kosten für die Heizung eruiert. Die Dicke der Wärmedämmung wird dadurch optimiert, dass die dafür erforderlichen Investitionskosten den eingesparten Heizungskosten gegenübergestellt werden.
- Die Stromkosten werden auf Basis der installierten Leistung bzw. über Messungen ermittelt.
- Die Kühlung von Gebäuden wird ohne Bezugnahme auf die Notwendigkeit bzw. den Nutzen als von vornherein unwirtschaftlich dargestellt.

Ermittlung der Reinigungskosten

- *Art der zu reinigenden Fläche*
Die Flächen eines Gebäudes werden in verschiedene Reinigungsbereiche (z.B. Arbeitsflächen, Kommunikationsflächen, Hygieneflächen) unterteilt.
- *Gütefaktor der zu reinigenden Fläche*
Je nach Sauberkeitserfordernis an eine zu reinigende Fläche werden Gütefaktoren in Form des Zeitbedarfs (Stundenaufwand pro m^2 und Jahr) definiert, die Arbeitszeitstudien zu entnehmen sind.
- *Lohnkosten*
Da der Großteil der Reinigungskosten aus Personalkosten besteht, bietet es sich an, alle anderen Kostenanteile auf die Lohnkosten pro Zeiteinheit aufzuschlagen. Die jährlichen Reinigungskosten ergeben sich damit vereinfacht betrachtet als Produkt von Fläche (m^2), Gütefaktor ($h/(m^2 \cdot a)$) und Stundensatz (Währung/h). Da bei der Reinigung kein „Produkt“ vorgeschrieben wird und der Begriff „sauber“ nicht klar definiert ist, hängt die erforderliche Reinigungsintensität von der Akzeptanz der Gebäudenutzer ab.

Ermittlung der Instandhaltungskosten

- Die Gebäudebereiche (exkl. Gebäudetechnik!) werden nach der Nutzungsart aufgeschlüsselt und in Bauteile (Wand, Decke, Boden, Sonstiges) zerlegt.
- Durch Angabe von Intervallen und Kosten für die Instandhaltungsmaßnahmen (Währung pro Bezugseinheit) lassen sich die gesamten Instandhaltungskosten eruieren.
- Eine Unterscheidung zwischen Wartung, Instandsetzung bzw. Erneuerung wird nicht getroffen. Es wird aber darauf hingewiesen, dass unter gewissen Umständen Wertsteigerungen des Gebäudes auftreten können, die dann extra ausgewiesen werden sollten.

b) Meier 1996

Um die Auswirkungen von Folgekosten sichtbar zu machen und sie in die Verfahren der dynamischen Wirtschaftlichkeitsberechnung einführen zu können, schlägt Meier¹ ein Modell auf Basis folgender Definitionen vor:

- Folgekosten: Baunutzungskosten lt. DIN 18960-1² zuzüglich Personalkosten
- Investitionskosten: Kosten im Hochbau lt. DIN 276³
- Faktor φ : Anteil der Folgekosten an den Investitionskosten

Die Ermittlung des Faktors φ , der als gegebene Größe in die Berechnung eingeführt wird, wird von Meier nicht behandelt. Mit Verweis auf statistische Untersuchungen werden folgende Größenordnungen für φ angegeben:

Tabelle 2-10 – Größenordnung der jährlichen Folgekosten als Anteil der Investitionskosten⁴

Investitionsprojekt	Faktor φ
Verkehrsanlagen	9,5%
Freibäder	15,5%
Universitäten	18-23%
Krankenhäuser	26%
Schulen / Kindergärten	31%
Hallenbäder	20,5%
Kläranlagen	19,5%
Turn- / Sporthallen	16,5%
Sportplätze	13,5%

¹ Vgl. Meier, 1996, S. 72ff

² Vgl. DIN 18960-1, S. 1 (Ausgabe 1976)

³ Vgl. DIN 276, S. 1

⁴ Vgl. Meier, 1996, S. 73 (Quellenangabe von Meier: dbz 1975, Heft 10)

Als Beispiel für eine der zahlreichen Betrachtungsmöglichkeiten von Investitions- und Folgekosten¹ sei nachstehendes Schema dargestellt:²

Investitionskosten (K_{Invest})	1.750.000,-
Betriebskosten (Heizung, Strom, Wasser, Sonstiges) (7,5%)	131.250,-
Reinigung (2,5%)	43.750,-
Instandhaltung (1,5%)	26.250,-
Kapitaldienst (7%)	122.500,-
Abschreibung (1,5%)	26.250,-
Personalkosten pauschal	60.000,-
Folgekosten ($K_{Invest} \cdot \varphi$)	410.000,-
Faktor $\varphi = 410.000,- / 1.750.000,- = 0,234$	ca. 23,4 %

(Währungseinheit: DM)

Bei Berücksichtigung einer Dauer von $n = 20$ Jahren und einem Realzinssatz von $p = 3\%$ summieren sich die Investitions- und Folgekosten gemäß

$$K_0 = K_{Invest} \cdot \left(1 + \varphi \cdot \sum_{k=1}^n \frac{1}{\left(1 + \frac{p}{100}\right)^k} \right)$$

zu einem Barwert von ca. 7,85 Mio, d.h. dem ca. 4,5-fachen der Investitionskosten.

c) Naber 2002

Naber stellt in ihrer Dissertation u.a. ein Modell für die Berechnung von Nutzungskosten (nach DIN 18960-1) zur Anwendung in der Phase der Entwurfsplanung vor, bei dem ausgehend von einer qualitativen Bewertung der Kosten eine quantitative Berechnung mithilfe von Vergleichswerten durchgeführt wird.³

Berechnungsschema:

- Einstufung und Bewertung der einzelnen Kostengruppen nach DIN 18960-1 mithilfe eines Punktesystems und Umrechnung der Punkte in Bewertungsfaktoren pro Kostengruppe
- Berechnung der Kosten der einzelnen Nutzungskostengruppen für das erste Jahr der Nutzung nach Grundformeln der Art
„Kosten = Bewertungsfaktor * durchschnittlicher Kostenansatz * Bezugsgröße“
- Die jährlichen Kosten werden auf die Hauptnutzfläche lt. DIN 277 bezogen und in der Einheit [Währung/(m²HNF.Jahr)] in einer Übersicht dargestellt.

¹ z.B. Betrachtung eines öffentlichen Haushalts der jährlich Investitionen tätigt und Folgekosten bedienen muss; Untersuchung nach der Kapitalwertmethode, Annuitätenmethode, usw.

² Vgl. Meier, 1996, S. 74

³ Vgl. Naber, 2002, S. 105ff und DIN 18960-1, 1976

2.5.4. Lebenszykluskostenrechnung

a) Ökonomische Sichtweise

Aus ökonomischer Sicht betriebene Lebenszykluskostenrechnungen für Immobilien bauen darauf auf, alle als relevant eingeschätzten Kosten innerhalb des Lebenszyklus hinreichend genau zu quantifizieren und sie in zeitlicher Hinsicht vergleichbar zu machen. Dazu kommen üblicherweise Methoden der dynamischen Investitions- bzw. Folgekostenrechnung zum Einsatz – gegebenenfalls in Kombination mit vereinfachten Verfahren, wie zum Beispiel der „Einfachen Developer - Methode“, dem „Residualwertverfahren“ oder der „Discounted-Cash-Flow-Methode“.¹

In den Vereinigten Staaten von Amerika hat sich in diesem Bereich eine Methode etabliert, die als „BLCC-Analyse“² bezeichnet wird und in Form eines Computerprogramms allgemein erhältlich ist. Es handelt sich dabei um ein Hilfsmittel, um zwischen mehreren Alternativen von Gebäuden bzw. Gebäudesystemen entscheiden zu können, die alle demselben Zweck dienen. Dabei erfolgen sämtliche Berechnungen unter Anwendung deterministischer Zahlenwerte ohne Berücksichtigung von Bandbreiten oder wahrscheinlichkeitstheoretischen Methoden.³

Über einen gegebenen Zeitraum werden alle Kosten (diskontiert auf einen einheitlichen Zeitpunkt) aufsummiert, die sich aus dem Besitz und dem Betrieb des Gebäudes aus der Sicht des Investors ergeben:

- + Anfängliche Investitionskosten (vgl. Entwicklung, Errichtung)
 - + Reinvestitionskosten (vgl. großangelegte Sanierungen)
 - Verkaufswert am Ende des betrachteten Zeitraums (negative Kosten!)
 - + Kosten für Betrieb und Instandhaltung
 - + Kosten für Energie und Wasser
 - + Finanzierungsspezifische Kosten
 - + Steuerspezifische Kosten
-
- = **Lebenszykluskosten lt. BLCC – Analysis**

Zur Wahrung der Vergleichbarkeit der zu untersuchenden Alternativen werden nachstehende Parameter einheitlich gewählt:

- Gebäudetyp (öffentlich, privat, militärisch oder allgemein)
- Art der Inflationsberücksichtigung

¹ Anm.: Details zu diesen Verfahren können z.B. bei Diederichs, 1999, S. 291 sowie S. 350ff nachgelesen werden.

² Engl.: building life cycle cost analysis, dt.: Lebenszykluskostenanalyse von Gebäuden, vgl. Anhang

³ Vgl. Petersen, 1995, S. 8ff

- Referenzzeitpunkt für die Diskontierung
- Zeitpunkt des Betriebsbeginns
- Beobachtungszeitraum
- Zinssatz für die Diskontierung
- Anzuwendende Steuersätze

Das Programm wendet einheitliche Daten¹ für die zu erwartenden Entwicklungen der Kosten für Energie (Strom, Öl, Gas) und Wasser an. Als Ergänzung zur Lebenszykluskostenberechnung anhand ökonomischer Gesichtspunkte werden anhand des Energieverbrauchs während der Nutzungsphase Aussagen über die direkten CO₂-, SO₂- und NO_x-Emissionen abgeleitet.

b) Holistische Sichtweise

Bei der holistischen Sichtweise werden neben den ökonomischen Aspekten auch noch andere Arten von „Kosten“ in die Beurteilung einer Immobilie miteinbezogen, um ein möglichst umfassendes, ganzheitliches (d.h. holistisches) Bild zu erhalten. Diese zusätzlichen Kosten sind in der Regel nur schwer monetär erfassbar, sodass verbale Erläuterungen, Punktesysteme bzw. Gewichtungen zu Hilfe genommen werden müssen und multivariable Nutzen-Kosten-Untersuchungen zum Einsatz kommen.

Leutgöb führt u.a. folgende Aspekte an, die bei der Beurteilung von Immobilien zusätzlich zu ökonomischen Parametern zu berücksichtigen sind²:

- **Gestaltungsqualität des Gebäudes** (vgl. Eine lange Nutzungsdauer ist dann wahrscheinlich, wenn Gebäude kulturell und sozial akzeptiert werden. Ein Gebäude, in dem sich Menschen wohl fühlen, hat in der Regel einen hohen Marktwert.)
- **Standortqualität des Gebäudes** (vgl. Siedlungsumfeld, Verkehrsfragen, energietechnische und ökologische Optimierung von Gebäuden)
- **Kosten für die Allgemeinheit durch das Gebäude** (vgl. verkehrsmäßige Erschließung, ökologische Verträglichkeit der verwendeten Materialien, Art des Energieversorgungssystems, ...)

Die holistische Sichtweise kommt insbesondere dann zum Einsatz, wenn der Begriff der „Nachhaltigkeit von Gebäuden“ bzw. das Thema „Due Diligence“ diskutiert

¹ Anm.: Daten werden jährlich vom U.S. Department of Energy, Washington D.C., veröffentlicht.

² Vgl. Leutgöb, 2000, S. 5f

wird.¹ Abgesehen davon muss jedoch festgestellt werden, dass bis dato in der österreichischen Bau- und Immobilienpraxis Lebenszykluskosten nur bedingt beachtet werden. Dies trifft insbesondere dann zu, wenn entweder die Interessen der Investoren/Errichter nicht mit jenen der Nutzer im Einklang stehen und/oder eine klare Trennung der Lebenszyklusphasen in finanzierungstechnischer und organisatorischer Hinsicht vorgegeben ist.

Zur Verbesserung dieser Situation wird vorgeschlagen, die Lebenszykluskosten bereits bei der Ausschreibung von Architekturwettbewerben verstärkt zu berücksichtigen (Einführung der Wirtschaftlichkeit als Bewertungskriterium, Vorgabe von Grenzwerten für Betriebskosten bzw. Energiekennzahlen, hohe Gewichtung der Nutzungskosten im Vergleich zu den Errichtungskosten usw.).²

Seit jüngster Zeit (2001) existiert ein deutsches Softwareprodukt (namens sirAdos-LEGOE), das bereits in der Planungsphase zur Optimierung der Lebenszykluskosten eines Gebäudes unter besonderer Berücksichtigung von ökologischen Aspekten zum Einsatz kommen kann. Das Programm wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes des Privaten Instituts für Baupreisforschung in Zusammenarbeit mit der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, den Universitäten Karlsruhe und Weimar, den Softwarehäusern IEZ und Quasar sowie einigen Architekturbüros erstellt.³

Die – abgesehen vom Fehlen wahrscheinlichkeitstheoretischer Komponenten – vom Ansatz her durchaus positiv zu beurteilende Software wird zurzeit weiterentwickelt und erlaubt bis dato u.a. die Berücksichtigung folgender Aspekte:

- Baukosten (Erstinvestition, Unterhalts- und Erneuerungskosten)
- Energieverbrauch für Heizung, Warmwasser und Strom
- Energieverbrauch für die Erstellung, Erneuerung und Entsorgung der Gebäude
- Umweltbelastung infolge von Emissionen in Luft und Wasser
- Bauschutt aufkommen
- Komfort und Behaglichkeit aufgrund des sommerlichen / winterlichen Wärmeschutzes und der Schallentwicklung in Räumen

¹ Anm.: Der englische Begriff „due diligence“ kann vereinfacht mit „gebührende Sorgfalt“ übersetzt werden. Er steht als Synonym für das Bestreben, insbesondere die Risiken in einem speziellen Geschäftsbereich zu erkennen und diesen Risiken angemessen zu begegnen. Bei einer „due diligence“ – Untersuchung wird versucht, alle wesentlichen Faktoren offenzulegen, um gute Entscheidungen treffen zu können.

² Vgl. Leutgöb, 2000, S. 12ff

³ Online im WWW unter URL: <http://www.sirados.de/news/forschung.html> [Stand: 20.05.2002]

3. Modellbildung

3.1. Zielsetzungen für die Modellbildung

Das Hauptziel dieser Arbeit besteht darin, ein wahrscheinlichkeitsbasiertes Rechenmodell für den Lebenszyklus einer Hochbau-Immobilie zu entwickeln. Im Vordergrund steht hierbei das Streben nach einer möglichst umfassenden Verarbeitung jener Informationen, die über ein Projekt zu einem gewissen Zeitpunkt vorliegen. Das Rechenmodell soll helfen, vorhandenes Wissen bestmöglich darzustellen, um darauf aufbauend fundierte Entscheidungen für die Zukunft treffen zu können.

Mithilfe des Rechenmodells soll es möglich sein, den gesamten Lebenszyklus einer Immobilie in hinreichender Art und Weise abzubilden und insbesondere die Lebenszyklusaufgaben entsprechend zu erfassen, d.h. alle objektbezogenen Ausgaben, die im Verlauf des Lebenszyklus „aus der Sicht der Immobilie“ – unabhängig von den Eigentumsverhältnissen bzw. der Geschäftstätigkeit der Nutzer – auftreten.

Das Hauptaugenmerk wird darauf gelegt, eine Methode zu finden, die es erlaubt, verschiedenartigste Informationsquellen und Berechnungsschemata in eine Lebenszyklusanalyse einfließen zu lassen. Da Ausgaben bzw. Einnahmen, die erst in Zukunft entstehen, mit Unsicherheiten und Ungewissheiten behaftet sind, soll das Modell Möglichkeiten anbieten, Informationen über dieses „Nichtwissen“ einzubeziehen und in den Resultaten darzustellen. Die deterministische Sichtweise soll nicht ausgeklammert, sondern als Spezialfall in das Modell integriert werden, sodass die Vorteile beider Anschauungen kombiniert werden können.

Das Modell soll als Zahlungsflussmodell konzipiert werden, in das „Ausgaben“ und „Einnahmen“ eingehen. Die Begriffe „Kosten“ und „Leistung“ werden unter Berücksichtigung der betriebswirtschaftlichen Terminologie¹ vermieden, da bei der Betrachtung des gesamten Lebenszyklus einer Immobilie ein einheitlicher Bezug auf den Prozess einer „betrieblichen Leistungserbringung“, die „Kosten“ verursacht, nur in Ausnahmefällen bzw. lediglich pro Lebenszyklusphase hergestellt werden kann.

Die praktische Anwendbarkeit des im Rahmen des Rechenmodells vollzogenen Übergangs von der derzeit vorherrschenden rein deterministischen auf eine wahrscheinlichkeitstheoretische Betrachtungsweise des Lebenszyklus einer Immobilie stellt ein weiteres wesentliches Kriterium für die Modellbildung dar.

¹ Vgl. Oberndorfer, 2001, S. 87

3.2. Lebenszyklusausgabenkatalog (LZAK)

3.2.1. Definitionen

a) Objekt

In der Terminologie der ÖNORM B 1801-2 ist ein Objekt¹ ein auf oder unter der Erdoberfläche errichtetes Werk des Hoch- oder Tiefbaus, das dem Wesen nach eine wirtschaftliche oder technische Funktion erfüllt, wie z.B. Gebäude aller Art, Straßen, Brücken, Tunnelbauwerke, U-Bahnhöfe, Wasserversorgungs- und Abwasserbehandlungsanlagen. Im Rahmen dieser Arbeit sind unter dem Begriff Objekt im engeren Sinne Immobilien des Hochbaus zu verstehen.

b) Lebenszyklus, Objektlebenszyklus

Die Begriffe Lebenszyklus und Objektlebenszyklus werden in dieser Arbeit synonym verwendet. Unter dem „Objektlebenszyklus“ ist jener Zeitabschnitt zu verstehen, der alle Phasen der Lebensdauer eines Objektes (d.h. Objektentwicklung, Objekterrichtung, Objektnutzung und Objektbeseitigung) umfasst.²

c) Lebenszyklusphasen

Die einzelnen Lebenszyklusphasen werden abweichend von der ÖNORM B 1801-2 als rein sachliche Abschnitte innerhalb des Objektlebenszyklus definiert:

- Phase der Objektentwicklung: Phase des Lebenszyklus, in der objektbezogene Ausgaben oder Einnahmen in Bezug auf die Entwicklung des Objektes oder von Teilen des Objektes auftreten.
- Phase der Objekterrichtung: Phase des Lebenszyklus, in der objektbezogene Ausgaben oder Einnahmen in Bezug auf die Errichtung des Objektes oder von Teilen des Objektes auftreten.
- Phase der Objektnutzung: Phase des Lebenszyklus, in der objektbezogene Ausgaben oder Einnahmen in Bezug auf die Nutzung des Objektes oder von Teilen des Objektes auftreten.
- Phase der Objektbeseitigung: Phase des Lebenszyklus, in der objektbezogene Ausgaben oder Einnahmen in Bezug auf die Beseitigung des Objektes oder von Teilen des Objektes auftreten.

¹ Vgl. ÖNORM B 1801-2, 1997, S. 2

² Vgl. ÖNORM B 1801-2, 1997, S. 2

Der wesentliche Unterschied dieser Definition im Vergleich zur ÖNORM B 1801-2 besteht darin, dass die ÖNORM eine strikte Abgrenzung der Lebenszyklusphasen vorsieht.¹ Daraus ergeben sich zwei prinzipielle Nachteile:

- Erstens tritt bei Immobilienobjekten häufig der Fall ein, dass es zu einer Überlappung von Lebenszyklusphasen kommt – beispielsweise dann, wenn Teile des Objektes bereits genutzt werden, während sich andere noch in der Phase der Objekterrichtung befinden. Bei Anwendung der Definition nach ÖNORM müsste in diesem Fall das Objekt in so viele Teilobjekte untergliedert werden, dass für jedes einzelne Teilobjekt die Lebenszyklusphasendefinition der ÖNORM Gültigkeit besitzt.
- Zweitens ergeben sich Unterschiede bei der Berücksichtigung der Finanzierung. Der Zinsendienst für ein langjähriges Darlehen zur Finanzierung der Objekterrichtung wird bei Anwendung der ÖNORM in der Regel zur Gänze der Phase der Objektnutzung zugeordnet. Der kausale Zusammenhang zur Objekterrichtung scheint somit nur indirekt auf.

d) Lebenszyklusausgaben

In Anlehnung an die im Kapitel 2.3.2. angeführte Definition der Lebenszykluskosten werden die Lebenszyklusausgaben als Summe der Ausgaben für die Objektentwicklung, Objekterrichtung, Objektnutzung und Objektbeseitigung definiert. Unter Berücksichtigung der Definition der Lebenszyklusphasen gilt, dass sich die Ausgaben innerhalb der einzelnen Phasen primär durch sachliche und erst sekundär durch zeitliche Zusammenhänge auszeichnen.

- Objektentwicklungsausgaben: Summe jener objektbezogenen Ausgaben, die einem oder mehreren Kapitalgebern für die Entwicklung des Objektes oder von Teilen des Objektes entstehen.
- Objekterrichtungsausgaben: Summe jener objektbezogenen Ausgaben, die einem oder mehreren Kapitalgebern für die Errichtung des Objektes oder von Teilen des Objektes entstehen.
- Objektnutzungsausgaben: Summe jener objektbezogenen Ausgaben, die einem oder mehreren Kapitalgebern für die Nutzung des Objektes oder von Teilen des Objektes entstehen.
- Objektbeseitigungsausgaben: Summe jener objektbezogenen Ausgaben, die einem oder mehreren Kapitalgebern für die Beseitigung des Objektes oder von Teilen des Objektes entstehen.

¹ Vgl. ÖNORM B 1801-2, 1997, S. 2: „Die Objektnutzung ist jene Phase innerhalb des Objektlebenszyklus, die mit dem Abschluss der Objekterrichtung beginnt und mit dem Beginn der Objektbeseitigung endet.“

e) Finanzierungsausgaben

Finanzierungsausgaben stellen einen Teil der Lebenszyklusausgaben dar. Sie nehmen eine Sonderstellung ein, weil sie von der Summe und zeitlichen Verteilung der übrigen Lebenszyklusausgaben (exklusive Finanzierungsausgaben) abhängen. Für ihre Berücksichtigung bieten sich drei grundsätzliche Möglichkeiten an:

- **Pauschale Berücksichtigung „außerhalb“ der vier Lebenszyklusphasen**
Bei dieser Möglichkeit wird eine zusätzliche „Phase“ parallel zu den vier Lebenszyklusphasen definiert:

Lebenszyklusausgaben

- Objektentwicklungsausgaben (exkl. Finanzierungsausgaben)
- Objekterrichtungsausgaben (exkl. Finanzierungsausgaben)
- Objektnutzungsausgaben (exkl. Finanzierungsausgaben)
- Objektbeseitigungsausgaben (exkl. Finanzierungsausgaben)
- Finanzierungsausgaben

- **Zuordnung zu den einzelnen Lebenszyklusphasen anhand des Zeitraums, in dem die Finanzierungsausgaben auftreten**

Diese Möglichkeit bietet sich bei Anwendung der Definition der Lebenszyklusphasen gemäß ÖNORM B 1801-2 an:

Lebenszyklusausgaben

- Objektentwicklungsausgaben
(inkl. Finanzierungsausgaben im Zeitraum der Objektentwicklungsphase)
- Objekterrichtungsausgaben
(inkl. Finanzierungsausgaben im Zeitraum der Objekterrichtungsphase)
- Objektnutzungsausgaben
(inkl. Finanzierungsausgaben im Zeitraum der Objektnutzungsphase)
- Objektbeseitigungsausgaben
(inkl. Finanzierungsausgaben im Zeitraum der Objektbeseitigungsphase)

- **Zuordnung zu den einzelnen Lebenszyklusphasen anhand der Ursache, warum die Finanzierungsausgaben auftreten**

In Verbindung mit der unter Punkt 3.2.1d angegebenen Definition der Lebenszyklusausgaben wird in dieser Arbeit folgende Zuordnung verwendet:

Lebenszyklusausgaben

- Objektentwicklungsausgaben
(inkl. Finanzierungsausgaben für die Objektentwicklung)
- Objekterrichtungsausgaben
(inkl. Finanzierungsausgaben für die Objekterrichtung)
- Objektnutzungsausgaben
(inkl. Finanzierungsausgaben für die Objektnutzung)
- Objektbeseitigungsausgaben
(inkl. Finanzierungsausgaben für die Objektbeseitigung)¹

¹ Anm.: Finanzierungsausgaben für die Objektbeseitigung treten in der Praxis selten auf, werden jedoch der Vollständigkeit halber angeführt, um Sonderfälle erfassen zu können.

Die gesamten Finanzierungsausgaben ergeben sich somit als Summe der Ausgabenbereiche

- „Finanzierungsausgaben für die Objektentwicklung“,
- „Finanzierungsausgaben für die Objekterrichtung“,
- „Finanzierungsausgaben für die Objektnutzung“ und
- „Finanzierungsausgaben für die Objektbeseitigung“.

3.2.2. Struktur

Der verwendete Lebenszyklusausgabenkatalog weist eine **hierarchische Struktur** (Baumstruktur) mit einer maximalen Gliederungstiefe von sechs Ebenen auf. Die einzelnen Bestandteile dieses Kataloges werden als Ausgabelemente (i.w.S.) bezeichnet. Je nach Informationsstand kann dieser Katalog in den einzelnen Bereichen mehr oder weniger detailliert mit Daten über Ausgaben belegt werden.

Gliederungsebene	Bezeichnung des Ausgabelements (i.w.S.)
1. Ebene:	Lebenszyklusphase
2. Ebene:	Ausgabenbereich
3. Ebene:	Grobelement
4. Ebene:	Element
5. Ebene:	Elementtyp
6. Ebene:	Position

Abbildung 3-1 – Struktur des Lebenszyklusausgabenkataloges

Tabelle 3-1 – Hierarchische Struktur der Lebenszyklusausgaben (Auszug)

Lebenszyklus	Lebenszyklusphasen	Ausgabenbereiche	Grobelemente
Lebenszyklusausgaben	Objektentwicklungsausgaben		
	Objekterrichtungsausgaben		
	Objektnutzungsausgaben	Steuern & Abgaben	
		Verwaltung	
		Ver- und Entsorgung	
		Reinigung und Pflege	
		Aufsichtsdienste u. Bedienung techn. Anlagen	
		Instandhaltung	
		Instandsetzung	
		Sonstige Ausgaben	
		Finanzierungsausgaben für die Objektnutzung	
	Objektbeseitigungsausgaben		

Zur **Berücksichtigung des zeitlichen Auftretens** der Ausgaben wird der Lebenszyklusausgabenkatalog um eine Zeitachse ergänzt. Als kleinste Zeiteinheit wird ein Zeitraum von 1 Jahr in Anlehnung an die Publizitätspflichten von Unternehmungen¹ definiert. Aufgrund der Langfristigkeit des Lebenszyklus von Immobilien sowie der grundsätzlichen Schwierigkeit der Prognose von Höhe und Zeitpunkt des Auftretens zukünftiger Ausgaben (bzw. Einnahmen) wird ein engerer Zeitraster (z.B. 1- oder 3-Monats-Abschnitte) abgelehnt.

Tabelle 3-2 – Übersicht über den Lebenszyklusausgabenkatalog einer Hochbau-Immobilie

Hierarchieebenen						Zeit				
Lebenszyklusphase	Ausgabenbereich	Grobelement (nicht angeführt)	Element (nicht angeführt)	Elementtyp (nicht angeführt)	Position (nicht angeführt)	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	...
I. Objektentwicklungsausgaben										
	I.0 Machbarkeitsuntersuchung									
	I.1 Entwicklungskonzept									
	I.2 Realisierungsbedingungen									
	I.3 Sonstige Ausgaben									
	I.4 Finanzierungsausgaben für die Objektentwicklung									
II. Objektterrichtungs Ausgaben										
	II.0 Grund									
	II.1 Aufschließung									
	II.2 Bauwerk – Rohbau									
	II.3 Bauwerk – Technik									
	II.4 Bauwerk – Ausbau									
	II.5 Einrichtung									
	II.6 Außenanlagen									
	II.7 Honorare									
	II.8 Nebenkosten ²									
	II.9 Reserven									
	II.10 Finanzierungsausgaben für die Objektterrichtung									
III. Objektnutzungsausgaben										
	III.0 Steuern und Abgaben									
	III.1 Verwaltung									
	III.2 Ver- und Entsorgung									
	III.3 Reinigung und Pflege									
	III.4 Aufsichtsdienste und Bedienung technischer Anlagen									
	III.5 Instandhaltung									
	III.6 Instandsetzung									
	III.7 Sonstige Ausgaben									
	III.8 Finanzierungsausgaben für die Objektnutzung									
IV. Objektbeseitigungsausgaben										
	IV.0 Vorbereitung									
	IV.1 Abbruch									
	IV.2 Entsorgung und Verwertung									
	IV.3 Sonstige Ausgaben									
	IV.4 Finanzierungsausgaben für die Objektbeseitigung									

¹ Vgl. Bartzsch, 1994, S. 134ff

² Anm.: Der Ausgabenbereich „Nebenkosten“ beinhaltet jene Ausgaben, die aufgrund allfälliger Nebenleistungen anfallen.

Alle Ausgaben, die innerhalb des Lebenszyklus einer Immobilie anfallen, werden einerseits anhand ihrer sachlichen Zugehörigkeit (vertikal), andererseits anhand ihres zeitlichen Auftretens (horizontal) in die Matrix des Lebenszyklusausgabenkataloges eingeordnet.

Die **Codierung** erfolgt aufbauend auf den jeweils übergeordneten Ausgabenelementen, sodass die Zugehörigkeit hierarchisch untergeordneter Ausgabenelemente eindeutig dargestellt werden kann.

Ausgabenelement	Codierung	Beispiel
Lebenszyklusphase	römische Zahl	II (Objekterrichtungsausgaben)
Ausgabenbereich	+ „.“ + arabische Zahl	II.3 (Bauwerk – Technik)
Grobelement	+ Großbuchstabe	II.3A (Allgemeine Maßnahmen)
Element	+ „.“ + arabische Zahl	II.3A.01 (Bes. Baustelleneinrichtung)
Elementtyp	+ „-“ + arabische Zahl	II.3A.01-06 (<i>nicht vorgegeben</i>)
Position	+ „/“ + arabische Zahl	II.3A.01-06/31 (<i>nicht vorgegeben</i>)

Abbildung 3-2 – Codierung gemäß Anhang B.7

3.2.3. Anmerkungen zum Inhalt des Lebenszyklusausgabenkataloges

Der in den Anhang B.7 aufgenommene Lebenszyklusausgabenkatalog ist über weite Bereiche bis zur Ebene der Elemente unter besonderer Berücksichtigung von Hochbau-Immobilienobjekten ausgearbeitet. Die entsprechenden Elementtypen und Positionen können projektspezifisch nach Bedarf hinzugefügt werden.

Das vorliegende Rechenmodell orientiert sich bei der Gliederung der Lebenszyklusausgaben u.a. an den Kostengliederungen der einschlägigen ÖNORMEN. Bei Bedarf kann der Lebenszyklusausgabenkatalog projekt- bzw. länderspezifisch bzw. nach dem Erscheinen aktualisierter Normen adaptiert werden, sofern sichergestellt ist, dass alle relevanten Ausgaben erfasst werden und die in den vorangegangenen Abschnitten angeführten Besonderheiten in den Definitionen (Lebenszyklusphasen, Lebenszyklusausgaben, ...) berücksichtigt werden.

a) Objektentwicklungsausgaben

Da für die Objektentwicklungsausgaben analog zu den Objektentwicklungskosten gemäß Punkt 2.3.3. keine allgemein anerkannte bzw. normativ erfasste Gliederung vorhanden ist, wurde eine solche unter besonderer Berücksichtigung folgender Grundlagen entwickelt:

- Aufgabenfelder der Projektentwicklung lt. Diederichs¹
- Komponenten des Corporate Real Estate Management lt. May²
- Leistungsbild der Projektsteuerung lt. Honorarordnung für Projektsteuerung³
- Umfang der Objektterrichtungsphase lt. ÖNORM B 1801-1⁴

Die Finanzierungsausgaben für die Objektentwicklung werden als eigener Ausgabenbereich dargestellt, der sich aus den beiden Grobelementen „Eigenfinanzierung“ und „Fremdfinanzierung“ zusammensetzt. Dieses Schema gilt einheitlich für alle Lebenszyklusphasen und wird im Kapitel „3.3. Finanzmathematische Modellkomponente“ näher erläutert.

b) Objektterrichtungsausgaben

Die Objektterrichtungsausgaben werden unter Berücksichtigung der planungsorientierten Kostengliederung der ÖNORM B 1801-1 dargestellt.⁵ Hervorzuheben ist, dass der Lebenszyklusausgabenkatalog trotz Anlehnung an die Struktur und die Bezeichnungen einer „Kosten“ – Gliederung mit „Ausgaben“ belegt wird.

c) Objektnutzungsausgaben

Mit Verweis auf die im Kapitel 2.3.5. dargestellten Unstimmigkeiten in Bezug auf Objektnutzungskosten wird die Gliederung für die Objektnutzungsausgaben auf folgenden Grundlagen aufgebaut:

- Kostengliederung lt. ÖNORM B 1801-2⁶
- Vermeidung der Begriffe „Betriebskosten“ und „Erhaltungskosten“
- Umgruppierung von Kosten- bzw. Ausgabenelementen – insbesondere im Bereich der „Inspektion“, „Wartung“, „Instandhaltung“, „Instandsetzung“, „Restaurierung“ und „nützlichen Verbesserungen“⁷
- Enger Bezug zur Gliederung der Objektterrichtungsausgaben

Durch die Struktur des Lebenszyklusausgabenkataloges und die Definition der Lebenszyklusphasen ist es möglich, sowohl Überlappungen von Lebenszyklusphasen

¹ Vgl. Diederichs, 1999, S. 279ff

² Vgl. May, 1998, S. 477f

³ Vgl. HO-PS, 2001, S. 24ff

⁴ Vgl. ÖNORM B 1801-1, 1995, S. 5f

⁵ Vgl. ÖNORM B1801-1, 1995, S. 10ff

⁶ Vgl. ÖNORM B 1801-2, 1997, S. 4ff

⁷ Vgl. Österreichisches Mietrechtsgesetz: MRG §4

als auch Rücksprünge in vorherige Phasen zuzulassen. Dies ermöglicht insbesondere im Zusammenhang mit der Objektnutzungsphase eine flexible Erfassung von Ausgaben, da beispielsweise bei „großangelegten“ Zu- und Umbauten, die über die Titel der Instandhaltung und Instandsetzung hinausgehen, die Gliederung der Objekterrichtungsausgaben erneut angewendet werden kann.

Besonders hervorzuheben ist in der Phase der Objektnutzung die Rolle der Abschreibungen, d.h. der kalkulatorischen Kosten für die Wertminderung von Objekten, Anlagen und Einrichtungen.¹

- In der DIN 18960 wird die Abschreibung überhaupt nicht berücksichtigt. Möller / Kalusche kritisieren dies heftig, weil die kalkulatorischen Kosten für die Bereitstellung von Eigenkapital sehr wohl in der DIN enthalten sind und das Vorgehen somit nicht logisch nachvollziehbar erscheint.²
- Gemäß ÖNORM B 1801-2 bzw. DIN 18960-1 sind Abschreibungen für die in der Objekterrichtungsphase errichteten Objekte, Anlagen und Einrichtungen bei der Ermittlung der Nutzungskosten zu berücksichtigen.³
- In dieser Arbeit wird ein dritter Weg eröffnet. Im Rahmen des im Kapitel 3.3. vorgestellten Zahlungsflussmodells können in jeder Lebenszyklusphase kalkulatorische Finanzierungsausgaben in Form von Eigenkapitalentnahmen berücksichtigt werden. Bei der Festlegung der Höhe dieser Entnahmen wird u.a. – aber nicht ausschließlich – die Wertminderung der Immobilie in Betracht gezogen (vgl. Punkt 3.3.5b), wodurch die Wertminderung indirekt einkalkuliert wird. Abschreibungen werden hingegen nicht berücksichtigt, da sie nicht ausgabenwirksam sind bzw. zu keinem Kapitalfluss (Cash Flow) führen.

d) Objektbeseitigungsausgaben

Da für die Objektbeseitigungsausgaben bzw. Objektbeseitigungskosten (gemäß Punkt 2.3.6) keine allgemein anerkannte bzw. normativ erfasste Gliederung existiert, wurde eine solche unter Berücksichtigung nachstehender Grundlagen entwickelt:

- ÖNORM B 2251 – Abbrucharbeiten⁴
- Leitfaden zur Baurestmassentrennung⁵
- Sicherheitsaspekte bei Abbrucharbeiten⁶

¹ Vgl. Bartzsch, 1994, S. 215

² Vgl. DIN 18960, 1999, S. 1 sowie Möller / Kalusche, 2001, S. 154

³ Vgl. ÖNORM B 1801-2, 1997, S. 4 bzw. DIN 18960-1, 1976, S. 1f

⁴ Vgl. ÖNORM B 2251, 1996, S. 1ff

⁵ Vgl. Baurestmassentrennungsfaden, 1998, S. 1ff

⁶ Vgl. AUVA, Merkblatt M 225, S. 1ff

3.3. Finanzmathematische Modellkomponente

3.3.1. Belegung des Lebenszyklusausgabenkataloges mit Ausgaben

Der Lebenszyklusausgabenkatalog (LZAK) wird anhand der zur Verfügung stehenden Informationen über das Immobilienprojekt mit Ausgaben belegt. Bei den Ausgaben handelt es sich um in einer einheitlichen monetären Einheit (z.B. EURO) ausgedrückte nominelle Beträge, die jahresgenau anhand ihres zeitlichen Auftretens sowie aufgrund ihrer sachlichen Zugehörigkeit zu einem Ausgabenelement (i.w.S.) in den LZAK eingeordnet werden. Die Finanzierungsausgaben bleiben zunächst noch unberücksichtigt, da sie erst nach Kenntnis der übrigen Lebenszyklusausgaben bestimmt werden können.

Die Grundlagen und Vorberechnungen, die erforderlich sind, um den Lebenszyklusausgabenkatalog mit Ausgaben belegen zu können, werden im Rahmen des Kapitels „3.5. Technische Modellkomponente“ behandelt. Den speziellen Erweiterungen, die für die Bewältigung des Übergangs von der deterministischen auf eine Wahrscheinlichkeitstheoretische Betrachtungsweise erforderlich sind, widmet sich das Kapitel „3.4. Wahrscheinlichkeitstheoretische Modellkomponente“. Aus finanzmathematischer Sicht ist in diesem Zusammenhang lediglich von Interesse, dass bei der Belegung des Lebenszyklusausgabenkataloges die Ausgaben in Form nomineller Beträge angegeben werden und somit eventuelle zeitliche Kostenveränderungen (Inflation, Indexierung,...) in den Angaben berücksichtigt sind.

Wesentlich ist, dass bei der Belegung des Lebenszyklusausgabenkataloges dessen hierarchische Struktur berücksichtigt wird. Hierzu wird das zu betrachtende Immobilienprojekt bereichsweise – ausgehend von den untergeordneten Ebenen hin zu den übergeordneten Ebenen – analysiert, bis man in den einzelnen Teilbereichen auf Ausgabenelemente stößt, über die genug Informationen vorliegen, um Werte angegeben zu können. Dabei gelten folgende Regeln für ein Ausgabenelement (i.w.S.) namens „KXY“:

- Wenn für „KXY“ direkt untergeordnete Ausgabenelemente existieren und für alle diese Ausgabenelemente Werte angegeben werden, kann „KXY“ vom Rechenmodell eruiert werden.
- Wird „KXY“ dennoch direkt angegeben, wird je nach Wunsch entweder „KXY“ anhand der untergeordneten Ausgabenelemente neu berechnet oder „KXY“ ohne Berücksichtigung der (eventuell vorhandenen) untergeordneten Ausgabenelemente verwendet. Diese Wahlmöglichkeit ist bei der Erstellung eines EDV-Programms zu berücksichtigen.

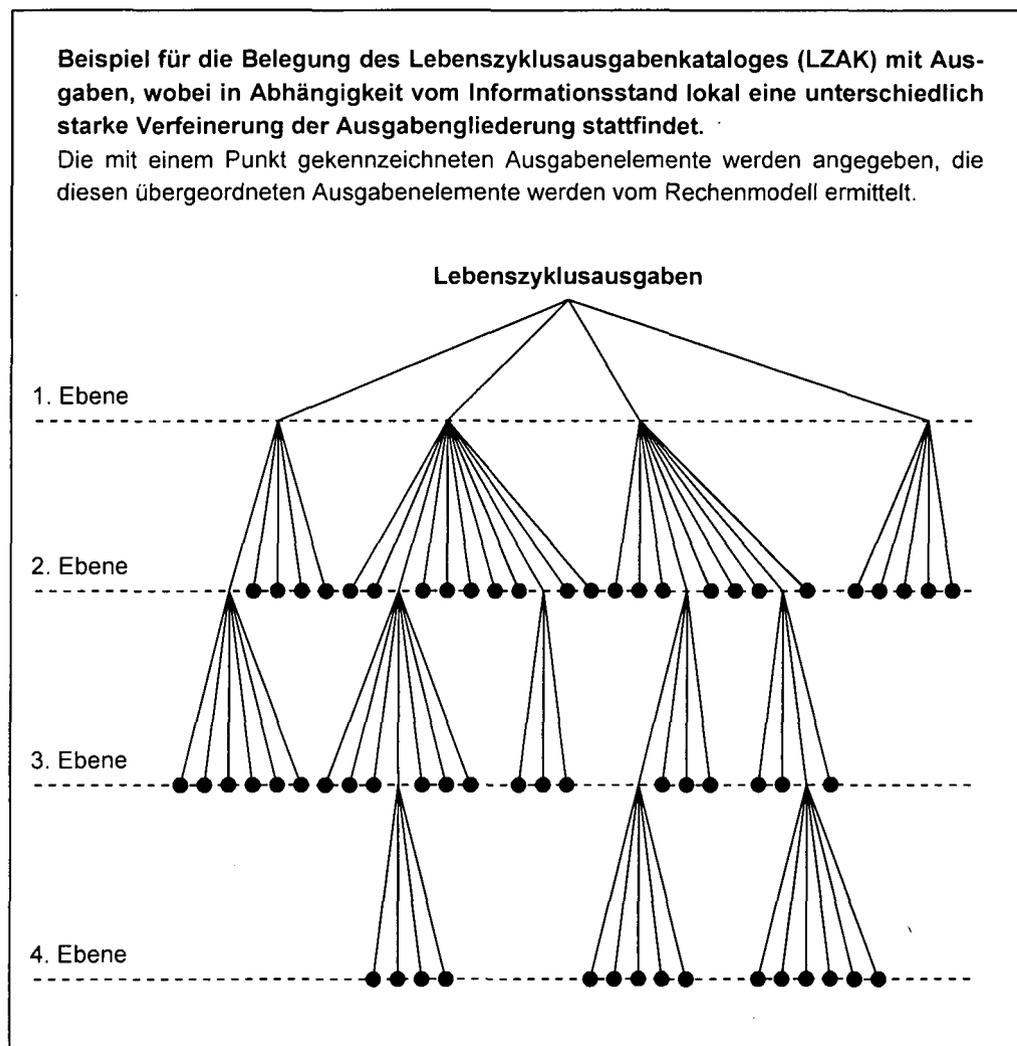


Abbildung 3-3 – Schemaskizze zur Belegung des Lebenszyklusausgabenkataloges

Bei der Belegung des LZAK wird die Einhaltung einer einheitlichen untersten Hierarchieebene für die Angabe von Ausgaben nicht gefordert, weil – schon allein bedingt durch den Faktor Zeit – die Daten über den Lebenszyklus einer Immobilie in stark unterschiedlicher Genauigkeit vorliegen und daher stets ein Ungleichgewicht im Informationsstand über einzelne Ausgabenelemente herrscht.

Je nach vorhandenem Informationsstand kann daher lokal eine feinere oder gröbere Unterteilung innerhalb des LZAK gewählt werden. Als Mindestanforderung an eine Lebenszyklusausgabenermittlung wird jedoch vorgeschlagen, die zweite Ebene des LZAK („Ausgabenbereiche“) stets zu berücksichtigen.

3.3.2. Einrichtung eines fiktiven Objektkontos

a) Allgemeine Vorgangsweise

Für die Immobilie wird im Sinne eines Zahlungsflussmodells ein fiktives Objektkonto (Startkontostand $S_{0, \text{start}}$) eingerichtet. Einzahlungen auf bzw. Auszahlungen von diesem Konto sind unter Berücksichtigung des für den Lebenszyklusausgabenkatalog (LZAK) gewählten Zeitrasters nur in 1-Jahres-Abständen möglich.

Am Objektkonto wird das Kapital mit einem fixen Habenzinssatz p (Systemparameter der Lebenszyklusausgabenermittlung) jährlich verzinst. Bei Verwendung eines Habenzinssatzes muss jedoch sichergestellt werden, dass der Objektkontostand nie negativ wird. Dies wird dadurch bewerkstelligt, dass – ausgehend von den Auszahlungen – entsprechende Anforderungen an die Einzahlungen auf das Objektkonto bzw. an die Finanzierung des Immobilienprojektes im Rahmen der finanzmathematischen Modellkomponente formuliert werden.

Die Zeitpunkte der Ein- und Auszahlungen auf das Objektkonto ergeben sich unter Berücksichtigung des Prinzips der kaufmännischen Vorsicht, wonach sich ein Unternehmer eher ärmer, niemals jedoch reicher darstellen soll, als er ist:¹

- Damit für das Immobilienobjekt alle **Ausgaben**, die in einem Jahr (Zeitraum) auftreten, beglichen werden können, wird **zu Beginn des jeweiligen Jahres** (Zeitpunkt) ein entsprechender Betrag vom Objektkonto ausgezahlt. Das benötigte Kapital ist damit verfügbar – unabhängig davon, zu welchem konkreten Zeitpunkt welche Ausgaben damit beglichen werden. Eine Kapitalverzinsung findet ab dem Zeitpunkt der Auszahlung nicht mehr statt.
- Alle objektbezogenen **Einnahmen**, die sich in einem Jahr (Zeitraum) ergeben, werden erst **am Ende des jeweiligen Jahres** bzw. am Beginn des darauf folgenden Jahres (Zeitpunkt) in Form von Einzahlungen auf das Objektkonto berücksichtigt. Wenn Einnahmen ihrerseits direkt Ausgaben bewirken, die nicht im Lebenszyklusausgabenkatalog enthalten sind, sind nur die Nettoeinnahmen zu berücksichtigen („bereinigte Einnahmen“).

Vom mathematischen Standpunkt aus betrachtet, kann die gewählte Vorgangsweise auch folgendermaßen interpretiert werden: Alle Ausgaben, die innerhalb eines Zeitraums auftreten, werden so behandelt, als ob sie zu Beginn dieses Zeitraums auftreten würden. Alle (bereinigten) Einnahmen werden sinngemäß so behandelt, als ob sie erst zu Beginn des darauf folgenden Zeitraums auftreten würden.

¹ Vgl. Bartzsch, 1994, S. 209

b) Formelapparat**Gewählte Bezeichnungen:**

- i Variable zur Kennzeichnung des Zeitpunktes bzw. Zeitraums, zu dem Ausgaben bzw. Einnahmen anfallen, wobei $i = 0, 1, 2, 3, \dots$
- L_i Bereinigte Einnahmen im Zeitraum „ i “ bzw. zum Zeitpunkt „ i “ (nomineller Wert) in [€], wobei $L_i \geq 0; L_0 = 0$
- K_i Ausgaben im Zeitraum „ i “ bzw. zum Zeitpunkt „ $i-1$ “ (nomineller Wert) in [€], wobei $K_i \geq 0; K_0 = 0$
- S_i Kontostand zum Zeitpunkt „ i “ (nomineller Wert) in [€], wobei $S_i \geq 0$
- $S_{0, \text{Start}}$ Kontostand „knapp vor“ dem Zeitpunkt „0“ (nomineller Wert) in [€]
- p Jährlicher Habenzinssatz in [%] mit $p \geq 0\%$ p.a. (konstanter Parameter für die gesamte Lebenszyklusausgabenermittlung)¹
- q_p Habenzinsfaktor (Hilfsgröße) $q_p = 1 + p/100$

Tabelle 3-3 – Zeitpunkt des Auftretens von Ausgaben bzw. (bereinigten) Einnahmen

Zeitpunkt	Zeitraum	Ausgaben	Einnahmen	Kontostand
0, Start	-----	-----	-----	$S_{0, \text{Start}}$
0	1	K_1	$L_0 = 0$	S_0
1	2	K_2	L_1	S_1
2	3	K_3	L_2	S_2
3	L_3	S_3
...	...	K_i
i	i	K_{i+1}	L_i	S_i

Anmerkung: Der Index bezeichnet den Zeitraum des Auftretens von Ausgaben bzw. Einnahmen. Bei Einnahmen stimmt dieser Index mit dem Zeitpunkt der Einzahlung auf das Objektkonto überein.

Der Verlauf des nominellen Wertes des Objektkontostandes ergibt sich unter Berücksichtigung der Zinseszinsrechnung und der vereinbarten Bezeichnungen allgemein lt. Gleichung (3.001).²

$$S_i = S_{0, \text{Start}} \cdot q_p^i + \sum_{j=0}^i (L_j - K_{j+1}) \cdot q_p^{i-j} \quad i = 0, 1, 2, \dots \quad (3.001)$$

¹ Anm.: Der Aufbau des Rechenmodells erlaubt auch die Angabe negativer Zinssätze.

² Vgl. Scheid, 2000, S. 687ff

3.3.3. Bezug der Objektkontostände auf einen einheitlichen Zeitpunkt

a) Allgemeine Vorgangsweise

Die nominellen Kontostände werden auf einen einheitlichen Zeitpunkt bezogen. Es wird vorgeschlagen, als Bezugszeitpunkt T (Systemparameter der Lebenszyklusaufgabenermittlung) den Beginn oder das Ende des Jahres heranzuziehen, in dem die Lebenszyklusaufgabenaufstellung gemacht wird, sodass der Bezugszeitpunkt in der „Gegenwart“ liegt. Somit wird jeder Objektkontostand durch seinen „Barwert“ dargestellt.

b) Formelapparat

Ergänzend gewählte Bezeichnungen:

- BL_i** Bereinigte Einnahmen im Zeitraum „i“ bzw. zum Zeitpunkt „i“ (Barwert) in [€]
- BK_i** Ausgaben im Zeitraum „i“ bzw. zum Zeitpunkt „i-1“ (Barwert) in [€]
- BS_i** Kontostand zum Zeitpunkt „i“ (Barwert) in [€]
- BS_{0,Start}** Kontostand „knapp vor“ dem Zeitpunkt „0“ (Barwert) in [€]
- T** Bezugszeitpunkt (konstanter Parameter für die gesamte Lebenszyklusaufgabenermittlung)

Der Barwert des Kontostandes zum Zeitpunkt „i“ wird durch Auf- bzw. Abzinsung des nominellen Kontostandes berechnet.¹

$$BS_i = S_i \cdot q_p^{T-i} \quad i = 0, 1, 2, \dots \quad (3.002)$$

Unter Berücksichtigung von (3.001) ergibt sich aus (3.002):

$$BS_i = S_{0,Start} \cdot q_p^T + \sum_{j=0}^i (L_j - K_{j+1}) \cdot q_p^{T-j} \quad i = 0, 1, 2, \dots \quad (3.003)$$

Zur Vereinfachung werden die Barwerte BL_i , BK_i und $BS_{0,Start}$ eingeführt, die ausgehend vom jeweiligen nominellen Wert durch Auf-/Abzinsung berechnet werden:

$$BL_i = L_i \cdot q_p^{T-i} \quad (3.004)$$

$$BK_{j+1} = K_{j+1} \cdot q_p^{T-j} \quad (3.005)$$

$$BS_{0,Start} = S_{0,Start} \cdot q_p^{T-0} \quad (3.006)$$

$$BS_i = BS_{0,Start} + \sum_{j=0}^i BL_j - \sum_{j=0}^i BK_{j+1} \quad i = 0, 1, 2, \dots \quad (3.007)$$

¹ Vgl. Scheid, 2000, S. 108f

Gleichung (3.007) stellt den Verlauf des Barwertes des Kontostandes allgemein in Abhängigkeit von den Barwerten der bereinigten Einnahmen (BL_i), der Ausgaben (BK_i) und des Startkontostandes (BS_{0,Start}) dar. Der nominelle Verlauf des Objektkontostandes lässt sich ausgehend von BS_i durch Umformung von (3.002) eruieren.

$$S_i = BS_i \cdot q_p^{i-T} \quad i = 0, 1, 2, \dots \quad (3.008)$$

3.3.4. Beitrag der Lebenszyklusaufgaben exklusive Finanzierungsaufgaben zum Objektkonto (Barwerte)

a) Allgemeine Vorgangsweise

Ausgehend von den Lebenszyklusaufgaben exklusive Finanzierungsaufgaben wird deren Beitrag zum Verlauf des Objektkontos bis zu einem gewissen Zeitpunkt i_{\max} eruieren, wobei alle bereinigten Einnahmen und der Startkontostand gleich Null gesetzt werden ($L_i = 0, S_{0,Start} = 0$). Es wird vorgeschlagen, i_{\max} so zu wählen, dass sämtliche nachstehenden Ungleichungen erfüllt sind:

- $i_{\max} \geq 0$
- $i_{\max} \geq$ im Lebenszyklusaufgabenkatalog abgebildeter Zeitraum
- $i_{\max} \geq$ geplante Nutzungsdauer des Immobilienobjekts

Unter den genannten Voraussetzungen ergibt sich der Barwert des Beitrages zum Objektkontostand zum Zeitpunkt i_{\max} ($BS_{i_{\max}}$) als negative Summe der Barwerte aller Ausgaben, die bis zum Zeitpunkt i_{\max} einschließlich berücksichtigt werden müssen ($BKSUM_{i_{\max}+1}$), und stellt damit eine maßgebende Größe für die Wahl der Finanzierung des Immobilienobjektes dar.

b) Formelapparat

Aus (3.007) ergibt sich unter den angeführten Voraussetzungen Beziehung (3.009). Da $BK_{j+1} \geq 0$ stets erfüllt ist, stellt der Verlauf dieses Beitrages zum Objektkonto eine – im mathematischen Sinne – monoton fallende Funktion¹ dar. Der Wahl von i_{\max} ist daher besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

$$BS_i = -\sum_{j=0}^i BK_{j+1} = -BKSUM_{i+1} \quad i = 0, 1, 2, \dots \quad (3.009)$$

$$BKSUM_{i_{\max}+1} = \sum_{j=0}^{i_{\max}} BK_{i_{\max}+1} \quad (3.010)$$

¹ Vgl. Scheid, 2000, S. 426f

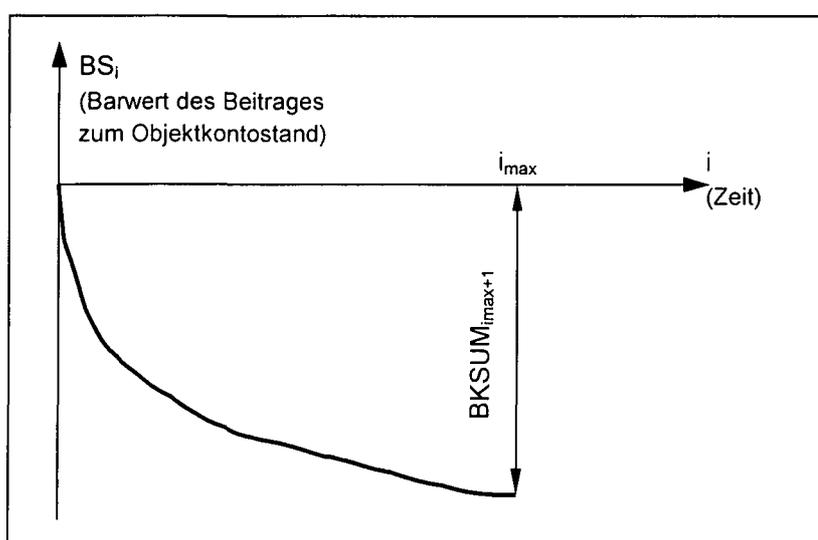


Abbildung 3-4 – Schemaskizze: Kumulierung der Barwerte aller Lebenszyklusaufgaben (ohne Berücksichtigung der Finanzierung)

3.3.5. Art der Finanzierung, Ermittlung der Finanzierungsausgaben

Im Verlauf des Lebenszyklus einer Immobilie können verschiedenste Finanzierungsarten zur Deckung von Ausgaben zum Einsatz kommen. Je nach Wahl von Umfang und Häufigkeit der Finanzierung sowie nach Herkunft und Rechtsstellung der Finanzmittel werden in der Literatur zahlreiche Finanzierungsarten unterschieden.¹

Aufgrund des in der Regel hohen Anteils der Finanzierungsausgaben an den Lebenszyklusaufgaben ist die Wahl der Finanzierung in entscheidendem Ausmaß mitverantwortlich für den wirtschaftlichen Erfolg eines Immobilienprojekts.² Deshalb muss die Finanzierung im Detail von einem Finanzexperten anhand des konkreten Einzelfalles bestimmt bzw. optimiert werden.

Aus der Überlegung heraus, dass ein Immobilienprojekt nicht erst nach Kunstgriffen von Finanzexperten als „wirtschaftlich erfolgreich“ eingestuft werden können soll, wird im Rahmen des hier präsentierten Rechenmodells eine stark vereinfachte Sichtweise des Themenkomplexes „Finanzierung“ eingenommen. Zu diesem Zweck wird das weite Feld möglicher Finanzierungsarten auf drei Grundtypen reduziert, die miteinander kombiniert werden können:

¹ Vgl. Bartzsch, 1994, S. 369ff

² Vgl. Hoffmann, 1999, S. 300

- Typ a)** Fremdfinanzierung durch einen Kapitalgeber, der ein Darlehen zur Verfügung stellt, das in Form von konstanten Annuitäten zurückbezahlt werden muss
- Typ b)** Eigenfinanzierung unter Berücksichtigung kalkulatorischer Ausgaben (Eigenkapital-Zinsen und Eigenkapital-Entnahmen)
- Typ c)** Finanzierung ohne Finanzierungsausgaben

a) Erläuterung zum Typ a) „Fremdfinanzierung“

Ein Fremdkapitalgeber stellt einem Schuldner Kapital in Form eines Darlehens in der Höhe D (nominell) zum Zeitpunkt t_D zur Verfügung. Im Allgemeinen wird vom Nominaldarlehen D gleich eine einmalige Bearbeitungsgebühr in Form eines Disagio DA abgezogen, sodass nur der verminderte Betrag $D_{\text{eff}} = D - DA$ ausbezahlt wird.¹

Neben dem Disagio erwartet sich der Kapitalgeber einerseits eine entsprechende Verzinsung zu einem gewissen Sollzinssatz, der variabel oder fix sein kann, sowie andererseits, dass er das eingesetzte Kapital in Form von Tilgungen innerhalb eines gewissen Zeitraums wieder zurückerhält. Die Tilgungsdauer, der Sollzinssatz und die gewährte Darlehenshöhe hängen u.a. davon ab, wie risikoreich der Finanzier das Investment einschätzt. Dabei beurteilt er sowohl die Bonität des Schuldners als auch den Wert der Sicherstellungen (z.B. Verkehrswert der Immobilie), die dem gewährten Darlehen gegenüberstehen.

Als Faustregel kann davon ausgegangen werden, dass der Darlehensbetrag eines Fremdkapitalgebers nie mehr als 80-85% des Wertes der Sicherstellungen beträgt. Der Rest (> 15%-20% des Wertes) ist folglich durch Eigenmittel zu finanzieren.²

Unter der Voraussetzung, dass es sich beim Eigentümer eines Immobilienobjektes um ein eigenständiges Unternehmen handelt, dessen Geschäftszweck ausschließlich in der Entwicklung, der Errichtung, der Nutzung und der Beseitigung dieser Immobilie besteht, kann das Verhältnis zwischen Eigen- und Fremdkapital auch anhand der vertikalen Kapitalstrukturregel beurteilt werden. Diese besagt, dass ein „finanziell unabhängiges“ Unternehmen zu mindestens 50% eigen- bzw. zu maximal 50% fremdfinanziert sein sollte.³

Unter Berücksichtigung des gewählten Zeitrasters für die Ermittlung der Lebenszyklusaufgaben sind an den Fremdkapitalgeber jährlich Zahlungen zu leisten, wobei es

¹ Vgl. Möller / Kalusche, 2001, S. 172

² Vgl. Hoffmann, 1999, S. 288f

³ Vgl. Bartzsch, 1994, S. 392

sich anbietet, nominell gleich bleibende Zahlungen (Annuitäten) über die gesamte Darlehenslaufzeit zu vereinbaren („Tilgungsdarlehen mit konstanten Annuitäten“).¹

b) Erläuterung zum Typ b) „Eigenfinanzierung“

Für einen Eigenkapitalgeber stellt die Bereitstellung von Kapital für ein Immobilienprojekt eine Umschichtung in die Kapitalanlageform „Immobilie“ dar. Von dieser Kapitalanlageform wird erwartet, dass sie einerseits jährlich (kalkulatorische) Zinsen abwirft und andererseits spätestens dann wieder in liquides Vermögen übergeführt werden kann, wenn der Bedarf dafür besteht.²

Aus Gründen der kaufmännischen Vorsicht kann nicht damit gerechnet werden, dass die Immobilie im Laufe der Zeit im Wert steigen und ein am Markt äußerst begehrtes Objekt werden wird. Vielmehr muss davon ausgegangen werden, dass aufgrund des Alters und der Abnutzung des Objektes eine Wertminderung stattfindet. Lediglich das Grundstück, auf dem sich das Immobilienobjekt befindet, unterliegt keiner Abnutzung.

Die Wertminderungen werden jährlich in Form von „Eigenkapital-Entnahmen“, d.h. kalkulatorischen Ausgaben berücksichtigt. Dabei handelt es sich nicht um die steuerliche „Absetzung für Abnutzung“ (AfA).³ Die AfA ist für einen Eigenkapitalgeber u.a. im Hinblick auf Steuervorteile von Interesse. Dieser (positive) Einfluss wird aber bei der Betrachtung der Lebenszyklusaufgaben einer Immobilie ausgeklammert, weil er erstens nur bei Kenntnis der Vermögensverhältnisse des Eigenkapitalgebers quantifiziert werden und zweitens über den Titel der „bereinigten Einnahmen“⁴ in das Rechenmodell einfließen kann.

Für die Art und Weise, wie die Wertminderung angesetzt werden sollte, existieren in der Literatur eine Reihe von Untersuchungen und darauf aufbauenden Vorschlägen.⁵

- Progressive Wertminderung (z.B. nach Ross)
- Degressive Wertminderung (z.B. nach Vogels oder Tegovofa)
- Zunächst progressive, dann degressive Wertminderung (z.B. nach Tiemann oder Gerardy)
- Lineare Wertminderung in Anlehnung an die steuerliche Absetzung für Abnutzung (AfA).

¹ Vgl. Möller / Kalusche, 2001, S. 178

² Vgl. Bartzsch, 1994, S. 373 sowie S. 390

³ Vgl. Möller / Kalusche, 2001, S. 154

⁴ siehe Kapitel 3.3.2

⁵ Vgl. Raunikar / Schabus, 2002: Kapitel „Technische Wertminderung – Abschreibungstabellen“

Analogie zu Typ a)

Eine Gegenüberstellung der Merkmale des Typs b) mit jenen des Typs a) zeigt, dass sich – vom mathematischen Standpunkt aus betrachtet – eine Analogie bilden lässt.

Tabelle 3-4 – Analogie zwischen Fremd- und Eigenfinanzierung

Vorgang / Begriff	a) Fremdfinanzierung	b) Eigenfinanzierung
Investition von Kapital	Darlehen	Umschichtung
Bearbeitungsgebühr	Disagio > 0 €	Disagio \geq 0 €
Kapitalverzinsung	Zinssatz > 0% p.a.	Zinssatz \geq 0% p.a.
Ausständiges Kapital	Restdarlehen	Restwert Immobilie
Kapitalwiedergewinnung	Tilgungen	Eigenkapital-Entnahmen
Finanzierungsdauer	Tilgungsdauer	Eigenkapital-Entnahmedauer

Eigenkapital-Entnahmen und (Fremdkapital-)Tilgungen sind phänomenologisch vergleichbar.¹ Zwischen ihnen besteht darüber hinaus eine Abhängigkeit im Hinblick auf ihren Verlauf und ihre Dauer. Vorausgesetzt, dass erstens keine anderen Sicherstellungen als das Immobilienobjekt selbst vorhanden sind und dass zweitens zum selben Zeitpunkt nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten investiert wird, wird ein Fremdkapitalgeber die Höhe des (Rest-)Darlehens in der Regel auf den (Rest-)Wert der Immobilie abstimmen – und zwar so, dass die Tilgungsdauer die Eigenkapital-Entnahmedauer nicht überschreitet. Letztere wird wiederum vom Eigenkapitalgeber so gewählt werden, dass sie die wirtschaftliche Nutzungsdauer der Immobilie nicht überschreitet.

c) Erläuterung zum Typ c) „Finanzierung ohne Finanzierungsausgaben“

Eine Finanzierung ohne Finanzierungsausgaben ist sowohl im Rahmen der Eigen- als auch Fremdfinanzierung möglich:

- z.B.: Selbstfinanzierung, d.h. Bildung von Eigenkapital durch die Zurückbehaltung bzw. den Verzicht auf die Ausschüttung von Gewinn²
- z.B.: Fremdfinanzierung durch Subventionen der öffentlichen Hand

Da bei einer Finanzierung nach Typ c) per definitionem keine Ausgaben anfallen, werden im Lebenszyklusausgabenkatalog lediglich die Eigen- und Fremdfinanzierung angeführt.

¹ Vgl. Hofmann, 1999, S. 301 Anm.: Weitere Erläuterungen zur Beziehung zwischen „Tilgungen“ und „Wertminderungen“ sind im Anhang F.1 „Wertminderung von Immobilien“ enthalten.

² Vgl. Bartzsch, 1994, S. 385f

d) Allgemeine Vorgangsweise bei der Ermittlung der Finanzierungsausgaben

Sofern nicht genauere Informationen zu den Finanzierungsausgaben vorliegen, werden diese unter Berücksichtigung folgender vereinfachender Annahmen ermittelt:

- Als Berechnungsgrundlage für die Finanzierungsausgaben werden die Lebenszyklusausgaben (exklusive Finanzierungsausgaben) herangezogen und um jene Ausgaben vermindert, die durch den Finanzierungstyp c) gedeckt werden können bzw. sollen.
- Unabhängig davon, ob Kapital durch Eigen- oder Fremdfinanzierung zur Verfügung gestellt wird, wird bei der Ermittlung der zugehörigen Ausgaben aus mathematischer Sicht stets von einem „nachschüssigen Tilgungsdarlehen mit konstanten Annuitäten“ ausgegangen. Für die Tilgungen ergibt sich damit ein progressiver Verlauf.¹
- Als Parameter werden die Höhe des Darlehens D , der Zeitpunkt der Gewährung des Darlehens i_D , ein einmaliges Disagio DA zum Zeitpunkt i_D , der Sollzinssatz s sowie die Tilgungsdauer n_{Tilg} gewählt. Diese Begriffe stammen aus dem Bereich der Fremdfinanzierung und werden bei der Belegung des Lebenszyklusausgabenkataloges unter Berücksichtigung der unter Punkt 3.3.5b dargestellten Analogie auf die Begriffe der Eigenfinanzierung übergeführt (z.B.: „Tilgungen“ → „Eigenkapital-Entnahmen“).
- Die Finanzierung der Lebenszyklusausgaben ist im Rechenmodell in der Regel durch Kombination mehrerer Tilgungsdarlehen mit unterschiedlichen Parameterwerten (D , i_D , DA , s , n_{Tilg}) darzustellen, um den vielfältigen Anforderungen zu entsprechen, die sich im Laufe des Lebenszyklus eines Immobilienobjektes an die Finanzierung ergeben.
- Die ermittelten Ausgaben für Disagios, Zinsen und Tilgungen werden in den Lebenszyklusausgabenkatalog (LZAK) eingetragen. Entsprechend der Gliederung des LZAK² werden pro Lebenszyklusphase
 - die Zinsen unter „Eigenkapital-Zinsen“ bzw. „Fremdkapital-Zinsen“,
 - die Tilgungen unter „Eigenkapital-Entnahmen“ bzw. „Fremdkapital-Tilgungen“ und
 - die Disagios unter „Sonstiges“ verbucht.
- Die gewährten Darlehen D gehen als Einnahmen in das Rechenmodell ein und werden in den Lebenszykluseinnahmenkatalog³ eingetragen, der als Pendant zum LZAK in den Anhang aufgenommen worden ist.

¹ Vgl. Möller / Kalusche, 2001, S. 172

² siehe Anhang B.7 „Lebenszyklusausgaben“

³ siehe Anhang B.8 „Lebenszykluseinnahmen“

e) Formelapparat**Ergänzend gewählte Bezeichnungen:**

- i_D Zeitpunkt zu dem der Darlehensbetrag dem Objektkonto gutgeschrieben wird, wobei $i_D \geq 0$ (Parameter)
- i_{Tilg} Zeitpunkt zu dem die letzte Tilgung fällig ist, wobei $i_{Tilg} > i_D$
- n_{Tilg} Tilgungsdauer des Darlehens, wobei $n_{Tilg} = i_{Tilg} - i_D$ (Parameter)
- D Nomineller Wert des gewährten Darlehens zum Zeitpunkt „ i_D “ in [€], wobei $D > 0$ (Parameter)
- DA Nomineller Wert des zum Zeitpunkt „ i_D “ fälligen Disagios in [€], wobei $DA \geq 0$ (Parameter)
- s Jährlicher Sollzinssatz in [%] mit $s \geq 0\%$ p.a. (Parameter)
- q_s Sollzinsfaktor (Hilfsgröße) $q_s = 1 + s/100$
- t_0 Anfangstilgungssatz in [%] mit $t_0 > 0\%$ p.a.
- a Jährlicher Annuitätssatz in [%], wobei $a = t_0 + s$
- A Annuität in [€] (nomineller Wert), wobei $A = ZA_i + TA_i \geq 0$
- RD_i Betrag des Restdarlehens zum Zeitpunkt „ i “ in [€] (nomineller Wert), wobei $RD_i \geq 0$
- ZA_i Anteil der Zinsen an der Annuität zum Zeitpunkt „ $i-1$ “ in [€] (nomineller Wert, „Ausgaben“), wobei $ZA_i \geq 0$
- TA_i Anteil der Tilgung an der Annuität zum Zeitpunkt „ $i-1$ “ in [€] (nomineller Wert, „Ausgaben“), wobei $TA_i \geq 0$

Aufgrund der Festlegung eines nachschüssigen Tilgungsdarlehens mit konstanten Annuitäten ist die erste Annuität zum Zeitpunkt $i_D + 1$ fällig, die letzte zum Zeitpunkt $i_{Tilg} = i_D + n_{Tilg}$. Die entsprechenden Ausgaben müssen aufgrund der getroffenen Definitionen im Lebenszyklusausgabenkatalog jeweils dem Zeitraum nach dem betreffenden Zeitpunkt zugeordnet und sinngemäß indiziert werden.

Die Herleitung der Formeln zur Berechnung der Finanzierungsausgaben des Tilgungsdarlehens mit konstanten Annuitäten wird nachstehend schrittweise dargestellt:

Zeitpunkt / Formel**Anmerkung****Zeitpunkt i_D :**

- | | |
|---|--|
| $RD_{i_D} = D$ (= Beitrag für L_{i_D}) | <i>Einzahlung des Darlehens auf das Objektkonto</i> |
| DA (= Beitrag für K_{i_D+1}) | <i>Erfassung des Disagio im LZAK</i> |
| $ZA_{i_D+1} = 0$ (= Beitrag für K_{i_D+1}) | <i>Keine Ausgaben durch Zinsen zum Zeitpunkt i_D</i> |
| $TA_{i_D+1} = 0$ (= Beitrag für K_{i_D+1}) | <i>Keine Ausgaben durch Tilgungen zum Zeitpunkt i_D</i> |
- (Achtung! Ausgaben werden anhand des Folgezeitraums indiziert!)**

Zeitpunkt i_D+1 :

$$ZA_{i_D+2} = RD_{i_D} \cdot s/100$$

Zinsen lt. ausstehendem Restdarlehen

$$TA_{i_D+2} = RD_{i_D} \cdot t_0/100$$

Erste Tilgung lt. Anfangstilgungssatz

$$A = ZA_{i_D+2} + TA_{i_D+2} = \text{const.}$$

Konstante Annuität während der Tilgungsdauer

$$RD_{i_D+1} = RD_{i_D} - TA_{i_D+2}$$

*Verringerung des Restdarlehens um den Tilgungsanteil***Zeitpunkt i_D+2 :**

$$ZA_{i_D+3} = RD_{i_D+1} \cdot s/100$$

Zinsen lt. ausstehendem Restdarlehen

$$TA_{i_D+3} = A - ZA_{i_D+3}$$

Tilgungsanteil lt. konstanter Annuität

$$RD_{i_D+2} = RD_{i_D+1} - TA_{i_D+3}$$

*Verringerung des Restdarlehens um den Tilgungsanteil***Zeitpunkt i_D+k :**

$$ZA_{i_D+k+1} = RD_{i_D+k-1} \cdot s/100$$

Zinsen lt. ausstehendem Restdarlehen

$$TA_{i_D+k+1} = A - ZA_{i_D+k+1}$$

Tilgungsanteil lt. konstanter Annuität

$$RD_{i_D+k} = RD_{i_D+k-1} - TA_{i_D+k+1}$$

Verringerung des Restdarlehens um den Tilgungsanteil

Daraus ergibt sich der Betrag des Restdarlehens in allgemeiner Form zu:¹

$$RD_{i_D+k} = D \cdot \left(1 - \frac{t_0}{100} \cdot \frac{q_s^k - 1}{q_s - 1} \right) \quad k = 1, 2, 3, \dots, n_{\text{Tilg}} \quad (3.011)$$

Da die letzte Tilgung des Darlehens per definitionem zum Zeitpunkt $i_{\text{Tilg}} = i_D + n_{\text{Tilg}}$ erfolgt, muss $RD_{i_D+n_{\text{Tilg}}} = 0$ gelten. Dies liefert die Bestimmungsgleichung für t_0 in Abhängigkeit vom Sollzinsfaktor q_s und der Tilgungsdauer n_{Tilg} .

$$t_0 = \frac{q_s - 1}{q_s^{n_{\text{Tilg}}} - 1} \cdot 100 \quad (3.012)$$

Der jährliche Annuitätssatz lässt sich durch Erweiterung von (3.012) mit dem Sollzinssatz s eruieren, woraus der Betrag der jährlichen Annuität abgeleitet wird.²

$$a = s + t_0 = s + \frac{q_s - 1}{q_s^{n_{\text{Tilg}}} - 1} \cdot 100 = s \cdot \frac{q_s^{n_{\text{Tilg}}}}{q_s^{n_{\text{Tilg}}} - 1} \quad (3.013)$$

$$A = D \cdot \frac{a}{100} = D \cdot \frac{s}{100} \cdot \frac{q_s^{n_{\text{Tilg}}}}{q_s^{n_{\text{Tilg}}} - 1} \quad (3.014)$$

Zur gesonderten Darstellung der Zinsen und Tilgungen wird die Annuität lt. (3.014) unter Berücksichtigung von (3.011) in ZA_i und TA_i aufgeteilt.

¹ Vgl. Möller / Kalusche, 2001, S. 174

² Vgl. Bartzsch, 1994, S. 420

$$ZA_{iD+k+1} = D \cdot \frac{s}{100} \cdot \left(1 - \frac{a-s}{100} \cdot \frac{q_s^{k-1} - 1}{q_s - 1} \right) \quad k = 1, 2, 3, \dots, n_{\text{Tilg}} \quad (3.015)$$

$$TA_{iD+k+1} = D \cdot \left[\frac{a}{100} - \frac{s}{100} \cdot \left(1 - \frac{a-s}{100} \cdot \frac{q_s^{k-1} - 1}{q_s - 1} \right) \right] \quad (3.016)$$

$$\text{bzw. } TA_{iD+k+1} = A - ZA_{iD+k+1} \quad k = 1, 2, 3, \dots, n_{\text{Tilg}}$$

f) Ergänzungen

Wird zur Wahl der fünf Parameter eines Tilgungsdarlehens (\mathbf{D} , \mathbf{i}_D , \mathbf{DA} , \mathbf{s} , \mathbf{n}_{Tilg}) der Barwert des Beitrages der Lebenszyklusaufgaben exkl. Finanzierung zum Verlauf des Objektkontostandes lt. Gleichung (3.009) als Vergleichsgröße herangezogen, so ist zu beachten, dass dieser Barwert auf den Zeitpunkt \mathbf{T} (Systemparameter der Lebenszyklusaufgabenermittlung) bezogen ist. Weicht der Zeitpunkt \mathbf{i}_D von \mathbf{T} ab, muss die Vergleichsgröße auf den Zeitpunkt \mathbf{i}_D bezogen werden.

$$Xi_D = XT \cdot \left(1 + \frac{p}{100} \right)^{i_D - T} \quad (3.017)$$

\mathbf{Xi}_D Vergleichsgröße bezogen auf den Zeitpunkt \mathbf{i}_D

\mathbf{XT} Vergleichsgröße bezogen auf den Zeitpunkt \mathbf{T}

\mathbf{p} Habenzinssatz (Systemparameter)

Die monetären Kenngrößen eines Tilgungsdarlehens (\mathbf{D} , \mathbf{DA} , \mathbf{ZA}_{i+1} und \mathbf{TA}_{i+1}) sind als nominelle Werte angegeben bzw. berechnet worden. Bevor sie als Beitrag zum Verlauf des Barwertes des Objektkontostandes berücksichtigt werden können, müssen sie daher anhand der Gleichungen (3.018) auf den Zeitpunkt \mathbf{T} (Systemparameter der Lebenszyklusaufgabenermittlung) bezogen werden.

$$BZA_{i+1} = ZA_{i+1} \cdot \left(1 + \frac{p}{100} \right)^{T-i} ; \quad BTA_{i+1} = TA_{i+1} \cdot \left(1 + \frac{p}{100} \right)^{T-i} \quad (3.018)$$

$$BD_{i_D} = D \cdot \left(1 + \frac{p}{100} \right)^{T-i_D} ; \quad BDA_{i_D+1} = DA \cdot \left(1 + \frac{p}{100} \right)^{T-i_D}$$

\mathbf{BD}_{i_D} Barwert des gewährten Darlehens zum Zeitpunkt „ i_D “ in [€]

\mathbf{BDA}_{i_D+1} Barwert des zum Zeitpunkt „ i_D “ fälligen Disagios in [€]

\mathbf{ZA}_{i+1} Barwert des zum Zeitpunkt „ i “ fälligen Zinsanteils in [€]

\mathbf{TA}_{i+1} Barwert des zum Zeitpunkt „ i “ fälligen Tilgungsanteils in [€]

g) Zusammenfassung der Berechnungsschritte pro Darlehen

Sofern die Finanzierungsausgaben anhand der vorgestellten vereinfachenden Annahmen eruiert werden, sind pro Tilgungsdarlehen folgende Schritte durchzuführen.

- Angabe des Parameters i_D auf Basis des Barwertes des Beitrages der Lebenszyklusaussgaben exkl. Finanzierung zum Verlauf des Objektkontostandes
- Gegebenenfalls Umrechnung von auf den Zeitpunkt T bezogenen Barwerten, die als Grundlage für die Bestimmung der Darlehenshöhe D herangezogen werden sollen gemäß (3.017)

$$Xi_D = XT \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right)^{i_D - T}$$

- Festlegung der Parameter D , DA , s , n_{Tilg} für das Darlehen unter Berücksichtigung des Barwertes des Beitrages der Lebenszyklusaussgaben exkl. Finanzierung zum Verlauf des Objektkontostandes
- Ermittlung der dimensionslosen Hilfsgröße $q_s = 1 + s/100$
- Ermittlung des Annuitätssatzes a lt. (3.013) und der Annuität A lt. (3.014)

$$a = s \cdot \frac{q_s^{n_{Tilg}}}{q_s^{n_{Tilg}} - 1} \quad A = D \cdot \frac{a}{100}$$

- Ermittlung der nominellen Zinsanteile ZA_i in [€] lt. (3.015)

$$ZA_{iD+k+1} = D \cdot \frac{s}{100} \cdot \left(1 - \frac{a-s}{100} \cdot \frac{q_s^{k-1} - 1}{q_s - 1}\right) \quad k = 1, 2, 3, \dots, n_{Tilg}$$

- Ermittlung der nominellen Tilgungsanteile TA_i in [€] lt. (3.016)

$$TA_{iD+k+1} = A - ZA_{iD+k+1} \quad k = 1, 2, 3, \dots, n_{Tilg}$$

- Ermittlung der Barwerte der Zinsanteile, der Tilgungsanteile, des Darlehens und des Disagios in [€] lt. (3.018)

$$BZA_{i+1} = ZA_{i+1} \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right)^{T-i}; \quad BTA_{i+1} = TA_{i+1} \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right)^{T-i}$$

$$BD_{i_D} = D \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right)^{T-i_D}; \quad BDA_{i_D+1} = DA \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right)^{T-i_D}$$

3.3.6. Beitrag der Lebenszyklusaussgaben zum Objektkonto unter Berücksichtigung der Finanzierung (Barwerte)

a) Allgemeine Vorgangsweise

Ausgehend vom Barwert des Beitrages der Lebenszyklusaussgaben exklusive Finanzierungsausgaben zum Verlauf des Objektkontostandes gemäß Kapitel 3.3.4 werden die vorläufigen Kontostände anhand der gewählten Finanzierung adaptiert.

Pro Darlehen wird zum Zeitpunkt i_D der Betrag BD_{i_D} auf das Objektkonto eingezahlt und der Betrag für das Disagio BDA_{i_D+1} ausbezahlt, wodurch sich der Konto-

stand zum Zeitpunkt i_D um „ $BD_{i_D} - BDA_{i_D+1}$ “ erhöht. In den darauf folgenden Jahren verringern die Ausgaben für Zinsen (BZA_{i+1}) und Tilgungen (BTA_{i+1}) den Kontostand jeweils zum Zeitpunkt i .

b) Formelapparat

Bei der Adaption des Verlaufs des Objektkontos zur Berücksichtigung der Finanzierung ist die unter Punkt 3.3.2b eingeführte Indizierung exakt einzuhalten.

- Ein Darlehen BD_{i_D} wird zum Zeitpunkt i_D gewährt. Es wird daher wie eine Einnahme BL_{i_D} behandelt, die im Zeitraum i_D auftritt und zum Zeitpunkt i_D zu einer Einzahlung auf das Objektkonto führt.
- Ein Disagio BDA_{i_D+1} ist zum Zeitpunkt i_D fällig. Es wird daher wie eine Ausgabe BK_{i_D+1} behandelt, die im Zeitraum „ i_D+1 “ auftritt und zum Zeitpunkt i_D zu einer Auszahlung vom Objektkonto führt.
- Sinngemäß werden zum Zeitpunkt i fällige Zinsen BZA_{i+1} und Tilgungen BTA_{i+1} wie Ausgaben BK_{i+1} behandelt, die im Zeitraum „ $i+1$ “ auftreten und daher bereits zum Zeitpunkt i zu einer Auszahlung vom Objektkonto führen.

Unter diesen Voraussetzungen gilt die bereits angeführte Gleichung (3.007):

$$BS_i = BS_{0, \text{Start}} + \sum_{j=0}^i BL_j - \sum_{j=0}^i BK_{j+1} \quad i = 0, 1, 2, \dots$$

Sofern der Startkontostand $BS_{0, \text{Start}}$ nicht ohnehin Null gesetzt ist, wird er als „kostenlose“ Bereitstellung von Finanzmitteln gemäß Abschnitt 3.3.5c aufgefasst.

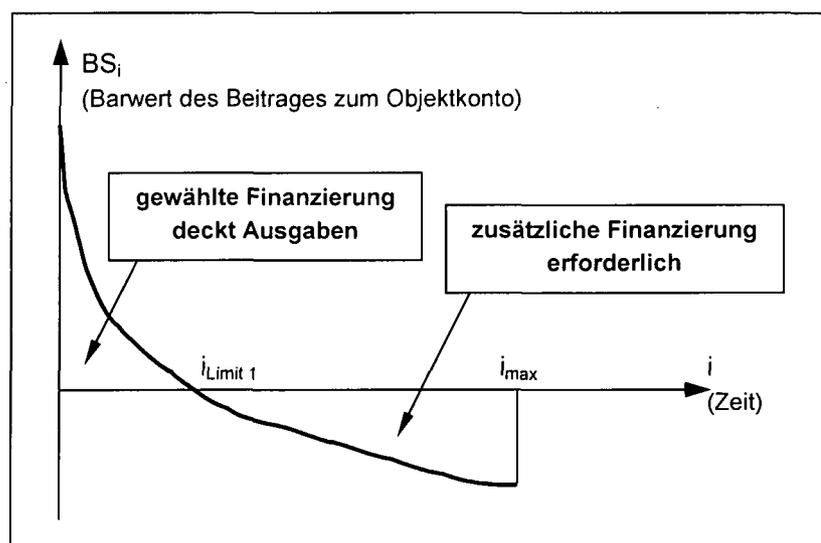


Abbildung 3-5 – Schemaskizze: Barwerte der Beiträge zum Objektkonto unter Berücksichtigung der gewählten Finanzierung

Die Abbildung zeigt den schematischen Verlauf des Barwertes des Beitrages der Lebenszyklusausgaben zum Objektkonto unter Berücksichtigung der Ein- und Auszahlungen aufgrund der gewählten Finanzierung. Im dargestellten Beispiel deckt die Finanzierung die auftretenden Ausgaben bis zum Zeitpunkt i_{Limit_1} . Darüber hinaus sind zusätzliche Einnahmen¹ erforderlich, um den Kontostand nicht negativ werden zu lassen.

Anhand des Verlaufs dieses Beitrages zum Objektkonto lässt sich somit zum Beispiel bei einer Immobilie, die als Mietobjekt konzipiert ist, zeigen, ab welchem Zeitpunkt und in welcher Höhe (bereinigte) Einnahmen durch Vermietung erforderlich sind. Diese Angabe in Form von Barwerten ermöglicht in diesem Zusammenhang eine rasche Aussage darüber, wie viel Kapital zum Bezugszeitpunkt \mathbf{T} – der in der Regel in der „Gegenwart“ liegt – vorhanden sein müsste, um die zukünftigen Ausgaben abdecken zu können.

Anmerkung:

Die Nullstellen der (Teil-)Objektkontostandsfunktion sind generell unabhängig vom gewählten Bezugszeitpunkt \mathbf{T} und gelten sowohl für den nominellen Verlauf als auch den Verlauf der Barwerte des (Teil-)Kontostandes, wie anhand der angeführten Formeln gezeigt werden kann. Bei Durchführung der entsprechenden Umrechnungen wird nämlich jeder einzelne (Teil-)Kontostandswert lediglich mit einem gewissen Faktor multipliziert, sodass die Nullstellen der Funktion erhalten bleiben.

¹ z.B. Einnahmen durch Vermietung oder Verpachtung, Aufnahme weiterer Darlehen usw.

3.4. Wahrscheinlichkeitstheoretische Modellkomponente

3.4.1. Prolog: Logik des Ungewissen

Nach De Finetti¹ kann die Logik in zwei Bereiche unterteilt werden – und zwar in die Logik des Gewissen und in die Logik des Ungewissen, wobei sich beide Bereiche zu einem sinnvollen Ganzen ergänzen:

- Die **Logik des Gewissen** beschäftigt sich mit der Gewissheit – d.h. mit festgestellten Wahrheiten, erhobenen Angaben bzw. zur Verfügung stehenden Informationen. Schlussfolgerungen beruhen auf Deduktion.
- Komplementär dazu beschäftigt sich die **Logik des Ungewissen** mit der Ungewissheit, die durch „Möglichkeiten“, „Erwartungen“ und „Wahrscheinlichkeiten“ beschrieben werden kann. Schlüsse sind im Rahmen der Logik des Ungewissen nur in induktiver Form möglich.

Für die Ermittlung von Lebenszyklusaufgaben in der Phase der Konzeption und Planung einer Hochbau-Immobilie muss klargestellt werden, ob es sich hierbei um eine „Voraussage“ (Begriff aus dem Bereich der Logik des Gewissen) oder um eine „Erwartung“ (Begriff aus dem Bereich der Logik des Ungewissen) handelt.

- Eine **Voraussage** zu machen bedeutet, unter allen Möglichkeiten diejenige „erraten“ zu wollen, die eintreffen wird. Dabei werden den festgestellten Wahrheiten und erhobenen Angaben (d.h. den Gewissheiten) andere Behauptungen und Daten hinzugefügt, die man „erraten“ muss, weil sie ungewiss, aber für das Treffen der Voraussage erforderlich sind. Mit diesem Trick wird vermieden, eine andere Logik als die Logik des Gewissen anwenden zu müssen. Abschwächungen von Voraussagen durch Formulierungen wie „ich glaube“, „vielleicht“, „eventuell“ u.dgl. ändern grundsätzlich nichts daran, dass Voraussagen ein prophetischer Charakter zueigen ist.
- Die **Erwartung** sieht hingegen nicht vor, etwas „erraten“ zu wollen. Sie behauptet nicht irgendetwas, das sich als wahr oder falsch erweisen könnte, um so die Ungewissheit in eine angebliche Gewissheit zu verwandeln, wie dies bei der Voraussage geschieht. Die Erwartung anerkennt, dass das Ungewisse ungewiss ist, erlaubt jedoch, dass den verschiedenen ungewissen Ereignissen, Zahlen, Funktionen usw. ein größerer oder kleinerer Grad von „Wahrscheinlichkeit“ zugeordnet wird.²

Da die Unterscheidung dessen, was gewiss und ungewiss ist, nach De Finetti von der Information eines „Individuums“ zu einem gewissen Zeitpunkt abhängig ist, ist die

¹ Vgl. De Finetti, 1981, S. 89ff

² Vgl. De Finetti, 1981, S. 91f

Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses ein subjektiver Begriff.¹ Eine objektive Wahrscheinlichkeit existiert nach De Finetti nicht.²

Wie bereits im Abschnitt 2.5. angeführt, existieren verschiedene Interpretationen des Wahrscheinlichkeitsbegriffes (z.B. frequentistische, logische oder subjektive Interpretation). Für die mathematische Behandlung der Wahrscheinlichkeitstheorie ist die Art der Interpretation jedoch ohne bzw. höchstens von untergeordneter Bedeutung.³

Somit ergeben sich für die Ermittlung von Lebenszyklusaufgaben drei wesentliche Schlussfolgerungen:

- In wissenschaftlichen Kreisen existieren unterschiedliche Interpretationen für den Begriff der „Wahrscheinlichkeit“. Unter anderem wird es durchaus akzeptiert, auch dann von „Wahrscheinlichkeiten“ zu sprechen, wenn z.B. statistische Untersuchungen nicht möglich sind und somit die frequentistische Interpretation der Wahrscheinlichkeit nicht anwendbar ist.
- In seriöser Art und Weise können Lebenszyklusaufgaben in der Phase der Konzeption und Planung einer Hochbau-Immobilie nur im Sinne einer „Erwartung“ angegeben werden, weil Lebenszyklusaufgaben erstens auf Ungewissheiten beruhen und Seriosität zweitens das Treffen „prophetischer Voraussagen“ ausschließt. Daher müssen wahrscheinlichkeitstheoretische Überlegungen in die Lebenszyklusaufgabenermittlung miteinbezogen werden. Inwiefern Vereinfachungen (z.B. durch deterministische Vorgangsweisen) in der Praxis zweckmäßig bzw. tolerierbar sind, ist gesondert zu untersuchen.
- Da die mathematische Behandlung der Wahrscheinlichkeitstheorie im Wesentlichen unabhängig von der verwendeten Interpretation der Wahrscheinlichkeit ist, kann die wahrscheinlichkeitstheoretische Komponente des in dieser Arbeit vorgestellten Rechenmodells so gestaltet werden, dass sie allgemein einsetzbar ist.

3.4.2. Mathematische Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie

Für die wahrscheinlichkeitstheoretische Modellkomponente sind gewisse mathematische Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie erforderlich, die aus Gründen der Übersichtlichkeit im Anhang G kurz zusammengefasst dargestellt werden.

¹ Vgl. De Finetti, 1981, S. 37

² Vgl. De Finetti, 1981, S. X (Vorwort); Anm.: Die Aussage, dass z.B. für einen sechsseitigen Würfel eine objektive Wahrscheinlichkeit von einem Sechstel ($1/6$) existiert, eine Eins zu würfeln, ist nur aufgrund der (zu „erratenden“) Annahme möglich, dass es sich hierbei um einen idealen Würfel handelt.

³ Vgl. De Finetti, 1981, S. 273f sowie Spies, 1993, 28ff

3.4.3. Einführung variabler Größen

a) Definition

Als variable Größe¹ wird im hier präsentierten Rechenmodell eine Größe verstanden, die verschiedene Werte annehmen kann und somit durch eine Verteilung von Werten gekennzeichnet ist. Vom mathematischen Standpunkt aus betrachtet ist es unerheblich, welchen Ursprungs diese Verteilung ist.

Beispiele für Ursprünge von Verteilungen:

- statistische Untersuchungen (z.B.: Auswertung abgeschlossener Projekte)
- Einschätzungen von Experten (z.B.: erwartete Energiepreisentwicklung)
- vorgelagerte Berechnungsschritte (z.B.: Summe anderer variabler Größen)

Die Verteilungen werden ungeachtet der verwendeten Wahrscheinlichkeitsinterpretation als „Wahrscheinlichkeitsverteilungen“² betrachtet. Größen, die durch die Angabe eines Wertes gekennzeichnet sind (d.h. deterministische Größen), können bei Bedarf als „variable Größen mit besonderen Eigenschaften“ aufgefasst werden.

Im Hinblick auf die elektronische Datenverarbeitung werden im vorgestellten Rechenmodell nur diskrete variable Größen verwendet, die aus einem oder mehreren finiten Element(en) bestehen. Stetige variable Größen müssen hinreichend genau diskretisiert werden.

Jedes finite Element j einer variablen Größe wird durch ein Zahlentripel (w_l, w_r, p_j) beschrieben, das einen Beitrag (p_j) zur Wahrscheinlichkeit angibt, dass der Wert der variablen Größe innerhalb des angeführten Wertebereiches $(w_l \dots$ linke Wertbereichsgrenze, $w_r \dots$ rechte Wertbereichsgrenze) liegt (siehe Seite 77, Abb. 3-6).

b) Speicherformat und graphische Darstellung

Speicherformat:

Im Rechenmodell werden variable Größen in Tabellenform gespeichert (eine Tabelle pro variabler Größe). Jede Tabellenzeile (Index j) steht für ein finites Element der variablen Größe, das wie angeführt durch ein Zahlentripel beschrieben wird. Die Tabelle besteht somit aus drei Spalten und einer Anzahl von Zeilen, die der Anzahl der finiten Elemente der variablen Größe entspricht.

¹ Anm.: Nähere Erläuterungen zum Begriff „variable Größe“ finden sich im Anhang G.

² Vgl. Scheid, 2000, S. 671

Tabelle 3-5 – Tabellenstruktur einer variablen Größe

w_{l_j}	w_{r_j}	p_j

Anmerkung: Die Spaltenbezeichnungen („ w_{l_j} “, „ w_{r_j} “, „ p_j “) werden nicht abgespeichert.

- Pro finitem Element gilt: $w_{l_j} \leq w_{r_j}$ sowie $0 \leq p_j \leq 1$
- Für die Summe der Wahrscheinlichkeitsbeiträge aller finiten Elemente einer variablen Größe gilt: $0 < \sum p_j \leq 1$
- Der Wertebereich wird inklusive des Werts für die linke Grenze (w_{l_j}) und exklusive des Werts für die rechte Grenze (w_{r_j}) aufgefasst.
- **Die Wertebereiche können sich überlappen.** Die Tabellenzeilen müssen nicht in irgendeiner Form sortiert angegeben werden.
- Das beschriebene Speicherformat erlaubt auch die Darstellung deterministischer Größen, die durch Angabe eines finiten Elementes modelliert werden.¹ In diesem Fall gilt $w_{l_j} = w_{r_j}$ sowie $p_j = 1$.

Das Speicherformat beschreibt pro Tabellenzeile, welcher Beitrag zur Gesamtwahrscheinlichkeit durch das einzelne „finite Element“ beigesteuert wird. Nur dann, wenn die variable Größe vollständig charakterisiert ist (d.h. $\sum p_j = 1$) und wenn keine Überlappung von Wertebereichen vorliegt, entspricht p_j der Wahrscheinlichkeit, dass der Wert der variablen Größe zwischen w_{l_j} (inkl.) und w_{r_j} (exkl.) liegt. In allen anderen Fällen kann p_j lediglich als „Beitrag“ zu dieser Wahrscheinlichkeit bezeichnet werden.

Tabelle 3-6 – Tabellenstruktur einer variablen Größe – Beispiel

w_{l_j} (Ausgaben in €)	w_{r_j} (Ausgaben in €)	p_j (dimensionslos)
10	60	0,10
40	90	0,20
60	120	0,12
20	40	0,12
40	50	0,18
50	80	0,18
60	110	0,10

¹ Anm.: Im Falle von Systemparametern und anderen Größen, die unter keinen Umständen als variable Größen, sondern stets deterministisch abgebildet werden, entfällt die Darstellung in Tabellenform.

Graphische Darstellung:

Zur graphischen Darstellung einer variablen Größe wird ein Koordinatensystem verwendet, bei dem auf der Abszisse der Wert w und auf der Ordinate die zugehörige Wahrscheinlichkeitsdichte d der variablen Größe aufgetragen wird. Diese „Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion“ $d(w)$ ergibt sich durch Kumulation der einzelnen finiten Elemente der variablen Größe unter besonderer Berücksichtigung der Überlappung von Wertebereichen und der Verteilung von p_i innerhalb der zugehörigen Bereichsgrenzen w_{l_i} und w_{r_i} .¹

Für jedes finite Element lässt sich der Zusammenhang zwischen dem Beitrag zur Wahrscheinlichkeit (p_i) und dem Beitrag zur Wahrscheinlichkeitsdichte (d_i) durch Gleichung (3.019) darstellen.

$$\int_{w=w_{l_i}}^{w=r_i} d_i(w) dw = p_i \quad (3.019)$$

Für den Fall einer gleichmäßigen Verteilung von p_i zwischen w_{l_i} und w_{r_i} ist d_i innerhalb dieses Bereiches konstant, und aus Gleichung (3.019) folgt (3.020):

$$d_i = \frac{p_i}{w_{r_i} - w_{l_i}} \quad (3.020)$$

Die Abbildung 3-6 illustriert das beschriebene tabellarische Speicherformat für variable Größen unter Berücksichtigung von überlappenden Wertebereichen sowie gleichmäßigen Verteilungen von p_i innerhalb der jeweils zugehörigen Wertebereichsgrenzen. Diese Möglichkeit der graphischen Darstellung einer variablen Größe wird im Folgenden als **Darstellungsart A** bezeichnet.

In jenen Fällen, in denen d_i zwischen w_{l_i} und w_{r_i} nicht konstant ist bzw. nicht hinreichend genau als konstant angenommen werden kann, muss der Bereich von w_{l_i} (inkl.) bis w_{r_i} (exkl.) in Abschnitte unterteilt werden, für die die Konstanz von d_i wiederum hinreichend genau gegeben ist. In Sonderfällen (z.B. abschnittsweise linearer Verlauf von d_i) ist eine graphische Darstellung auch direkt möglich, worauf aber in weiterer Folge nicht näher eingegangen wird.

Stattdessen konzentriert sich das Rechenmodell auf eine diskretisierte Darstellungsweise, wobei für jedes finite Element einer variablen Größe (d.h. für jede Tabellen-

¹ Anm.: Da die Verteilung von p_i innerhalb der zugehörigen Bereichsgrenzen aus dem Speicherformat nicht hervorgeht, müssen entsprechende Informationen aus der Art und Abfolge der mit den variablen Größen durchgeführten Berechnungsschritte abgeleitet werden (vgl. 3.4.4), sofern nicht ohnehin näherungsweise eine gleichmäßige Verteilung für p_i angenommen wird.

zeile gemäß Speicherformat) stets Beziehung (3.020) – wenn auch als Näherung – angewendet wird. Damit diese Vorgangsweise der Diskretisierung im Hinblick auf die gewünschte Aussagekraft bzw. auf die Ergebnisse des Rechenmodells akzeptiert werden kann, sind gewisse Überlegungen erforderlich, auf die im Anhang G näher eingegangen wird.

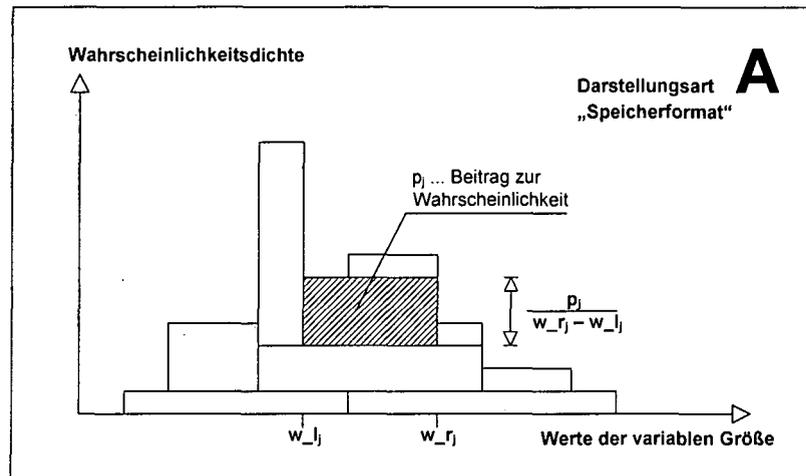


Abbildung 3-6 – Graphische Darstellung variabler Größen, A, „Speicherformat“

Wenn die Daten einer variablen Größe – z.B. durch Einführung von „Klassen“ – so aufbereitet werden, dass keine Überlappungen von Wertebereichen auftreten, vereinfacht sich die graphische Darstellung zu einem Histogramm¹ mit im allgemeinen Fall uneinheitlicher Teilung auf der Abszisse. Diese **Darstellungsart B** entspricht in der Regel dem Eingabeformat für variable Größen in das Rechenmodell.

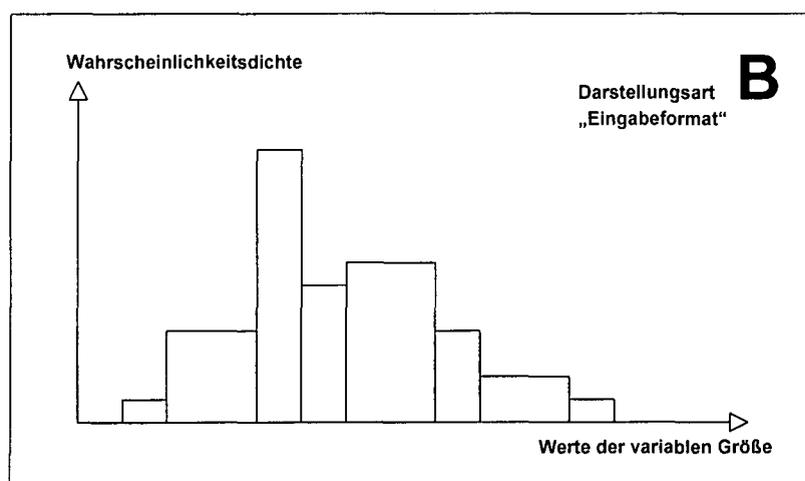


Abbildung 3-7 – Graphische Darstellung variabler Größen, B, „Eingabeformat“

¹ Vgl. Scheid, 2000, S. 265ff

Der Beitrag zur Wahrscheinlichkeit (p_i) ist in diesem Fall gleichzusetzen mit der Wahrscheinlichkeit, dass der Wert der variablen Größe zwischen w_{-l_i} (einschließlich) und w_{-r_i} (ausschließlich) liegt.

Ausgehend von Darstellungsart B wird bei **Darstellungsart C** eine äquidistante Teilung auf der Abszisse eingeführt, sodass Beziehung (3.021) gilt.

$$w_{-r_i} - w_{-l_i} = \Delta w = \text{konstante Klassenbreite} \quad (3.021)$$

Unter Berücksichtigung von Gleichung (3.020) folgt aus (3.021), dass die Wahrscheinlichkeitsdichte d_i direkt proportional zur Wahrscheinlichkeit p_i ist.

$$d_i = \frac{p_i}{w_{-r_i} - w_{-l_i}} = \frac{1}{\Delta w} \cdot p_i \quad (3.022)$$

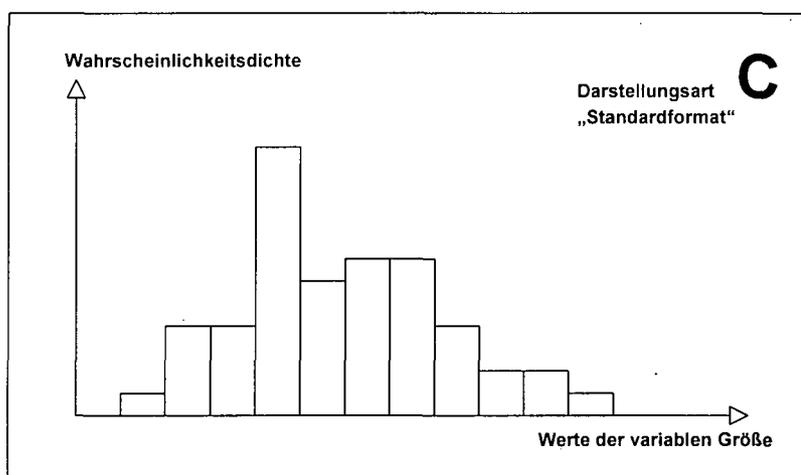


Abbildung 3-8 – Graphische Darstellung variabler Größen, C, „Standardformat“

Aufgrund der beschriebenen Eigenschaften eignet sich Darstellungsart C als „Standardformat“ zur Veranschaulichung und Verarbeitung von variablen Größen, wobei die konstante Klassenbreite Δw als Parameter der Diskretisierung fungiert, der vom Anwender für jede variable Größe gewählt werden kann. Sowohl die Genauigkeit der im Rahmen des Modells durchgeführten Berechnungen als auch die dafür benötigten Ressourcen (Rechenzeit, Speicherkapazität) hängen in entscheidendem Maße von der Wahl von Δw ab.

Darstellungsart D stellt ein Sonderformat dar, das äquidistante Teilungen auf der Abszisse und Ordinate vorsieht. Die Wahrscheinlichkeitsverteilung der variablen Größe wird dadurch in gleichwahrscheinliche Einzelereignisse unterteilt. Für alle Wertebereiche gilt damit neben Beziehung (3.021) auch (3.023).

$$w_{-r_i} - w_{-l_i} = \Delta w = \text{konstante Klassenbreite} \quad (3.021)$$

$$p_j = \Delta p = \text{konstanter Beitrag zur Wahrscheinlichkeit} \quad (3.023)$$

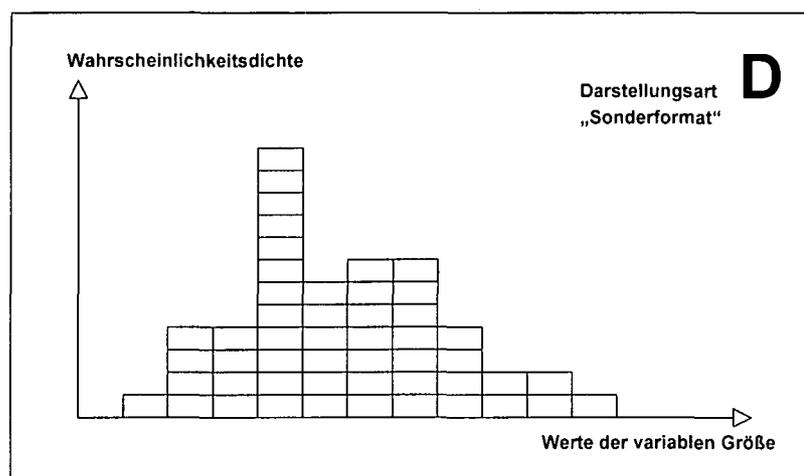


Abbildung 3-9 – Graphische Darstellung variabler Größen, D, „Sonderformat“

c) Einbindung variabler Größen in das Rechenmodell

Grundsätzlich können alle Größen des Rechenmodells sowie Größen in vorgelagerten Berechnungsschritten, die mit Ungewissheiten behaftet sind, als variable Größen aufgefasst werden, wie zum Beispiel:

- alle Ausgabenelemente i.w.S.,
- Zinssätze, Annuitäten und Darlehenslaufzeiten,
- Indizes (z.B.: Energiepreis-, Baukosten-, Tariflohnindex),
- Zeitpunkte geplanter Instandsetzungsmaßnahmen,
- Mengenangaben (Reinigungsflächen, Energieverbrauch Heizung / Kühlung),
- ...

Da das Rechenmodell nicht „alle Möglichkeiten des Universums“, sondern nur die Lebenszyklusaufgaben für eine Variante eines zu untersuchenden Immobilienprojektes darstellt, brauchen nur die innerhalb dieser einen Variante existierenden Ungewissheiten berücksichtigt werden. Die Festlegung des Umfangs einer „Variante“ obliegt hierbei dem Anwender, der somit die Möglichkeit hat, die Variabilität einzelner Größen durch die konkrete Aufgabenstellung einzugrenzen.

Im Hinblick auf die Anwendbarkeit, Effizienz und Aussagekraft des Rechenmodells wird darüber hinaus empfohlen, nicht alle Größen variabel darzustellen, sondern dort, wo Ungewissheiten sehr gering sind bzw. dort, wo aus Gründen der besseren Aussagekraft und Vergleichbarkeit der Ergebnisse die Einführung von festgelegten

Systemparametern sinnvoll erscheint, weiterhin deterministische Größen zu verwenden. Die Vorteile des kombinierten Einsatzes von variablen und deterministischen Größen bestehen einerseits in der Beschränkung des Rechenaufwandes, der mit zunehmender Anzahl variabler Größen in der Regel überproportional steigt, und andererseits darin, dass sich das Rechenmodell jenen Anwendern, die bis dato nur mit deterministischen Modellen gearbeitet haben, lediglich als Erweiterung des „Gewohnten“ präsentiert, was die Einarbeitung erleichtert und die Akzeptanz erhöht.

d) Durchführung von Berechnungen

Berechnungsschritte, bei denen variable Größen involviert sind, werden analog zu Berechnungen mit ausschließlich deterministischen Größen durchgeführt. Dementsprechend werden in dieser Arbeit Algorithmen vorgestellt, mit denen die benötigten Rechenoperationen (z.B. Addition, Multiplikation, ...) durchgeführt werden können. Dabei ist von entscheidender Bedeutung, in welchem Ausmaß die einzelnen variablen Größen im Sinne der Wahrscheinlichkeitstheorie voneinander „abhängig“ bzw. „unabhängig“ sind.

Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang, dass das Rechenmodell neben Gewissheiten nur den vorhandenen Informationsstand über Ungewissheiten darstellen kann, nicht jedoch darüber hinaus eigenständig „Vermutungen anstellt“ oder versucht, „schlauer als der Anwender zu sein“. Daraus folgt, dass jene Abhängigkeiten nicht im Rechenmodell berücksichtigt werden können, die vom Anwender nicht erkannt bzw. nicht angegeben werden. Diese Vorgangsweise entspricht der Forderung nach transparenter Darstellung des bei der Ermittlung von Lebenszyklusaufgaben vorhandenen Wissensstandes.

e) Abhängigkeits- und Unabhängigkeitsbegriffe¹

„Logische Unabhängigkeit“

Ereignisse sind dann voneinander logisch unabhängig, wenn die Kenntnis einiger von ihnen in keinem Falle die Ungewissheit über die anderen verändern kann.

„Lineare Unabhängigkeit“ (Sonderfall der logischen Unabhängigkeit)

Ein Ereignis E ist dann linear unabhängig von anderen Ereignissen, wenn E durch keine Linearkombination dieser anderen Ereignisse dargestellt werden kann.

¹ Vgl. De Finetti, 1981, S. 60, 66f und 181ff

„Stochastische Unabhängigkeit“ (Sonderfall der logischen Unabhängigkeit)

Ein Ereignis E ist dann stochastisch unabhängig von anderen Ereignissen, wenn durch das Eintreten dieser anderen Ereignisse die Wahrscheinlichkeitsbewertung des Ereignisses E unverändert bleibt. Diese Relation gilt auch in der umgekehrten Richtung, sodass allgemein formuliert werden kann, dass das Ereignis E und die anderen erwähnten Ereignisse stochastisch unabhängig „voneinander“ sind. Im Falle stochastischer Unabhängigkeit liegt stets keine Korrelation vor. Der Umkehrschluss („Aus fehlender Korrelation folgt stochastische Unabhängigkeit.“) gilt jedoch nicht.¹

„Stochastische Abhängigkeit im direkten Sinn“

Ein Ereignis E ist dann im direkten Sinn stochastisch abhängig von anderen Ereignissen, wenn durch das Eintreten dieser anderen Ereignisse die Umstände verändert werden, unter denen E eintritt. Die stochastische Abhängigkeit gilt ebenfalls in der umgekehrten Richtung, d.h. wenn das Ereignis E eintritt, werden auch die Umstände verändert, unter denen die „anderen“ Ereignisse eintreten.

„Stochastische Abhängigkeit im indirekten Sinn“

Ein Ereignis E ist dann im indirekten Sinn stochastisch abhängig von anderen Ereignissen, wenn durch das Eintreten dieser anderen Ereignisse zwar nicht die Umstände verändert werden, unter denen E eintritt, aber Umstände existieren, die sowohl auf das Ereignis E als auch auf die anderen Ereignisse Einfluss haben können.

Die angeführten Erläuterungen zur Abhängigkeit bzw. Unabhängigkeit von Ereignissen können sinngemäß auf variable Größen erweitert werden, da das Auftreten eines gewissen Wertes einer variablen Größe einem Ereignis entspricht, dem eine Wahrscheinlichkeit zugeordnet werden kann.

f) Berücksichtigung von Abhängigkeiten

Bei Lebenszyklusaufgaben von Immobilien treten allein aufgrund der Zugehörigkeit der einzelnen Daten zu einem gemeinsamen Projekt Abhängigkeiten zwischen einzelnen Größen auf.

Lineare Abhängigkeiten ...

... ergeben sich im Rechenmodell einerseits strukturbedingt durch den hierarchischen Aufbau des Lebenszyklusaufgabenkataloges, wodurch ein Abhängigkeitsverhältnis zwischen über- und untergeordneten Ausgabenelementen gegeben ist.

¹ Vgl. Gellert / Kästner / Neuber, 1978, S. 300

Andererseits existieren lineare Abhängigkeiten auch zwischen Ausgabelementen auf gleicher Ebene, etwa zwischen den Ausgaben für Baukosten und Honorare. Darüber hinaus bestehen im Rahmen der Vorberechnungsschritte (d.h. vor der Belegung des Lebenszyklusausgabenkataloges mit Ausgaben) Abhängigkeitsverhältnisse zwischen einzelnen Eingangsgrößen, wie z.B. zwischen den Ausgaben pro Mengeneinheit und der Menge (vgl. Rabatte, Mindermengenzuschläge).

Dort wo lineare Abhängigkeitsbeziehungen bekannt sind, werden sie zur Berechnung der abhängigen variablen Größen direkt herangezogen. Wo sie nicht bekannt sind, können sie nicht berücksichtigt werden.

Stochastische Abhängigkeiten im indirekten Sinn ...

... treten bei einem Immobilienprojekt beispielsweise durch Personen (z.B. Bauherr, Architekt), Unternehmen (z.B. Projektsteuerung, Generalunternehmer, Facility Manager, Lieferanten), Umfeldparameter (z.B. Markt, Wirtschaftslage, Witterung) sowie Projektspezifika (z.B. Standort, gewählte Bauverfahren, Terminplan) auf.

Durch die Beschränkung des Rechenmodells auf die Behandlung einer Projektvariante werden indirekte stochastische Abhängigkeiten per definitionem ausgeschaltet.

Stochastische Abhängigkeiten im direkten Sinn ...

... können bei der Ermittlung von Lebenszyklusausgaben theoretisch aufgrund unterschiedlichster wechselseitiger Beziehungen zwischen variablen Größen gegeben sein, wobei eine lineare Abhängigkeit zweier Größen als Sonderfall anzusehen ist, bei dem eine perfekte Korrelation vorliegt (vgl. Anhang G.1.4). Sofern direkte stochastische Abhängigkeiten vom Anwender des Rechenmodells näher charakterisiert werden können, lassen sie sich entsprechend den in der einschlägigen mathematischen Fachliteratur angeführten Regeln berücksichtigen.¹

Im Rahmen des vorgestellten Rechenmodells werden nur zwei Grundtypen von direkten stochastischen Abhängigkeiten angeführt, da erwartet wird, dass es dem Anwender in der Mehrzahl der Fälle aufgrund fehlender Informationen nicht möglich sein wird, genauere Angaben zu machen:

- **Spezialfall #1:** „Wenn Größe X den niedrigsten Wert annimmt, nimmt Größe Y ebenfalls den niedrigsten Wert an. Wenn Größe X den höchsten Wert annimmt, nimmt Größe Y ebenfalls den höchsten Wert an. Für alle Zwischenwerte gilt die Aussage sinngemäß unter Berücksichtigung gleichwahrscheinlicher Einzelereignisse für X und Y gemäß Darstellungsart D (vgl. Punkt 3.4.3b).“

¹ Vgl. Bartsch, 1989, S. 540f; Evans, 2002, S. 127f; Gellert / Kästner / Neuber, 1978, S. 299f

- **Spezialfall #2:** „Wenn Größe X den niedrigsten Wert annimmt, nimmt Größe Y den höchsten Wert an. Wenn Größe X den höchsten Wert annimmt, nimmt Größe Y den niedrigsten Wert an. Für alle Zwischenwerte gilt die Aussage sinngemäß unter Berücksichtigung gleichwahrscheinlicher Einzelereignisse für X und Y gemäß Darstellungsart D (vgl. Punkt 3.4.3b)“

3.4.4. Rechenoperationen mit voneinander unabhängigen variablen Größen

Alle im vorgestellten Rechenmodell benötigten Rechenoperationen mit voneinander unabhängigen variablen Größen können schrittweise durchgeführt werden, sodass in jedem Schritt nur zwei Größen betrachtet werden müssen.

Im Folgenden wird als Beispiel die Addition zweier unabhängiger variabler Größen X und Y ausführlich beschrieben. Die Berechnungsschritte werden sowohl allgemein als auch anhand eines Zahlenbeispiels illustriert. Andere Rechenoperationen mit variablen Größen können sinngemäß durchgeführt werden.¹

Gegeben ...

... sind die Wahrscheinlichkeitsverteilungen zweier variablen Größen X und Y im unter Punkt 3.4.3b erläuterten Speicherformat A in Tabellenform.

Tabelle 3-7 – Beispiel zur Addition variabler Größen, Ausgangsdaten X und Y

Variable Größe X			Variable Größe Y		
$w_{l_{x,j}}$	$w_{r_{x,j}}$	$p_{x,j}$	$w_{l_{y,k}}$	$w_{r_{y,k}}$	$p_{y,k}$
10	20	0,25	49	51	0,30
20	22	0,60	63	65	0,10
22	25	0,14	77	81	0,10
			100	110	0,50

Gesucht ...

... ist die Summe der beiden Größen X und Y ($ERG = X + Y$)

Lösung:

Da X und Y voneinander unabhängige variable Größen sind, müssen alle finiten Elemente (= „Tabellenzeilen“) von X mit allen finiten Elementen von Y kombiniert werden, um die variable Ergebnisgröße ERG zu erhalten.

¹ siehe Anhang G.2

Tabelle 3-8 – Beispiel zur Addition variabler Größen, Kombinationsmöglichkeiten

Kombination i	Tabellenzeile j (von X)	Tabellenzeile k (von Y)
1	1	1
2	1	2
3	1	3
4	1	4
5	2	1
6	2	2
7	2	3
8	2	4
9	3	1
10	3	2
11	3	3
12	3	4

Die Anzahl der zu berechnenden Kombinationen und damit die Anzahl der sich ergebenden finiten Elemente für die Ergebnisgröße ERG (n_{ERG}) entspricht dem Produkt der Anzahl der Tabellenzeilen von X (n_X) und Y (n_Y).

$$n_{ERG} = n_X \cdot n_Y \quad (3.024)$$

Zahlenbeispiel: $n_X = 3$, $n_Y = 4$, $n_{ERG} = 12$

Pro Kombination i ($1 \leq i \leq n_{ERG}$) müssen der jeweils resultierende Beitrag zur Wahrscheinlichkeit ($p_{ERG,i}$) sowie der jeweils resultierende Wert der linken Bereichsgrenze ($w_{l_{ERG,i}}$) und rechten Bereichsgrenze ($w_{r_{ERG,i}}$) ermittelt werden:

- $w_{l_{ERG,i}}$ entspricht dem kleinsten Wert, der innerhalb der Kombination i bei Berücksichtigung der gewünschten Rechenoperation („Summenbildung“) möglich ist und ergibt sich daher im gegenständlichen Fall als Summe von $w_{l_{X,j}}$ und $w_{l_{Y,k}}$, den entsprechenden Bereichsgrenzen von X und Y.

$$w_{l_{ERG,i}} = w_{l_{X,j}} + w_{l_{Y,k}} \quad (3.025)$$

- $w_{r_{ERG,i}}$ entspricht dem größten Wert, der innerhalb der Kombination i bei Berücksichtigung der gewünschten Rechenoperation („Summenbildung“) möglich ist und ergibt sich daher im gegenständlichen Fall als Summe von $w_{r_{X,j}}$ und $w_{r_{Y,k}}$, den entsprechenden Bereichsgrenzen von X und Y.

$$w_{r_{ERG,i}} = w_{r_{X,j}} + w_{r_{Y,k}} \quad (3.026)$$

- $p_{ERG,i}$ berechnet sich entsprechend dem Theorem der zusammengesetzten Wahrscheinlichkeiten im Falle von nicht korrelierten Größen¹ als Produkt der Beiträge zur Wahrscheinlichkeit von X ($p_{X,j}$) und Y ($p_{Y,k}$).

$$p_{ERG,i} = p_{X,j} \cdot p_{Y,k} \quad (3.027)$$

Zahlenbeispiel: Kombination Nr. 8 ($i = 8$, $j = 2$, $k = 4$)

$$w_{l_{X,2}} = 20; \quad w_{l_{Y,4}} = 100; \quad w_{l_{ERG,8}} = 120$$

¹ siehe Anhang G.1.2c

$$w_{r_{X,2}} = 22; \quad w_{r_{Y,4}} = 110; \quad w_{r_{ERG,8}} = 132$$

$$p_{X,2} = 0,60; \quad p_{Y,4} = 0,50; \quad p_{ERG,8} = 0,30$$

Nach Durchführung aller Kombinationen ($j = 1$ bis n_x , $k = 1$ bis n_y) stellt sich die variable Ergebnisgröße ERG als Auflistung aller in den einzelnen Kombinationen berechneten Werte ($w_{l_{ERG,i}}$, $w_{r_{ERG,i}}$, $p_{ERG,i}$) in Tabellenform dar.

Tabelle 3-9 – Beispiel zur Addition variabler Größen, Ergebnisgröße ERG

Variable Größe ERG		
$w_{l_{ERG,i}}$	$w_{r_{ERG,i}}$	$p_{ERG,i}$
59	71	0,075
73	85	0,025
87	101	0,025
110	130	0,125
69	73	0,180
83	87	0,060
97	103	0,060
120	132	0,300
71	76	0,042
85	90	0,014
99	106	0,014
122	135	0,070

Bei Bedarf kann die variable Größe ERG in eine der Darstellungsarten B, C oder D transformiert werden. Wie bereits unter Punkt 3.4.3b angeführt, gibt das Speicherformat jedoch keine Auskunft darüber, wie $p_{ERG,i}$ innerhalb der Grenzen $w_{l_{ERG,i}}$ und $w_{r_{ERG,i}}$ verteilt ist, d.h. wie der Verlauf der Wahrscheinlichkeitsdichte $d_{ERG,i}$ aussieht.

Diese Information lässt sich aus den Eigenschaften der finiten Elemente der variablen Größen X und Y ableiten, die das finite Element i der Ergebnisgröße ERG gebildet haben. Mit Verweis auf die Beziehung (3.019) enthält Tabelle 3-10 Beispiele zum Verlauf der Wahrscheinlichkeitsdichte für die finiten Elemente der beteiligten Größen X (d.h. $d_{X,i}$), Y (d.h. $d_{Y,i}$) und ERG (d.h. $d_{ERG,i}$) bei Anwendung der Rechenoperation $X + Y = ERG$.¹

Im Rahmen des Rechenmodells wird in der Regel auf eine Verfolgung der Eigenschaften der einzelnen finiten Elemente hinsichtlich des Verlaufes der Wahrscheinlichkeitsdichten verzichtet. Sofern die variablen Größen hinreichend genau diskretisiert werden und die Ergebnisgröße einer Rechenoperation in Darstellungsart C (mit entsprechend feiner äquidistanter Teilung) transformiert wird, bevor man sie für weitere Berechnungsschritte heranzieht, darf für alle finiten Elemente der beteiligten va-

¹ Vgl. De Finetti, 1981, S. 357ff

riablen Größen ein konstanter Verlauf für die Wahrscheinlichkeitsdichte angenommen werden.¹

Tabelle 3-10 – Beispiel zur Addition variabler Größen, Verlauf von $d_{ERG,i}$

Verlauf von $d_{X,j}$	Verlauf von $d_{Y,k}$	Verlauf von $d_{ERG,i}$
1 Abschnitt, konstant („Rechteck“)	1 Abschnitt, konstant („Rechteck“)	2 Abschnitte, linear („Dreieck“)
1 Abschnitt, konstant („Rechteck“)	2 Abschnitte, linear („Dreieck“)	3 Abschnitte, quadratisch („Glockenkurve aus Parabeln 2. Ordnung“)
...
m_j Abschnitte, Polynome der Ordnung m_j-1	m_k Abschnitte, Polynome der Ordnung m_k-1	m_j+m_k Abschnitte, Polynome der Ordnung m_j+m_k-1
Normalverteilung	Normalverteilung	Normalverteilung

Rechenkontrolle:

Zur Kontrolle wird die Summe der Beiträge zur Wahrscheinlichkeit der Ergebnisgröße ERG ermittelt. Unter Berücksichtigung der Beziehung (3.027) und der Bedingung, dass alle möglichen Kombinationen berechnet werden müssen, ergibt sich die Kontrollgleichung (3.028).

$$\sum_{i=1}^{n_{ERG}} P_{ERG,i} = \sum_{j=1}^{n_X} P_{X,j} \cdot \sum_{k=1}^{n_Y} P_{Y,k} \quad (3.028)$$

$$\begin{aligned} \text{Zahlenbeispiel: } \sum P_{X,j} &= 0,25+0,6+0,14 = 0,99 \\ \sum P_{Y,k} &= 0,3+0,1+0,1+0,5 = 1,00 \\ \sum P_{ERG,i} &= 0,075+0,025+0,025+0,125+0,18+0,06+0,06+0,3+ \\ &\quad +0,042+0,014+0,014+0,070 = 0,99 = 0,99 \cdot 1,00 \checkmark \end{aligned}$$

Alternative Lösungsmöglichkeiten:

Als Alternativen zum oben angeführten Verfahren, dessen Genauigkeit durch die Wahl der Feinheit der Diskretisierung „beliebig“ gesteigert werden kann (wodurch aber auch der Rechenaufwand entsprechend steigt), existieren andere Lösungsmöglichkeiten, die auch zur Kontrolle der Genauigkeit der Berechnungen eingesetzt werden können.

- Analytische Methoden liefern exakte Ergebnisse, sind jedoch in der Regel nur in „akademischen Sonderfällen“ verfügbar und daher nicht allgemein praktisch anwendbar.²

¹ Anm.: Diese Schlussfolgerung ergibt sich aus Überlegungen zur erforderlichen Genauigkeit, zur praktischen Anwendbarkeit sowie zum Ressourcenverbrauch (Zeit, Speicherkapazität) des Rechenmodells. Nähere Erläuterungen dazu sind dem Anhang zu entnehmen.

² Vgl. De Finetti, 1981, S. 357ff

- Methoden der statistischen Simulation (z.B.: Monte-Carlo-Methode, Latin-Hypercube-Methode) wählen aus der Fülle möglicher Kombinationen mithilfe von Zufallszahlen einzelne Kombinationen aus und berechnen diese „Versuche“. Die Genauigkeit der Ergebnisse ist daher stets unter Berücksichtigung der Anzahl der durchgeführten Versuche sowie statistischer Überlegungen zur möglichen Veränderung der erzielten Ergebnisse durch weitere Versuche zu interpretieren.¹ Da sich darüber hinaus die Anzahl der Rechenschritte nicht mehr nach der Anzahl der möglichen Kombinationen richtet, ist eine Skalierung der Ergebnisse erforderlich, damit die Kontrollgleichung (3.028) erfüllt wird.

3.4.5. Rechenoperationen mit voneinander abhängigen variablen Größen

Rechenoperationen mit voneinander abhängigen Größen werden prinzipiell analog zu Rechenoperationen mit voneinander unabhängigen Größen durchgeführt, wie dies im vorangehenden Kapitel beschrieben worden ist, wobei allerdings die Abhängigkeitsbeziehungen speziell zu berücksichtigen sind.

Im Rahmen des Rechenmodells werden folgende Fälle unterschieden:

- Fall 1: Abhängigkeit durch mathematische Gleichungen darstellbar
- Fall 2: Abhängigkeit durch Korrelationskoeffizienten darstellbar
- Fall 3: Abhängigkeit durch Zuordnung von Einzelereignissen darstellbar
- Fall 4: Abhängigkeit durch bedingte Wahrscheinlichkeiten darstellbar

a) Fall 1: Abhängigkeit durch mathematische Gleichungen darstellbar

Die Abhängigkeit zwischen den Größen lässt sich durch mathematische Gleichungen abbilden, die es erlauben, eine „abhängige“ Größe anhand anderer, voneinander unabhängiger Größen zu berechnen. Die Abhängigkeitsbeziehung wird daher am besten direkt zur Ermittlung einer variablen Größe herangezogen.

Beispiele:

- Die Ausgaben eines Grobelementes hängen von den Ausgaben der zugehörigen Elemente ab. Das Grobelement wird durch Summation dieser Elemente berechnet.

¹ Vgl. Evans, 2002, S. 120f

- Die Honorare für Architektenleistungen hängen von den Baukosten ab. Das Honorar wird durch Multiplikation eines Prozentsatzes mit den Ausgaben für die Baukosten ermittelt.

b) Fall 2: Abhängigkeit durch Korrelationskoeffizienten darstellbar

Mitunter lässt sich für eine Korrelation allgemeiner Art zwischen zwei variablen Größen X und Y der Korrelationskoeffizient $\rho_{X,Y}$ angeben, für den $-1 \leq \rho_{X,Y} \leq 1$ gilt.¹ Bei Verwendung eines Berechnungsverfahrens nach den Grundsätzen der statistischen Simulation (z.B. Monte-Carlo-Methode) wird die durch Zufallszahlen erzeugte Zuordnung finiter Elemente der Größen X und Y so abgeändert, dass sich der gewünschte Korrelationskoeffizient ergibt.²

c) Fall 3: Abhängigkeit durch Zuordnung von Einzelereignissen darstellbar

Eine bekannte Zuordnung von Einzelereignissen ist Grundlage der bereits unter Punkt 3.4.3f angeführten Spezialfälle #1 und #2 von Korrelationen zwischen zwei variablen Größen X und Y .

Spezialfall # 1: „Wenn Größe X den kleinsten Wert annimmt, nimmt Größe Y ebenfalls den kleinsten Wert an. Wenn Größe X den größten Wert annimmt, nimmt Größe Y ebenfalls den größten Wert an.“

Spezialfall # 2: „Wenn Größe X den kleinsten Wert annimmt, nimmt Größe Y den größten Wert an. Wenn Größe X den größten Wert annimmt, nimmt Größe Y den kleinsten Wert an.“

Vorausgesetzt, dass die Größen vollständig charakterisiert, durch ihre Wahrscheinlichkeitsverteilungen gegeben und gemäß Darstellungsart D (vgl. Kap. 3.4.3) aufbereitet worden sind, kann nachstehender Algorithmus zur Berechnung der Ergebnisgröße angewendet werden.³

Die Wahrscheinlichkeitsverteilungen der variablen Größen X und Y werden in $n = n_x = n_y$ finite Elemente unterteilt, die allesamt den gleichen Beitrag zur Wahrscheinlichkeit aufweisen.

¹ siehe Anhang G.1.4.

² Vgl. Evans, 2002, S. 127ff Anm.: Beim Auftreten mehrerer variabler Größen, die untereinander korreliert sind, bilden die einzelnen Korrelationskoeffizienten eine (symmetrische) Korrelationsmatrix, die mithilfe der Cholesky-Faktorisierung zerlegt und in dieser Form zur Umrechnung der Zufallszahlen bzw. Zuordnung der finiten Elemente herangezogen wird.

³ Anm.: Die Darstellungsart D ist aus mathematischer Sicht nicht unbedingt für die Durchführung der Berechnungen erforderlich. Sie bietet sich jedoch zur Illustration des Algorithmus an.

$$\Delta p_X = \Delta p_Y = \frac{1}{n} = \frac{1}{n_X} = \frac{1}{n_Y} = \text{konstant} \quad (3.029)$$

Wie anhand nachstehender Abbildungen ersichtlich ist, wird jedem finiten Element von X eindeutig ein finites Element von Y zugeordnet, sodass nur n Kombinationen berechnet werden – je nach anzuwendender Rechenoperation (Addition, Multiplikation, ...). Die Ergebnisgröße besteht folglich ebenfalls aus n finiten Elementen, mit jeweils demselben Beitrag zur Wahrscheinlichkeit.

$$\Delta p_X = \Delta p_Y = \Delta p_{\text{ERG}} \quad (3.030)$$

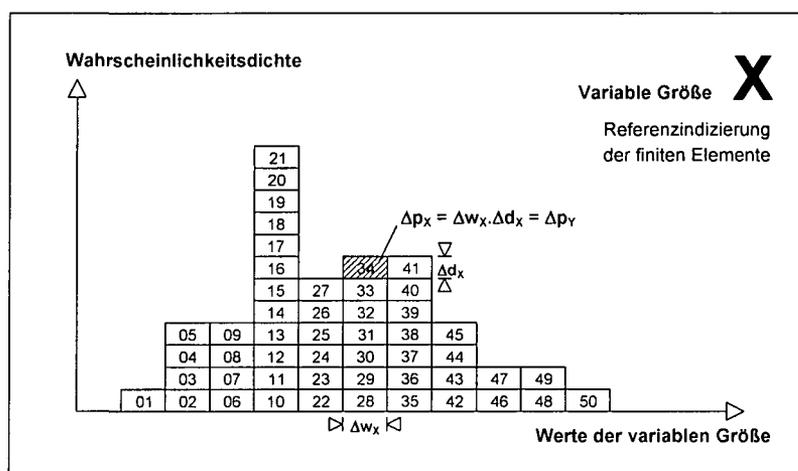


Abbildung 3-10 – Spezialfälle von Korrelationen, Referenzgröße X

Zieht man ohne Beschränkung der Allgemeinheit die variable Größe X als Referenzgröße heran, erfolgt die Zuordnung der finiten Elemente der Größe Y zu jenen von X bei Vorliegen des Spezialfalls #1 gemäß Abbildung 3-11, bei Vorliegen des Spezialfalls #2 gemäß Abbildung 3-12. Hierbei sind finite Elemente mit gleicher Nummerierung einander zugeordnet.

Wesentlich ist, dass bei den vorgestellten zwei Spezialfällen keine Aussage über den Korrelationskoeffizienten gemacht wird, der bei Bedarf anhand der getroffenen Zuordnungen ermittelt werden kann.¹

¹ siehe Anhang G.1.4. Anm.: Spezialfall #1 wird in der Regel eine deutlich positive Korrelation, Spezialfall #2 eine deutlich negative Korrelation ergeben.

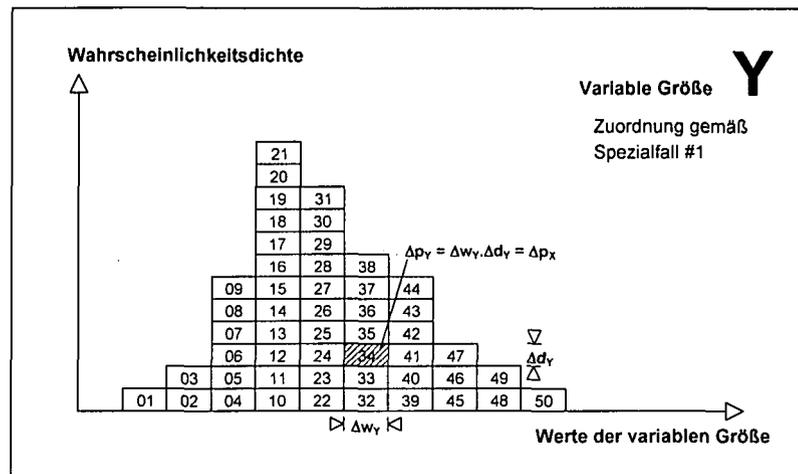


Abbildung 3-11 – Spezialfälle von Korrelationen, Größe Y (Spezialfall #1)

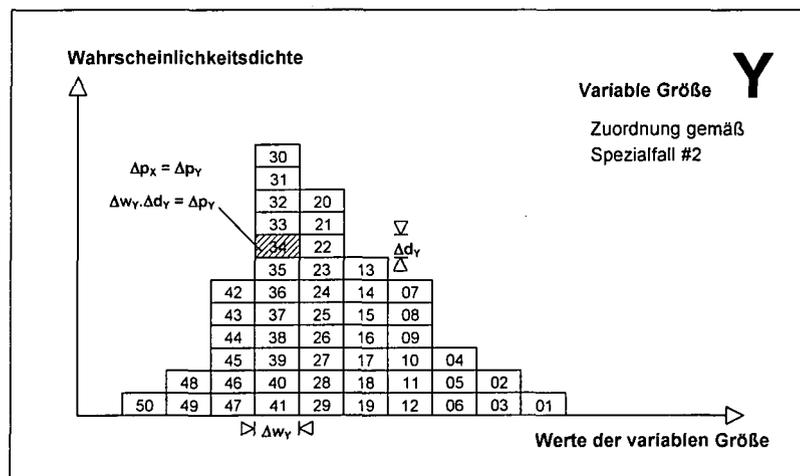


Abbildung 3-12 – Spezialfälle von Korrelationen, Größe Y (Spezialfall #2)

d) Fall 4: Abhängigkeit durch bedingte Wahrscheinlichkeiten darstellbar

In manchen Fällen lässt sich eine Aussage über die Wahrscheinlichkeitsverteilung einer variablen Größe nur treffen, wenn vorausgesetzt wird, dass eine andere variable Größe einen gewissen Wert annimmt.

Beispiel:

Die Ausgaben für ein Produkt ergeben sich durch Multiplikation der variablen Größen „Menge“ und „Ausgaben pro Mengeneinheit“. Die Wahrscheinlichkeitsverteilung für die Größe „Ausgaben pro Mengeneinheit“ kann aber nicht eindeutig angegeben werden, da nur folgende zwei Tatsachen bekannt sind:

- Wenn die „Menge“ den Wert M_A annimmt, dann bewegen sich die „Ausgaben pro Mengeneinheit“ im Bereich von K_{A1} bis K_{A2} .
- Wenn die „Menge“ hingegen den Wert M_B annimmt, dann bewegen sich die „Ausgaben pro Mengeneinheit“ im Bereich von K_{B1} bis K_{B2} .

Nähere Erläuterungen zur allgemeinen Berechnung des angeführten Beispiels sind dem Anhang zu entnehmen.¹

3.4.6. Kumulation von Rechenoperationen

Bei der Ermittlung von Lebenszyklusaufgaben tritt eine Vielzahl von variablen Größen auf, die durch eine Abfolge verschiedenster Rechenoperationen zu variablen Ergebnisgrößen verknüpft werden müssen. Neben der Genauigkeit der Zwischen- und Endergebnisse ist hierbei insbesondere der erforderliche Zeitbedarf zur Durchführung aller Berechnungen für den Anwender von Interesse.

a) Ermittlung des Zeitbedarfs am Beispiel der Addition von Ausgaben

Problemstellung:

Ausgangspunkt ist ein Lebenszyklusaufgabenkatalog, der aus

- 4 Lebenszyklusphasen,
- je 8 Ausgabenbereichen pro Lebenszyklusphase (insgesamt also 32),
- je 8 Grobelementen pro Ausgabenbereich (insgesamt also 256),
- je 8 Elementen pro Grobelement (insgesamt also 2.048),
- je 8 Teilelementen pro Element (insgesamt also 16.384) sowie
- je 4 Positionen pro Teilelement (insgesamt also 65.536)

besteht. Alle 65.536 Positionen dieses Lebenszyklusaufgabenkataloges werden in der Währungseinheit Euro in Form von Barwerten als variable Größen angegeben, die jeweils durch eine äquidistante Teilung in $n_{FE} = 100$ finite Elemente gemäß Darstellungsart C diskretisiert sind.² Gesucht ist die Summe aller Positionen.

Lösungsweg #1 – Direkte Berechnung:

Die direkte Lösung besteht darin, alle möglichen Kombinationen von finiten Elementen zu bilden. Die Anzahl der Kombinationen ist ein Maß für den Zeitbedarf bei der Berechnung und lässt sich im vorliegenden Beispiel gemäß Beziehung (3.031) ermitteln, die sich als Erweiterung von (3.024) ergibt.

¹ siehe Anhang G.2.2.

² siehe Kapitel 3.4.3b

$$\text{Zeitbedarf} \approx n_{\text{KOMB}} = n_{\text{FE}}^{n_{\text{VAR}}} \quad (3.031)$$

mit n_{VAR} ... Anzahl der variablen Größen (z.B.: 65.536)
 n_{FE} ... Anzahl der finiten Elemente einer variablen Größe (z.B.: 100)
 n_{KOMB} ... Anzahl der zu berechnenden Kombinationen

Die Anzahl der Kombinationen beträgt folglich $100^{65.536}$, d.h. $10^{131.072}$. Diese astronomische Größe verhindert jegliche praktische Durchführung der Berechnung! Auch bei deutlicher Adaption der Aufgabenstellung (z.B.: $n_{\text{VAR}} = 32$, $n_{\text{FE}} = 10$) verringert sich die Anzahl der Kombinationen nicht auf eine hinreichend praktikable Größe ($n_{\text{KOMB}} = 10^{32}$). Eine direkte Berechnung kann daher – abgesehen von einfachsten Aufgabenstellungen – nicht durchgeführt werden.

Lösungsweg #2 – Statistische Simulation:

Wie bereits unter Punkt 3.4.4 angeführt, steht bei Methoden der statistischen Simulation die Anzahl der Kombinationen in keinem direkten Zusammenhang mit der Anzahl der durchzuführenden Versuche. Die Versuchszahl hängt von der gewünschten Genauigkeit für die Ergebnisgröße sowie von den statistischen Eigenschaften der variablen Ausgangsgrößen ab und kann nur iterativ während des Berechnungsvorganges ermittelt werden. Abschätzformeln für die Anzahl der durchzuführenden Versuche sind in der einschlägigen Fachliteratur enthalten.¹

Als Maß für die erforderliche Rechenzeit einer statistischen Simulation wird die Anzahl der durchzuführenden Versuche herangezogen. Da diese jedoch vorweg nicht bekannt ist, lässt sich auch der Zeitbedarf nicht vor Beginn der wahrscheinlichkeitstheoretischen Berechnung eruieren.

$$\text{Zeitbedarf} \approx n_{\text{VERSUCHE}} \quad (3.032)$$

Lösungsweg #3 – Sukzessive Berechnung mit Komprimierung:

Bei der sukzessiven Berechnung werden jeweils zwei variable Größen durch eine Rechenoperation miteinander verknüpft. Im angeführten Zahlenbeispiel sind beim ersten Verknüpfungsschritt $n_{\text{FE}}^2 = 100^2$ Kombinationen zu berechnen. Die resultierende Ergebnisgröße besteht somit ebenfalls aus $n_{\text{FE,ERG}} = n_{\text{FE}}^2 = 100^2$ finiten Elementen. Vor der Durchführung weiterer Verknüpfungsschritte mit anderen variablen Größen wird die Ergebnisgröße durch Einführung einer äquidistanten Teilung in Darstellungsart C transformiert, sodass sich die Anzahl der finiten Elemente auf $n_{\text{FE,ERG}} = n_{\text{FE}} = 100$ reduziert. Die Ergebnisgröße wird dadurch „komprimiert“. Die weiteren Verknüpfungsschritte werden analog durchgeführt, sodass bei jedem einzelnen Schritt $n_{\text{FE}}^2 = 100^2$ Kombinationen zu berechnen sind.

¹ Vgl. Evans, 2002, S. 102f

Unabhängig davon, welche Größen zuerst miteinander kombiniert werden, ergibt sich die Anzahl der insgesamt zu berechnenden Kombinationen gemäß Beziehung (3.033).

$$\text{Zeitbedarf} \approx n_{\text{KOMB}} = n_{\text{FE}}^2 \cdot (n_{\text{VAR}} - 1) \quad (3.033)$$

mit n_{VAR} ... Anzahl der variablen Größen (z.B.: 65.536)

$n_{\text{VAR}} - 1$... Anzahl der Verknüpfungsschritte (z.B.: 65.535)

n_{FE} ... Anzahl der finiten Elemente einer variablen Größe (z.B.: 100)

n_{FE}^2 ... Anzahl der Kombinationen pro Verknüpfungsschritt (z.B.: 100^2)

n_{KOMB} ... Anzahl der insgesamt zu berechnenden Kombinationen

Ausdruck (3.033) unterscheidet sich von (3.031) insbesondere dahingehend, dass die Anzahl der insgesamt zu berechnenden Kombinationen und damit der Zeitbedarf nur mehr linear und nicht mehr exponentiell von der Anzahl der beteiligten variablen Größen abhängt. Darüber hinaus kann im Gegensatz zu Beziehung (3.032) vorweg eine klare Aussage über den Zeitbedarf der Berechnung angegeben werden, der durch Wahl von n_{FE} in nachvollziehbarer Art und Weise beeinflusst werden kann.

Im angeführten Beispiel ergibt sich die Anzahl der insgesamt zu berechnenden Kombinationen zu $n_{\text{KOMB}} = 655.350.000 = \text{rd. } 6,6 \cdot 10^8$, was mithilfe der heutzutage zur Verfügung stehenden Computersysteme bewältigt werden kann. Aus Testberechnungen mit dem Referenzcomputersystem¹ wurden nachstehende empirische Formeln für den Zeitbedarf abgeleitet.²

$$\text{Zeitbedarf in Sekunden} = n_{\text{FE}}^2 \cdot (n_{\text{VAR}} - 1) \cdot 3,6 \cdot 10^{-5} \quad (3.034)$$

$$\text{Zeitbedarf in Minuten} = n_{\text{FE}}^2 \cdot (n_{\text{VAR}} - 1) \cdot 6 \cdot 10^{-7} \quad (3.035)$$

$$\text{Zeitbedarf in Stunden} = n_{\text{FE}}^2 \cdot (n_{\text{VAR}} - 1) \cdot 10^{-8} \quad (3.036)$$

Der Zeitbedarf beträgt somit für das gegebene Zahlenbeispiel rd. 6,6 Stunden. Aufgrund der Entwicklungen auf dem Gebiet der EDV-Technik kann der nach den obigen Formeln ermittelte Zeitbedarf von moderneren Geräten als dem verwendeten Referenzsystem bereits deutlich – d.h. um mehr als die Hälfte – verringert werden.

Der im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Lösungsweg #3 wird in weiterer Folge als Standardberechnungsverfahren zur Durchführung von Rechenoperationen mit variablen Größen herangezogen. Hierbei werden alle variablen Größen diskretisiert in Darstellungsart C dargestellt, wobei in Standardfällen $n_{\text{FE}} = 100$ gesetzt wird. Die variablen Größen werden immer paarweise kom-

¹ Referenzsystem: Notebook Acer TravelMate 529ATXV mit Intel Pentium III – CPU (900 MHz), Betriebssystem: Windows 2000, Programmcode geschrieben in Borland Delphi 6.0 Personal.

² siehe Anhang G.3.3

biniert (Standardfall: $100^2 = 10.000$ Kombinationen). Die jeweiligen Ergebnisgrößen werden so komprimiert, dass sie aus ebenso vielen finiten Elementen bestehen wie die Ausgangsgrößen (Standardfall: $n_{FE} = 100$).

b) Genauigkeit des Berechnungsverfahrens

Bei der Beurteilung der Genauigkeit des als Lösungsweg #3 vorgestellten Berechnungsverfahrens sind drei wesentliche Aspekte zu beachten – und zwar die Genauigkeit der Darstellung einer variablen Größe an sich, die Genauigkeit der Überlagerung mehrerer variabler Größen und der Einfluss der Komprimierung variabler Größen.

Genauigkeit der Darstellung einer variablen Größe

Unter der Annahme, dass die „tatsächliche“ Wahrscheinlichkeitsverteilung einer variablen Größe bekannt ist, gilt, dass diese variable Größe umso genauer dargestellt werden kann, je feiner die äquidistante Teilung gewählt wird, d.h. je geringer die Klassenbreite Δw bzw. je größer die Anzahl der finiten Elemente n_{FE} ist.

Zur Beurteilung der Genauigkeit werden statistische Kenngrößen der „tatsächlichen“ variablen Größe mit jenen der „diskretisierten“ Größe verglichen. Sofern n_{FE} groß genug gewählt wird, um die grundsätzliche Form der tatsächlichen Wahrscheinlichkeitsverteilung abbilden zu können, nähern sich die statistischen Kennwerte der diskretisierten Größe mit steigender Anzahl der finiten Elemente asymptotisch den Kenngrößen der tatsächlichen Größe an. Nähere Details sind dem Anhang G.3.4a zu entnehmen.

Genauigkeit der Überlagerung mehrerer variabler Größen

Die „Überlagerung“ von mehreren variablen Größen mithilfe verschiedenster Rechenoperationen lässt sich durch eine Abfolge von Überlagerungsschritten darstellen, an denen jeweils zwei variable Größen beteiligt sind. Entscheidend für die Genauigkeit der Ergebnisse sind hierbei neben den Besonderheiten der konkreten EDV-technischen Umsetzung¹ insbesondere

- die Wahl der Anzahl der finiten Elemente der beteiligten variablen Größen (n_{FE}) sowie
- die Wahl der Abfolge der durchzuführenden Überlagerungsschritte.

¹ Vgl. Anzahl der signifikanten Stellen, Rundungsungenauigkeiten, numerische Schwierigkeiten in der Nähe von Singularitäten usw.

Wahl von n_{FE} (d.h. der Anzahl der finiten Elemente einer variablen Größe):

Je größer n_{FE} gewählt wird, umso genauer kann die einzelne variable Größe dargestellt werden und umso geringer ist die Verfälschung des Ergebnisses bei einem Überlagerungsschritt. Mit Zunahme der Anzahl der Überlagerungsschritte kommt es in Abhängigkeit von der durchzuführenden Rechenoperation (Addition, Multiplikation usw.) und den konkreten Eigenschaften der beteiligten variablen Größen (Art der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion usw.) in der Regel zu einer immer stärkeren Fortpflanzung von Fehlern.

Die Anzahl der finiten Elemente einer variablen Größe ist daher umso höher zu wählen, je mehr Überlagerungsschritte mit einer hinreichenden Genauigkeit durchgeführt werden sollen.

Wahl der Abfolge der Überlagerungsschritte:

Bei der Abfolge der Überlagerungsschritte können zwei grundsätzlich unterschiedliche Vorgangsweisen zum Einsatz kommen: die serielle Überlagerung und/oder die gruppenweise Überlagerung (siehe S. 96, Abb. 3-13)

Bei der seriellen Überlagerung werden zunächst zwei variable Größen überlagert. Die daraus resultierende Größe wird mit der nächsten variablen Größe überlagert, die daraus resultierende Größe wieder mit der nächsten variablen Größe usw. Die ersten beiden beteiligten variablen Größen sind somit an „ $n_{VAR}-1$ “ Überlagerungsschritten beteiligt, wobei n_{VAR} die Anzahl der insgesamt zu überlagernden variablen Größen bezeichnet.

Bei der gruppenweisen Überlagerung werden zunächst Zweiergruppen von variablen Größen gebildet und die beiden variablen Größen pro Gruppe jeweils überlagert. Aus den daraus resultierenden Ergebnisgrößen werden wieder Zweiergruppen gebildet und die Überlagerungen durchgeführt usw. In ihrer reinen Form ist diese Überlagerungsart nur dann anwendbar, wenn die Anzahl der insgesamt zu überlagernden variablen Größen $n_{VAR} = 2^m$ beträgt, wobei m eine natürliche Zahl ist.

Aus den beschriebenen Eigenschaften der seriellen und gruppenweisen Überlagerung lässt sich eine Beziehung zur Eingrenzung der maximalen Anzahl der Überlagerungsschritte ($n_{MÜS}$), an denen eine variable Größe beteiligt ist, ableiten:

- $n_{MÜS, \text{seriell}}$ bezeichnet die maximale Anzahl der Überlagerungsschritte, an denen eine variable Größe bei Anwendung der seriellen Überlagerung beteiligt ist. Da bei dieser Überlagerungsart eine Größe maximal an allen Überlagerungsschritten beteiligt sein kann und sich die Anzahl der insgesamt durchzuführenden Überlagerungsschritte gemäß (3.033) zu $n_{VAR}-1$ ergibt, folgt:

$$n_{MÜS, \text{seriell}} = n_{VAR} - 1$$

- $n_{\text{MÜS, gruppenweise}}$ stellt die Anzahl der Überlagerungsschritte dar, an denen jede variable Größe bei Anwendung der gruppenweisen Überlagerung mindestens beteiligt ist. Für die reine Form der gruppenweisen Überlagerung ist es erforderlich, dass bei allen Überlagerungsschritten stets Zweiergruppen variabler Größen gebildet werden können. Daraus folgt, dass die Anzahl der variablen Größen $n_{\text{VAR}} = 2^{n_{\text{MÜS, gruppenweise}}}$ betragen muss und weiters:

$$n_{\text{MÜS, gruppenweise}} = \frac{\ln(n_{\text{VAR}})}{\ln 2}$$

- Zusammengefasst ergibt sich daraus Beziehung (3.037):

$$(n_{\text{MÜS, gruppenweise}} =) \frac{\ln(n_{\text{VAR}})}{\ln 2} \leq n_{\text{MÜS}} \leq n_{\text{VAR}} - 1 \quad (= n_{\text{MÜS, seriell}}) \quad (3.037)$$

mit $n_{\text{VAR}} \dots$ Anzahl der variablen Größen, die zu überlagern sind

$n_{\text{MÜS}} \dots$ maximale Anzahl der Überlagerungsschritte, an denen eine variable Größe beteiligt sein kann

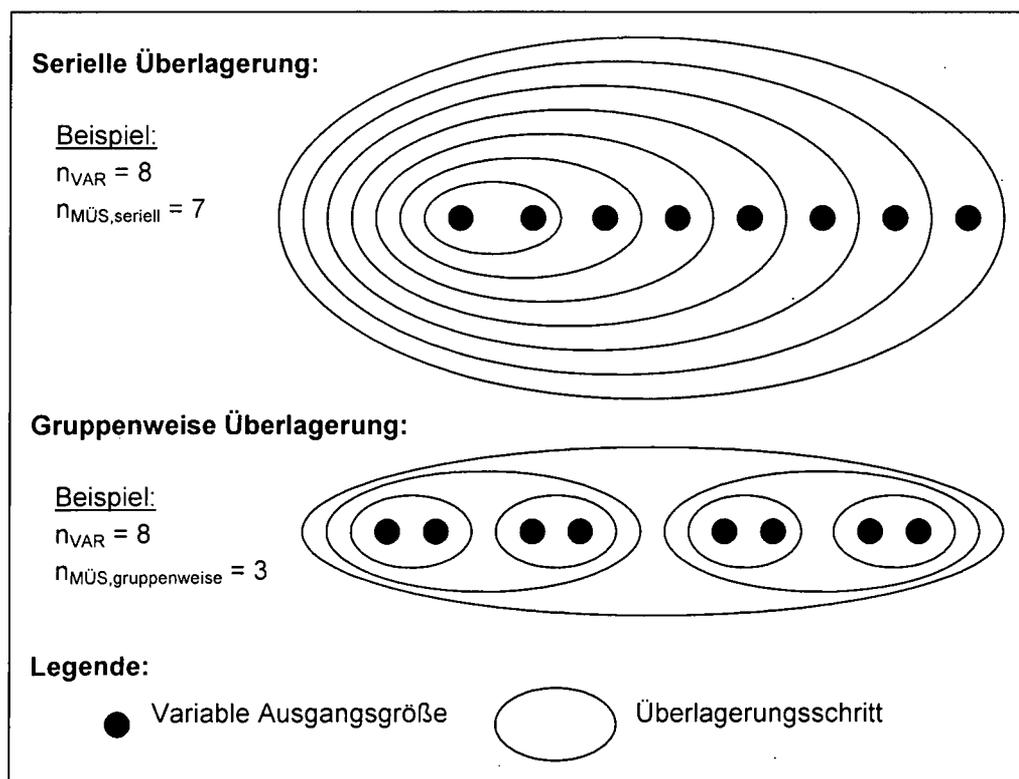


Abbildung 3-13 – Serielle und gruppenweise Überlagerung variabler Größen

Je größer die maximale Anzahl der Überlagerungsschritte ($n_{\text{MÜS}}$) ist, an denen eine variable Größe beteiligt ist, umso stärker pflanzen sich Fehler fort, weil der Überlagerungsprozess „nur“ numerisch erfolgt und daher „nur“ eine Näherung darstellt. Da-

her muss $n_{\text{MÜS}}$ durch Anwendung der gruppenweisen Überlagerung möglichst gering gehalten werden.¹ Nähere Details zur Genauigkeit der Überlagerung mehrerer variabler Größen sind dem Anhang G.3.4b zu entnehmen.

Einfluss der Komprimierung variabler Größen auf die Berechnung

Die Komprimierung variabler Größen nimmt im Rahmen des Rechenmodells eine zentrale Schlüsselfunktion ein, indem sie den Verbrauch der Ressourcen „Zeit“ und „Speicherplatz“ optimiert. Ohne Komprimierung stößt man selbst bei einer geringen Anzahl finiter Elemente pro variabler Größe (z.B. $n_{\text{FE}} = 10$) und einer geringen Anzahl zu überlagernder Größen (z.B. $n_{\text{VAR}} = 10$) an die Grenzen heutzutage zur Verfügung stehender Rechensysteme. Im angeführten Beispiel ergibt sich eine Ergebnisgröße, die aus 10^{10} finiten Elementen besteht, die wiederum jeweils 24 Byte² Speicherplatz erfordern. Der benötigte Speicherplatz für diese Ergebnisgröße beträgt daher rd. 223,5 GB.

Ein weiteres Argument für die Durchführung der Komprimierung erhält man bei einer Analyse des Lösungsweges #1 gemäß Punkt 3.4.6a. Je mehr variable Größen ohne Komprimierung miteinander verknüpft werden, umso mehr treten „weite“ Wertebereiche („große Differenz zwischen w_{r_i} und w_{l_i} “) bei den einzelnen finiten Elementen auf und umso geringer sind die jeweils zugehörigen Beiträge zur Wahrscheinlichkeit. Dadurch treten numerische Schwierigkeiten auf, die durch die Komprimierung vermieden werden.

Beim Komprimierungsvorgang wird eine äquidistante Teilung zwischen dem Minimal- und dem Maximalwert der variablen Größe (w_{min} und w_{max}) eingeführt. Damit mit der äquidistanten Teilung insbesondere jene Bereiche der Wahrscheinlichkeitsverteilung „fein genug“ abgebildet werden können, die eine hohe Wahrscheinlichkeitsdichte aufweisen, muss die Differenz zwischen dem Minimal- und dem Maximalwert möglichst gering gehalten werden, ohne die variable Größe zu sehr zu verfälschen.

Deshalb werden w_{min} und w_{max} bei der Komprimierung so festgelegt, dass außerhalb des durch diese beiden Werte gekennzeichneten Bereiches nur finite Elemente liegen, die als „praktisch unmöglich“ einzustufen sind. In Anbetracht der numeri-

¹ Anm.: Der hierarchische Aufbau des im Kapitel 3.2.2 vorgestellten Lebenszyklusausgabenkataloges sowie die systematische Belegung des Kataloges mit Ausgaben gemäß Kapitel 3.3.1. unterstützen die Durchführung einer gruppenweisen Überlagerung von Ausgabenelementen.

² Anm.: 1 finites Element besteht aus 3 Werten (w_l , w_r , p) im Zahlenformat „double“, die jeweils 8 Byte Speicherplatz benötigen, insgesamt also 24 Byte. (vgl. Anhang G.3.2)

schen Genauigkeit des Rechenmodells werden jene finiten Elemente als „praktisch unmöglich“ bezeichnet, deren Beitrag zur Wahrscheinlichkeit geringer ist als 10^{-9} , d.h. $p_i < 0,000.000.001$.¹

Durch die Komprimierung von variablen Größen kommt es zu einem Verlust an Informationen. Dieser Nachteil wird jedoch durch die bereits erläuterten Vorteile

- Speicherplatzersparnis,
- Zeitersparnis,
- Vermeidung numerischer Schwierigkeiten infolge finiter Elemente mit weiten Wertebereichen und geringem Beitrag zu Wahrscheinlichkeit sowie
- Ignorieren von ohnehin „praktisch unmöglichen“ finiten Elementen an den Rändern der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion

mehr als ausgeglichen. Dies kann anhand der im Anhang G.3.4 dargestellten Beispiele nachvollzogen werden, die allesamt mithilfe der Komprimierung – bei entsprechend genauer Wahl der Diskretisierung – hinreichend genau berechnet worden sind.

3.4.7. Anmerkung zum Einsatz der vorgestellten Algorithmen zur Durchführung wahrscheinlichkeitstheoretischer Berechnungen

Die im Rahmen dieser Arbeit vorgestellten Algorithmen zur Durchführung wahrscheinlichkeitstheoretischer Berechnungen sind nicht auf den Themenkomplex der Lebenszyklusbetrachtung von Hochbau-Immobilien beschränkt, sondern universell einsetzbar. Im Gegensatz zu Methoden der statistischen Simulation (z.B. Monte-Carlo-Methode) kann vorweg eine klare Aussage über den Zeitbedarf der Berechnungen getroffen werden, der – aufgrund der implementierten Komprimierungsschritte – lediglich linear mit der Anzahl der beteiligten variablen Größen steigt.

Durch die Komprimierung gehen im Wesentlichen nur jene Informationen verloren, die es erlauben würden, Rückschlüsse darüber zu ziehen, „welche Kombinationen welcher Werte von welchen Größen zu welchem Ergebnis beitragen“. Unter Berücksichtigung der Aufgabenstellung wurde auf eine Erhaltung derartiger Informationen zugunsten eines leistungsfähigen Berechnungsverfahrens verzichtet, das eine hohe Anzahl variabler Größen (z.B. 10.000) bei hoher Diskretisierungsgenauigkeit (z.B. 100 finite Elemente pro variabler Größe) bei akzeptablem Zeitaufwand (z.B. 1 Stunde) mithilfe gängiger EDV-Systeme verarbeiten kann.

¹ siehe Anhang G.3.2d

3.5. Technische Modellkomponente

Die technische Modellkomponente verknüpft die bereits vorgestellten Komponenten des Rechenmodells und macht sie für die Ermittlung von Lebenszyklusaussgaben von Immobilien praktisch anwendbar. Ausgehend von zwei grundlegenden Berechnungsschemata werden in diesem Kapitel insbesondere jene Vorberechnungsschritte näher erläutert, die vor der Belegung des Lebenszyklusaussgabenkataloges (LZAK) unter besonderer Berücksichtigung der wahrscheinlichkeitstheoretischen Modellkomponente unbedingt erforderlich sind, um Ausgabenelemente (i.w.S.) charakterisieren zu können.

3.5.1. Berechnungsschemata

a) Einfache Lebenszyklusaussgabenermittlung

Ablaufschema der Berechnung

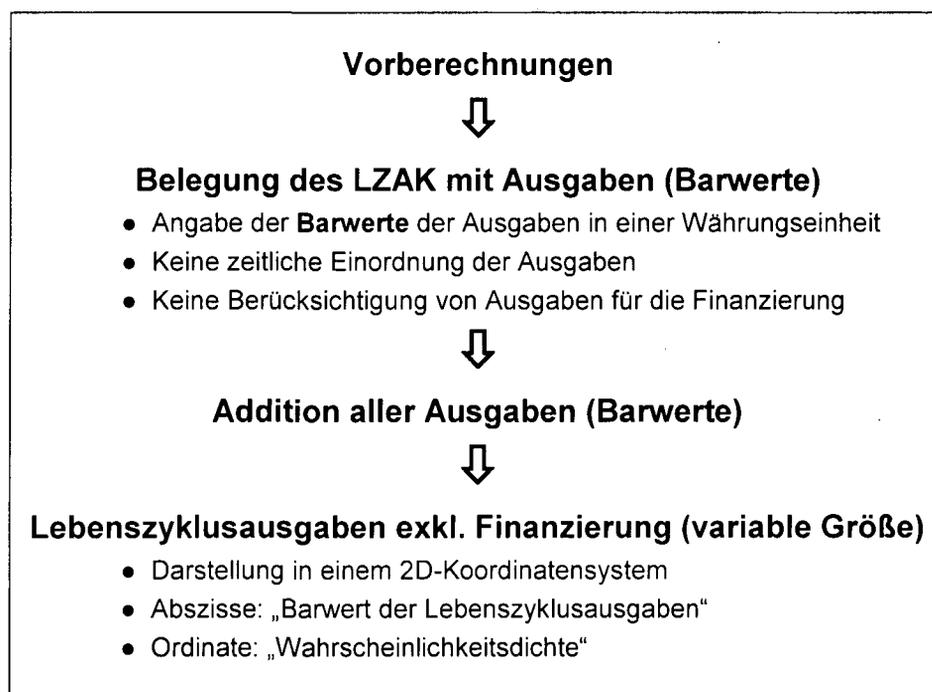


Abbildung 3-14 – Ablaufschema: Einfache Lebenszyklusaussgabenermittlung

Der Ablauf der „einfachen Lebenszyklusaussgabenermittlung“ gliedert sich in die Schritte „Vorberechnungen“, „Belegung des Lebenszyklusaussgabenkataloges“, „Addition“ und „Darstellung des Ergebnisses“.

Dem Anwender steht es frei, bereits im Zuge der Vorberechnungsschritte variable Größen je nach Informationsstand und Projektspezifika einfließen zu lassen. Insbe-

sondere kann in diesem Zusammenhang der Zeitpunkt des Eintretens von Ausgaben variabel dargestellt werden, da bei der „einfachen Lebenszyklusausgabenermittlung“ keine zeitliche Einordnung der Ausgaben bei der Belegung des Lebenszyklusausgabenkataloges (LZAK) gefordert wird und bereits „Barwerte“ anzugeben sind.

Die Ausgabenelemente (i.w.S.) werden im Allgemeinen durch variable Größen dargestellt, wenngleich auch deterministische Werte angegeben werden können. Die Parameter der Berechnung müssen hingegen im Sinne von „Systemparametern“ unbedingt in deterministischer Art und Weise festgelegt werden, um die Aussagekraft der Berechnung nicht einzuschränken.

Tabelle 3-11 – Deterministische Parameter der einfachen Lebenszyklusausgabenermittlung

Abkürzung	Parameter	Referenzkapitel
p	Habenzinssatz	3.3.2
T	Bezugszeitpunkt	3.3.3
i_{\max}	Zeitpunkt bis zu dem Ausgaben maximal betrachtet werden	3.3.4.

Aussagekraft des Ergebnisses

Das Ergebnis der „einfachen Lebenszyklusausgabenermittlung“ gibt Auskunft darüber, wie viel Kapital zum Bezugszeitpunkt **T** vorhanden sein müsste, um die Lebenszyklusausgaben des Immobilienprojekts (exklusive Finanzierungsausgaben) innerhalb des betrachteten Zeitraumes (vom Zeitpunkt 0 bis i_{\max}) finanzieren zu können. Dabei wird angenommen, dass zwischenzeitig nicht benötigtes Kapital mit einer nominellen Nettorendite verzinst wird, die dem Habenzinssatz **p** entspricht.

Da das Ergebnis eine variable Größe darstellt, ergibt sich die Höhe des benötigten Kapitals nicht als „eindeutiger Wert“. Stattdessen wird anhand der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion das kumulierte Ausmaß der Ungewissheit deutlich, die bei der Ermittlung des Ergebnisses involviert war.

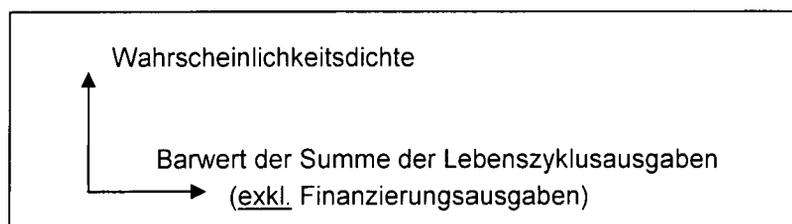


Abbildung 3-15 – Visualisierung der Summe der Lebenszyklusausgaben

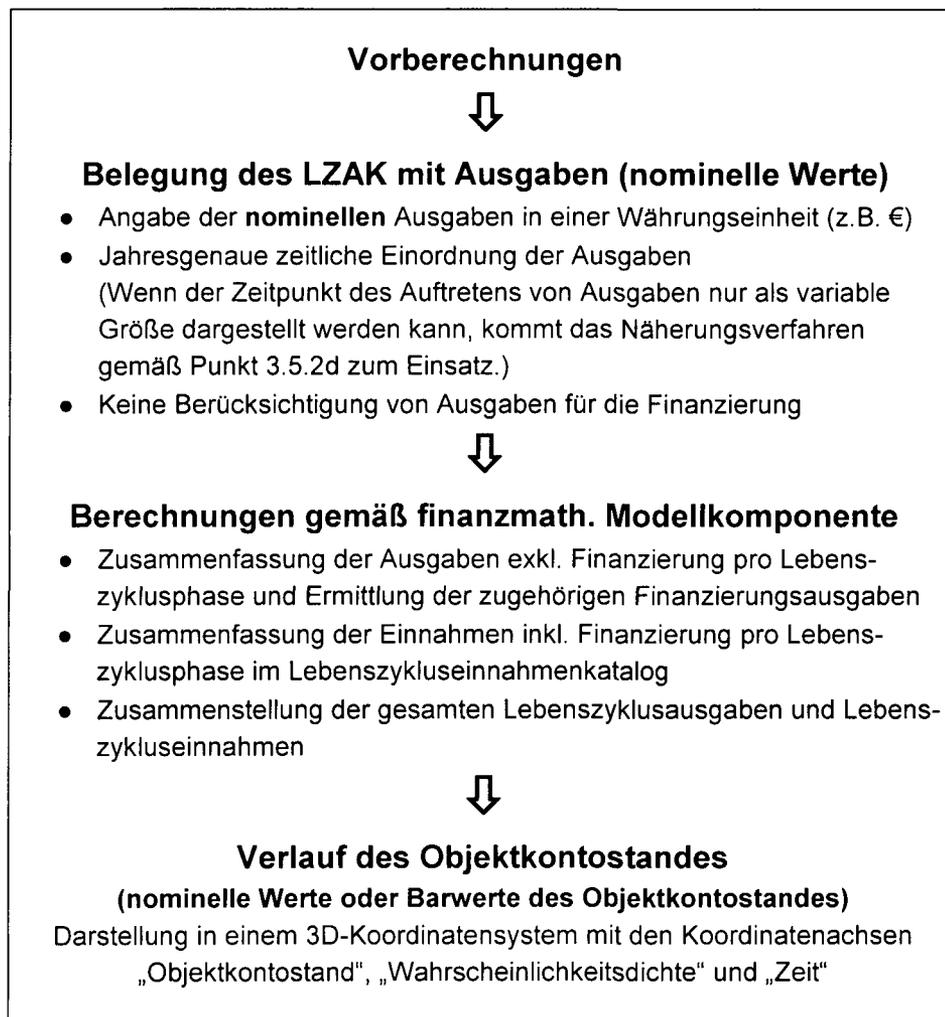
b) Ermittlung des Verlaufs des Objektkontostandes*Ablaufschema der Berechnung*

Abbildung 3-16 – Ablaufschema: Ermittlung des Verlaufs des Objektkontostandes

Die nominellen, in den LZAK einzutragenden Ausgaben können als variable Größen in die Berechnung eingehen. Die Zeitpunkte des Eintretens von Ausgaben können ebenfalls durch variable Größen dargestellt werden, müssen jedoch – um die Komplexität der Berechnung nicht gravierend zu erhöhen – mithilfe einer Näherung berücksichtigt werden, auf die unter Punkt 3.5.2d noch näher eingegangen wird.

Die deterministisch festzulegenden Berechnungsparameter sind der folgenden Tabelle zu entnehmen. Gewisse unter dem Punkt „Parameter pro Darlehen“ genannte Größen können – in Erweiterung des vorgestellten Berechnungsschemas – auch als variable Größen dargestellt werden. Die in diesem Fall mitunter auftretenden Abhängigkeitsverhältnisse zwischen variablen Größen sind gesondert zu untersuchen.

Tabelle 3-12 – Parameter zur Ermittlung des Verlaufs des Objektkontostandes

Abkürzung	Parameter	Referenzkapitel
<i>Allgemeine Parameter</i>		
p	Habenzinssatz	3.3.2
T	Bezugszeitpunkt	3.3.3
<i>Parameter pro Darlehen</i>		
D	Nomineller Wert des Darlehens	3.3.5.
DA	Disagio des Darlehens	3.3.5.
s	Sollzinssatz des Darlehens	3.3.5.
n_{Tilg}	Tilgungsdauer des Darlehens	3.3.5.
i_D	Zeitpunkt zu dem der Darlehensbetrag dem Objektkonto gutgeschrieben wird	3.3.5.

Aussagekraft des Ergebnisses

Das Ergebnis gibt Auskunft über den Verlauf des Objektkontostandes der Immobilie, deren Lebenszyklus betrachtet wird. Dieser Verlauf wird in einem dreidimensionalen Raum dargestellt, der von den Koordinatenachsen „Zeit“, „Objektkontostand“ und „Wahrscheinlichkeitsdichte“ aufgespannt wird. Die Berechnungsergebnisse werden zur besseren Darstellung zweckmäßigerweise in die von den Achsen „Zeit“ und „Objektkontostand“ aufgespannte Ebene projiziert, wobei Kurven gleicher Wahrscheinlichkeiten hervorgehoben werden.¹

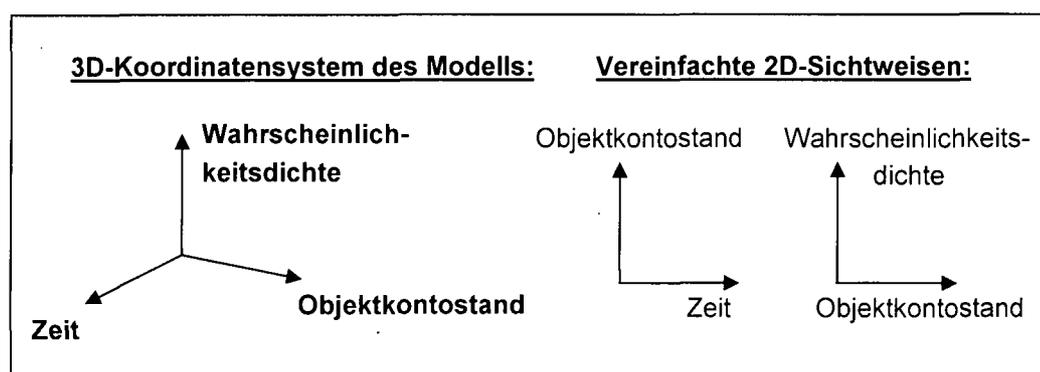


Abbildung 3-17 – Visualisierung der Ergebnisse des Rechenmodells

Da der Verlauf des Objektkontostandes so ermittelt wird, dass pro Zeiteinheit (pro Jahr) die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion des Objektkontostandes angegeben wird, besteht kein direkter Zusammenhang zwischen den Koordinatenachsen „Zeit“ und „Wahrscheinlichkeitsdichte“. Daher stellt das Ergebnis im mathematischen Sin-

¹ z.B.: „99%-Kurve“: Diese Kurve gibt an, welche Höhe des Objektkontostandes zu einem gewissen Zeitpunkt mit einer Wahrscheinlichkeit von 99% unterschritten wird.

ne streng genommen keine dreidimensionale Oberfläche dar und darf somit auch nicht in die aus den Koordinatenachsen „Zeit“ und „Wahrscheinlichkeitsdichte“ aufgespannte Ebene projiziert werden.

Anhand des Verlaufs des fiktiven Objektkontostandes wird sichtbar, ab welchem Zeitpunkt (variabel!) und in welchem Umfang (variabel!) die im Rahmen der finanzmathematischen Modellkomponente (deterministisch) gewählte Finanzierung nicht mehr ausreicht, um die innerhalb des Lebenszyklus der Immobilie entstehenden Ausgaben weiter abdecken zu können. Daraus lassen sich Forderungen ableiten, wann und in welcher Höhe Kapital (z.B. durch Mieteinnahmen) bereitgestellt werden muss.

3.5.2. Vorberechnungsschritte

a) Beschaffung von Informationen

Der erste Vorberechnungsschritt besteht in der Beschaffung von Informationen über Ausgabenelemente (i.w.S.), damit in weiterer Folge der Lebenszyklusausgabenkatalog (LZAK) mit Ausgaben belegt werden kann. Auf die Schwierigkeiten und Besonderheiten der Informationsbeschaffung sowie mögliche Informationsquellen wurde bereits im Kapitel 2.4.3 näher eingegangen.

Für den Einsatz des Rechenmodells, das dadurch gekennzeichnet ist, dass die vorhandenen Informationen einschließlich ihrer Ungewissheiten transparent dargestellt und weiterverarbeitet werden, ist nur ein minimaler Umfang von Informationen erforderlich:

- Informationen zur Festlegung der deterministischen Systemparameter ...
... in Abhängigkeit vom durchzuführenden Berechnungsschema
- Informationen über Ausgaben ...
... sodass – von Ausnahmen abgesehen – zumindest die 2. Gliederungsebene („Ausgabenbereiche“) des LZAK mit Ausgaben belegt werden kann. Liegen weniger Informationen über die Ausgaben vor, bleibt das Rechenmodell aus mathematischer Sicht zwar weiterhin anwendbar, verliert jedoch deutlich an Aussagekraft.

Die Belegung erfolgt nach dem in Kapitel 3.3.1. vorgestellten Prinzip, wonach lokale Verfeinerungen des LZAK zulässig sind und keine einheitlich unterste, mit Ausgaben zu belegende Gliederungsebene erforderlich ist. Sämtliche Ausgaben können als variable Größen angegeben werden. Die Festlegung auf deterministische Werte ist nicht erforderlich.

b) Charakterisierung der Ungewissheit in Bezug auf eine Größe

Die Ungewissheit in Bezug auf eine Größe wird durch die Angabe des Verlaufs der Wahrscheinlichkeitsdichte charakterisiert.¹

- Falls empirische Daten über eine Größe vorhanden sind, ...
... können statistische Untersuchungen durchgeführt werden, aus denen Wahrscheinlichkeitsverteilungen unter Berücksichtigung der frequentistischen Wahrscheinlichkeitsinterpretation abgeleitet werden. Dieser Fall stellt den Anwender in der Regel vor keine grundlegenden Probleme und wird daher in weiterer Folge nicht näher behandelt.
- Falls keine oder zuwenig empirische Daten vorhanden sind, ...
... muss die Wahrscheinlichkeitsverteilung anhand der wenigen vorhandenen Informationen unter Berücksichtigung der subjektiven Wahrscheinlichkeitsinterpretation kreiert werden. Dieser Fall ist bei der Ermittlung von Lebenszyklusaussagen von Immobilien vorherrschend.

Trotz subjektiver Interpretation der Wahrscheinlichkeit darf der Anwender die Wahrscheinlichkeitsverteilungen nicht nach „freiem Ermessen“ angeben, sondern muss sich insbesondere an folgende Vereinbarungen halten:²

- Die Verarbeitung von Informationen hat in unvoreingenommener und objektiv nachvollziehbarer Art und Weise zu erfolgen.
- Die Wahl der Wahrscheinlichkeitsverteilungen und anderer Parameter muss begründet werden können.
- Der Anwender muss sicherstellen, dass seine Angaben kohärent sind, d.h. nicht im Widerspruch zueinander stehen.

Direkte Angabe der Wahrscheinlichkeitsverteilung

Ausgehend von einem deterministischen Modell, bei dem der Anwender „gezwungen“ ist, einen Wert anzugeben, stellt es nach Ansicht des Verfassers keine allzu große Schwierigkeit dar, in einem wahrscheinlichkeitstheoretischen Modell zwei Werte (d.h. w_{\min} und w_{\max}) nennen zu dürfen, die jene Bandbreite beschreiben, innerhalb derer der Wert der Größe X nach aktuellem Informationsstand liegt bzw. erwartet wird. Die Bandbreite muss so groß gewählt werden, dass die (subjektive) Wahrscheinlichkeit, dass der Wert der Größe innerhalb der Bandbreite liegt, 1,0 ist („vollständige Charakterisierung“).

Obwohl im Einzelfall auf eine vollständige Charakterisierung verzichtet werden kann, muss stets beachtet werden, dass ohne Sicherstellung dieser wesentlichen Ei-

¹ Vgl. Evans, 2002, S. 101ff

² siehe auch Anhang G.4

genschaft einer Wahrscheinlichkeitsverteilung die Aussagekraft des Rechenmodells stark beeinträchtigt wird.¹

Wesentlich ist in diesem Zusammenhang, dass der Begriff der Wahrscheinlichkeit subjektiv interpretiert wird und die Angaben zur Wahrscheinlichkeit dem aktuellen Informationsstand entsprechen. Der Anwender darf nicht den Versuch unternehmen, eine „objektiv vorhandene Wahrscheinlichkeitsverteilung“ zu erraten, die nach De Finetti gar nicht existiert.²

Sind abgesehen von w_{\min} und w_{\max} keinerlei weitere Informationen über die variable Größe vorhanden, besitzen alle Werte innerhalb der Bandbreite die gleiche (subjektive) Wahrscheinlichkeit. In diesem Fall ist daher die Wahrscheinlichkeitsdichte konstant und es ergibt sich eine gleichmäßige, rechteckförmige Verteilung.³

Wenn die zusätzliche Information vorliegt, dass ein Wert (d.h. w_{mid}) wahrscheinlicher ist als alle anderen Werte innerhalb der angegebenen Bandbreite, kann eine abschnittsweise lineare, dreieckförmige Verteilung, deren „Spitze“ bei w_{mid} liegt, zur Beschreibung der variablen Größe herangezogen werden.⁴

Lässt sich anhand der zur Verfügung stehenden Informationen zusätzlich der Erwartungswert der variablen Größe (d.h. $E(\mathbf{X})$) angeben, kann die variable Größe durch eine Beta-Verteilung charakterisiert werden, deren Formparameter (d.h. α und β) wie folgt zu berechnen sind.⁵

$$\alpha = \frac{(E(\mathbf{X}) - w_{\min}) \cdot (2 \cdot w_{\text{mid}} - w_{\min} - w_{\max})}{(w_{\text{mid}} - E(\mathbf{X})) \cdot (w_{\max} - w_{\min})} \quad (3.038)$$

$$\beta = \frac{(w_{\max} - E(\mathbf{X})) \cdot \alpha}{(E(\mathbf{X}) - w_{\min})} \quad (3.039)$$

(Anm.: Die angeführten Gleichungen können nur bei Gültigkeit der Bedingungen $w_{\text{mid}} \neq E(\mathbf{X})$ und $w_{\min} < E(\mathbf{X}) < w_{\max}$ angewendet werden. Wenn $w_{\text{mid}} = E(\mathbf{X})$ ist, können α und β anhand der gewünschten Kurtosis festgelegt werden.⁶)

In Abhängigkeit vom tatsächlichen Informationsstand über eine Größe können eine Reihe weiterer Verteilungsformen zur Anwendung kommen, die jedoch ein gewisses

¹ siehe Anhang G.1.1

² Vgl. De Finetti, 1981, S. X (Vorwort)

³ siehe Anhang G.5.1

⁴ siehe Anhang G.5.2

⁵ Vgl. Evans, 2002, S. 102; siehe Anhang G.5.3

⁶ siehe Anhang G.5.3

Maß an empirischen Untersuchungen voraussetzen. Details zur mathematischen Beschreibung dieser Verteilungen sind der Fachliteratur zu entnehmen.¹

Tabelle 3-13 – Beispiele weiterer Wahrscheinlichkeitsverteilungen

Bezeichnung	Skizze
Normalverteilung	 Normal
Lognormalverteilung	 Lognormal
Exponentialverteilung	 Exponential
Gamma-Verteilung	 Gamma
Weibull-Verteilung	 Weibull
Allgemeine Verteilung	beliebige Form

Indirekte Angabe von Wahrscheinlichkeitsverteilungen

Auf indirektem Wege lässt sich die Wahrscheinlichkeitsverteilung einer variablen Größe beispielsweise dann eruieren, wenn die Größe aus anderen variablen Größen zusammengesetzt werden kann, für die die Wahrscheinlichkeitsverteilungen jeweils auf direktem Wege angegeben werden können.

Beispiel:

Die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Ausgabenelementes X ist unbekannt. Die Größe lässt sich jedoch durch Multiplikation der drei variablen Größen

- K ... „Ausgaben pro Mengeneinheit“ (Angabe in EUR/m²),
- Q ... „Qualitätsfaktor“ (Angabe dimensionslos) und
- M ... „Menge“ (Angabe in m²)

¹ Vgl. Evans, 2002, S. 69ff; McLaughlin, 1999, S. 1ff, McLaughlin, 2001, S. 1ff

berechnen ($X = K * Q * M$), wenn die Wahrscheinlichkeitsverteilungen dieser drei variablen Größen auf Basis des aktuellen Planstandes sowie der Informationen über das Marktumfeld bzw. über den Bestbieter zumindest in Form einer gleichmäßigen Verteilung angegeben werden können.

c) Extrapolation von Ausgaben in die Zukunft

Bei der Ermittlung von Lebenszyklusaufgaben tritt häufig der Fall auf, dass die nominellen Ausgaben zwar für den Zeitraum „ i_A “ (bzw. für den Zeitpunkt „ i_A-1 “) angegeben werden können, aber nicht für jenen – späteren – Zeitraum „ i “ (bzw. den Zeitpunkt „ $i-1$ “), in dem diese Ausgaben auftreten werden.¹ Die zwischen den Zeitpunkten „ i_A-1 “ und „ $i-1$ “ auftretenden Veränderungen zufolge Inflation bzw. Deflation werden im Rahmen des Rechenmodells mithilfe von Extrapolationsfaktoren gemäß Gleichung (3.040) berücksichtigt.

$$K_i = K_{i_A} \cdot \prod_{t=i_A}^{i-1} EF_t \quad \text{wobei } i_A < i \quad (3.040)$$

mit i, t Variablen zur Kennzeichnung des Zeitraums, in dem Ausgaben bzw. Einnahmen auftreten bzw. zur Kennzeichnung des Zeitpunkts, zu dem Aus- bzw. Einzahlungen getätigt werden

K_i Ausgaben im Zeitraum „ i “ bzw. Auszahlung zum Zeitpunkt „ $i-1$ “ (nomineller Wert) in [€]; (variable Größe)

K_{i_A} Ausgaben im Zeitraum „ i_A “ bzw. Auszahlung zum Zeitpunkt „ i_A-1 “ (nomineller Wert) in [€]; (variable Größe)

EF_t Extrapolationsfaktor zur Überbrückung des Zeitraums „ t “, der vom Zeitpunkt „ $t-1$ “ bis zum Zeitpunkt „ t “ reicht; (variable Größe)

$$EF_t = \frac{K_{t+1}}{K_t} \quad (3.041)$$

Die Extrapolationsfaktoren EF_t werden durch variable Größen dargestellt und somit durch eine (subjektive) Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion charakterisiert. Letztere kann per se nicht „objektiv“ bzw. „allgemeingültig“ angegeben werden. Daher werden in dieser Arbeit lediglich Vorschläge angeführt, wie nach Ansicht des Verfassers die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktionen der Extrapolationsfaktoren gewählt werden sollten. Die näheren Ausführungen dazu sind dem Anhang H.1 zu entnehmen.

¹ Anm.: Wie unter Punkt 3.3.2b angeführt, treten Ausgaben in einem Zeitraum „ i “ auf. Im Rechenmodell wird aber bereits zu Beginn dieses Zeitraums „ i “, d.h. zum Zeitpunkt „ $i-1$ “, eine Auszahlung vom Objektkonto in der entsprechenden Höhe getätigt.

d) Ungewisser Zeitraum des Auftretens von Ausgaben

Wenn der Zeitraum „i“, in dem gewisse Ausgaben auftreten, nicht in deterministischer Art und Weise angegeben werden kann, muss er in Form einer variablen Größe I beschrieben werden, um im Rechenmodell Berücksichtigung finden zu können.

Das Rechenmodell geht von diskreten Zeitschritten (kleinste Zeiteinheit = 1 Jahr) aus, wodurch I nur ganzzahlige Werte annehmen kann. Diese Eigenschaft erlaubt es, das unter Punkt 3.4.3b eingeführte Speicherformat für die variable Größe I zu vereinfachen, indem bei jedem finiten Element der Wert der linken Grenze (w_{l_j}) mit dem Wert der rechten Grenze (w_{r_j}) gleichgesetzt wird.

Tabelle 3-14 – Beispiel zur vereinfachten Darstellung der variablen Größe I

$w_{l_j} = w_{r_j}$	p_j	Anmerkung
2023	0,10	i_{\min} ... frühester möglicher Zeitraum
2024	0,20	
2025	0,40	
2026	0,20	
2027	0,10	i_{\max} ... spätester möglicher Zeitraum
Anmerkung: Zur besseren Unterscheidung von anderen variablen Größen werden Minimal- und Maximalwert von I mit i_{\min} bzw. i_{\max} anstelle von w_{\min} bzw. w_{\max} bezeichnet.		

Für die Belegung des Lebenszyklusausgabenkataloges, die aus strukturellen Gründen eine eindeutige Zuordnung von Ausgaben zu einem Zeitraum erfordert, ergeben sich somit zwei Fragen:

1. Bei welchem Zeitraum werden die Ausgaben eingetragen?
2. Welche Ausgaben werden eingetragen?

Unabhängig von der Art des – gemäß Punkt 3.5.1 gewählten – Berechnungsschemas wird als Näherung im Sinne kaufmännischer Vorsicht vereinbart, dass Ausgaben stets zum frühesten möglichen Zeitraum (d.h. „ i_{\min} “) in den Lebenszyklusausgabenkatalog eingetragen werden. Die einzutragenden Ausgaben werden durch eine variable Größe repräsentiert, die auf Basis der Größe I eruiert wird.

Bei der Berechnung der in den LZAK einzutragenden Ausgaben wird zunächst jeder mögliche Zeitraum des Auftretens betrachtet und in all jenen Fällen, in denen die Ausgaben später als im Zeitraum „ i_{\min} “ auftreten, unter Berücksichtigung des unter Punkt 3.3.2 eingeführten Habenzinsfaktors q_p eine Abzinsung der jeweiligen Ausgaben auf den Zeitraum „ i_{\min} “ vorgenommen. In der Regel müssen in diesem Zu-

sammenhang auch Wertanpassungen zufolge Inflation bzw. Deflation einkalkuliert werden. Als Zwischenergebnis erhält man mehrere auf den Zeitraum „i_min“ bezogene bzw. abgezinste Ausgabengrößen (variable Größen!), denen – durch den Zusammenhang mit der variablen Größe I – zusätzlich Wahrscheinlichkeiten zugeordnet sind. Diese Ausgabengrößen müssen zu einer variablen Größe zusammengefasst werden, um in den LZAK eingetragen werden zu können.

Der beschriebene Vorgang kann vereinfacht wie folgt dargestellt werden:

- Jene Ausgaben K_{i_min} , die zum Zeitraum „i_min“ in den LZAK einzutragen wären, wenn „i_min“ den einzig möglichen Zeitraum des Auftretens darstellen würde, werden als Referenzgröße herangezogen.
- K_{i_min} wird mit einem Korrekturfaktor namens KF_I multipliziert, der die Einflüsse der „zeitlichen Variabilität“ berücksichtigt.
- **Als Ergebnis ergibt sich die (variable) Größe K_{Eintrag,i_min} , die im Sinne nomineller Ausgaben zum Zeitraum „i_min“ in den Lebenszyklusausgabenkatalog einzutragen ist.**¹

$$K_{\text{Eintrag},i_min} = K_{i_min} \cdot KF_I \quad (3.042)$$

Details zur Ableitung des Faktors KF_I , der ebenfalls eine variable Größe darstellt, sind dem Anhang H.2 zu entnehmen.

3.5.3. Praktische Anwendbarkeit

a) Einsatz von EDV

Der Einsatz von elektronischer Datenverarbeitung ist für die praktische Anwendbarkeit des Rechenmodells zur Ermittlung von Lebenszyklusausgaben unumgänglich. Ein entsprechend benutzerfreundliches Softwareprodukt kann auf Basis der vorgestellten Grundlagen und Berechnungsprozeduren entwickelt werden, wobei insbesondere auf eine rechenzeitoptimierte Programmierung Rücksicht zu nehmen ist.

Bis zur Marktreife eines derartigen Produktes kann das Rechenmodell mithilfe des kombinierten Einsatzes von Standardprodukten der Tabellenkalkulation, der statistischen Simulation sowie selbst programmierter Prozeduren praktisch umgesetzt werden, wie im Anhang G.3 gezeigt wird.

¹ Anm.: Falls anstelle von K_{i_min} bereits der auf den Zeitpunkt T gemäß Kapitel 3.3.3 bezogene Barwert von K_{i_min} , d.h. BK_{i_min} angegeben wird, erhält man durch Multiplikation mit KF_I sinngemäß $BK_{\text{Eintrag},i_min} = BK_{i_min} \cdot KF_I$.

b) Kombination von Determinismus und Wahrscheinlichkeitstheorie

Die in dieser Dissertation vertretene These besagt, dass in der Phase der Konzeption und Planung von Hochbau-Immobilien rein deterministische Rechenmodelle schlecht geeignet sind, die zu erwartenden Lebenszyklusaufgaben in angemessener Art und Weise darzustellen. Wesentlich ist hierbei das Wort „rein“, weil mit deterministischen Ansätzen allein Ungewissheiten nicht berücksichtigt werden können und aus diesem Grund wahrscheinlichkeitstheoretische Ansätze erforderlich sind.

Dies bedeutet aber nicht, dass letztere bei alleiniger Anwendung das Nonplusultra darstellen. Ein gewisses Mindestmaß an fixen (deterministischen) Werten erweist sich für ein Rechenmodell zur Ermittlung von Lebenszyklusaufgaben als durchaus zweckmäßig, um ...

- ... erstens im Hinblick auf den Zeitbedarf und die Komplexität des Modells nicht „alle Möglichkeiten des Universums“ abbilden zu müssen und um
- ... zweitens auf Basis „fixer Anhaltspunkte“, wie z.B. Systemparameter der Berechnung¹, die Interpretation der Resultate zu erleichtern.

Für die praktische Anwendung wird daher vorgeschlagen, Determinismus und Wahrscheinlichkeitstheorie zu kombinieren. Sinnvoll angewendet, ergänzen einander beide Betrachtungsweisen optimal, wie folgendes Beispiel zeigt:

- Wenn für einen Teilbereich des Lebenszyklus nur wenige Ausgabelemente (i.w.S.) angegeben werden können, weist die Summe dieser einzelnen Ausgabelemente in der Regel eine hohe Variabilität² auf, sodass auf eine wahrscheinlichkeitstheoretische Darstellung nicht verzichtet werden kann. Die Zeit zur Durchführung der erforderlichen Berechnungen hält sich jedoch aufgrund der geringen Anzahl von Ausgabelementen in Grenzen.
- Wenn für einen Teilbereich des Lebenszyklus hingegen viele Ausgabelemente (i.w.S.) angegeben werden können, weist die Summe dieser einzelnen Ausgabelemente in der Regel eine geringe Variabilität³ auf, sodass diese Ausgabelemente näherungsweise durch ihren Erwartungswert (d.h. deterministisch) dargestellt werden können, sofern Rechenzeit eingespart werden muss.

¹ z.B. Bezugszeitpunkt zur Ermittlung der Barwerte von Ausgaben, einheitlicher Habenzinsfaktor, ...

² siehe auch Anhang G.3.4b, Gleichung (G.049)

³ siehe auch Anhang G.3.4b, Gleichung (G.049)

4. Illustration

Das vorliegende Kapitel widmet sich der konkreten Anwendung des vorgestellten Rechenmodells. Anhand einer tatsächlich errichteten Büroimmobilie (Bauzeit: 2000 bis 2002) wird beispielhaft aufgezeigt, wie das theoretische Modell praktisch umgesetzt werden kann. Zu diesem Zweck werden drei Fallbeispiele¹ betrachtet.

- Fallbeispiel 1: Zu einem Zeitpunkt, wo die Objektentwicklung bereits abgeschlossen und der grundsätzliche Entschluss zur Errichtung der Büroimmobilie gefallen ist (Stichtag: 31.12.1999) wird der Lebenszyklus der Immobilie auf Basis des zu diesem Zeitpunkt aktuellen Informationsstandes untersucht. Das Rechenmodell wird unter Berücksichtigung einer rein deterministischen Betrachtungsweise angewendet.
- Fallbeispiel 2: Der Lebenszyklus der Immobilie wird zum selben Stichtag wie bei Fallbeispiel 1 (Stichtag: 31.12.1999) betrachtet, wobei jedoch wahrscheinlichkeitstheoretische Aspekte berücksichtigt werden.
- Fallbeispiel 3: Zum Stichtag 1.1.2002 wird der Lebenszyklus der Immobilie unter Berücksichtigung wahrscheinlichkeitstheoretischer Aspekte erneut untersucht, wobei die zu diesem Zeitpunkt vorhandenen, „aktuelleren“ Informationen einfließen.

4.1. Fallbeispiel 1 (31.12.1999, Determinismus)

4.1.1. Lebenszyklusaufgaben (exkl. Finanzierung)

Auf Basis der per 31.12.1999 zur Verfügung stehenden Informationen werden die bekannten bzw. anzunehmenden Lebenszyklusaufgaben der untersuchten Büroimmobilie in deterministischer Art und Weise zusammengestellt und in den Lebenszyklusaufgabenkatalog (LZAK) jahresgenau eingetragen.² Die Lebenszyklusaufgaben (LZA) werden für jedes Jahr einzeln aufsummiert und als jährliche Auszahlungen vom Objektkonto berücksichtigt.

Die Systemparameter der Lebenszyklusaufgabenermittlung werden für das Fallbeispiel 1 wie folgt festgelegt:

¹ Anm.: Nähere Details zu den Fallbeispielen sind dem Anhang I zu entnehmen. Der Umfang der Fallbeispiele ist auf das Notwendigste begrenzt, um den Rahmen der Arbeit nicht zu sprengen.

² siehe Anhang I.1

- „Habenzinssatz“: $p = 4,0\%$ p.a.
- „Bezugszeitpunkt“: $T = 0$ (entspricht dem Datum 1.1.1999)
- „Zeitpunkt bis zu dem Ausgaben maximal betrachtet werden“: $i_{\max} = 70$ (d.h. die Ausgaben des Zeitraums $i_{\max+1} = 71$ sind noch zu berücksichtigen)
- „Währungseinheit“: Euro

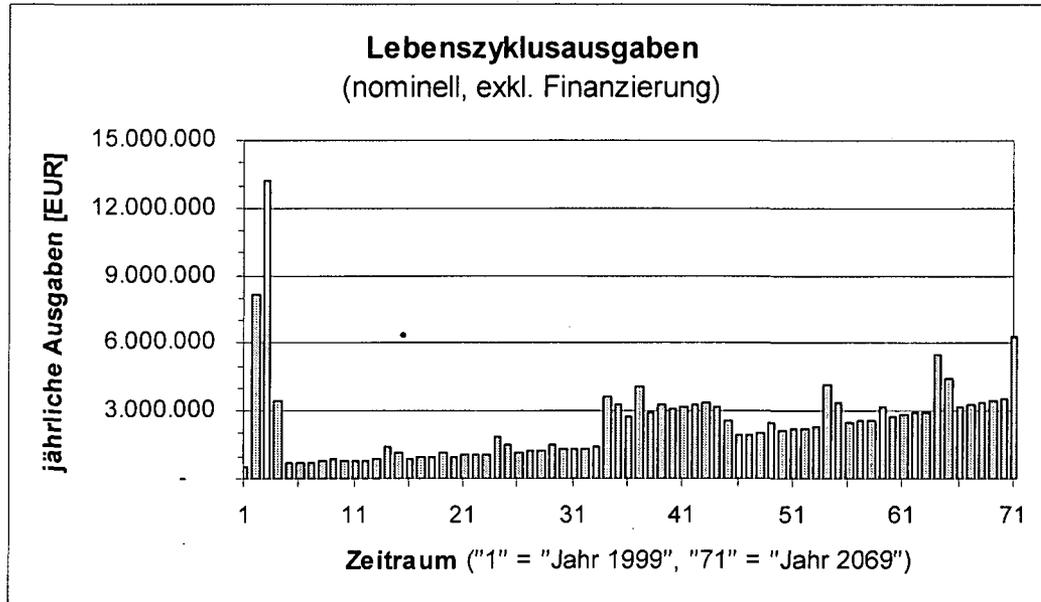


Abbildung 4-1 – Lebenszyklusausgaben exkl. Finanzierung, nominell

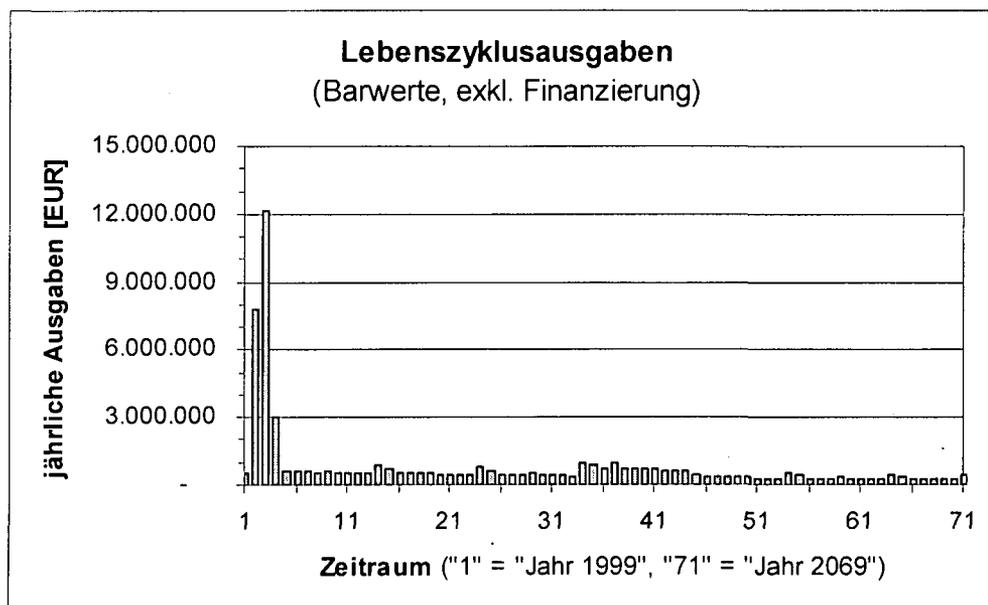


Abbildung 4-2 – Lebenszyklusausgaben exkl. Finanzierung, Barwerte

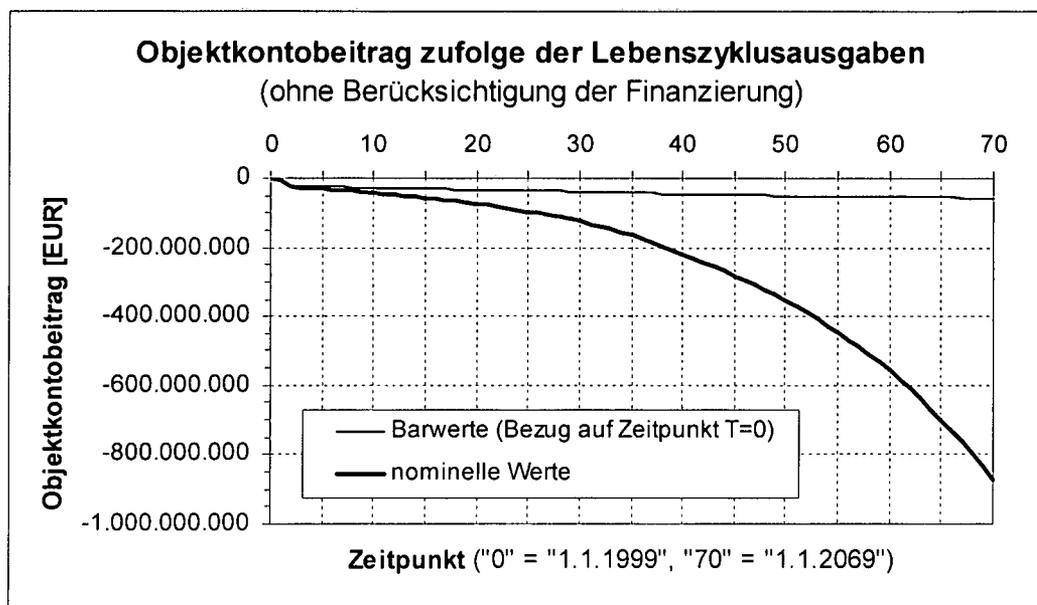


Abbildung 4-3 – Objektkontobeitrag zufolge Lebenszyklusausgaben exkl. Finanzierung

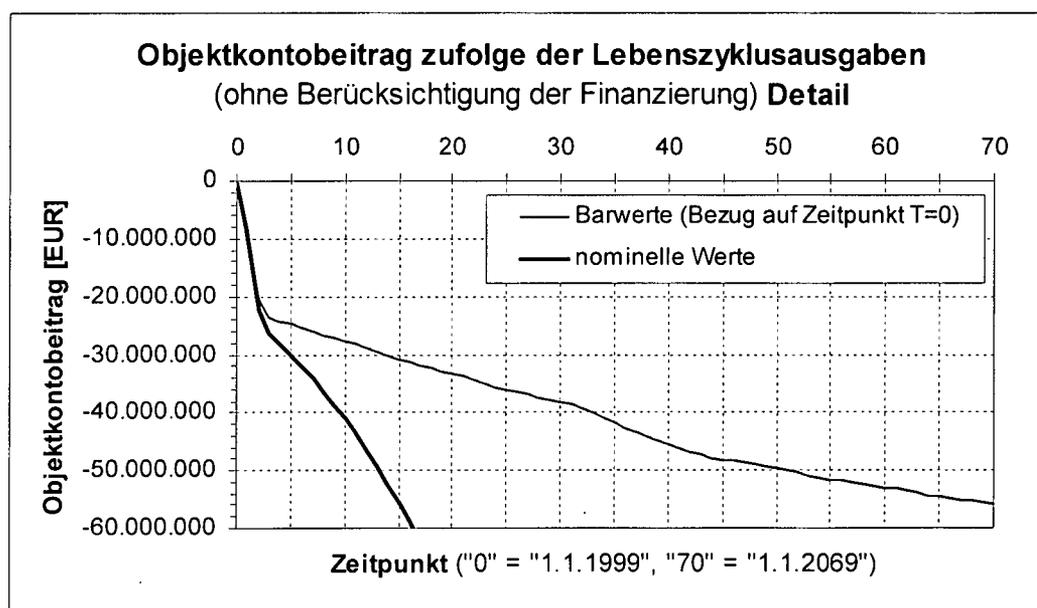


Abbildung 4-4 – Detail zu Abbildung 4-3

Tabelle 4-1 – Ausgewählte Werte zu Abbildung 4-4

Zeitpunkt	Objektkontobeitrag (LZA exkl. Finanzierung, Barwert)
3 (= 1.1.2002)	- 23.558.703 EUR
23 (= 1.1.2022)	- 34.991.910 EUR
70 (= 1.1.2069)	- 55.909.568 EUR

Die präsentierten Berechnungsergebnisse bilden die Grundlage für die Wahl der Finanzierung des Immobilienprojektes. Bei den angeführten Objektkontobeiträgen ist zu berücksichtigen, dass es sich hierbei um vorläufige „Hilfsdarstellungen“ handelt, da der „Objektkontostand“ erstens Einnahmen und Ausgaben umfasst und zweitens per definitionem nie negativ werden darf. Einzahlungen auf das Objektkonto (z.B. durch Bereitstellung von Finanzierungsmitteln, Einnahmen aus Vermietung,...) müssen daher so koordiniert werden, dass der Objektkontostand stets positiv ist.

4.1.2. Finanzierung / Lebenszykluseinnahmen

a) Eigennutzung der Immobilie

Bei Eigennutzung der Immobilie lässt sich aus dem Verlauf der Barwerte des Objektkontobeitrags (Abbildung 4-4) ablesen, wie viel Kapital zum Zeitpunkt T (d.h. per 1.1.1999) vorhanden sein müsste bzw. für die Immobilie „reserviert“ werden müsste, um sämtliche Lebenszyklusaufgaben bis zu einem definierten Zeitpunkt abdecken zu können. Dies verdeutlicht die langfristige Bindung von Kapital durch die Errichtung der Immobilie.

Alternativ dazu können auch die nominellen Werte der jährlich erforderlichen Ausgaben (Abbildung 4-1) betrachtet und für die Budgetbildung in kommenden Jahren herangezogen werden.

b) Immobilie als Mietobjekt

Da im vorliegenden Fallbeispiel erst zum Zeitpunkt $i = 4$ (d.h. 1.1.2003) Mieteinnahmen in Form von Einzahlungen auf das Objektkonto berücksichtigt werden, sind die nominellen Werte der jährlichen Ausgaben (Abbildung 4-1) in den Jahren 1999 bis 2002 für die Wahl der Finanzierung maßgebend. Bei der Festlegung der erforderlichen Darlehen ist zu berücksichtigen, dass durch die Finanzierung Ausgaben entstehen, die durch eine Erhöhung der Darlehenssummen abzudecken sind.

Der Einfluss der Finanzierung zeigt sich einerseits an den jährlichen Ausgaben, die durch die Finanzierungsausgaben erhöht werden (Abbildung 4-5 im Vergleich zu Abbildung 4-1). Andererseits wird der Verlauf des Objektkontos sowohl aufgrund der zur Verfügung gestellten Finanzierungsmittel als auch aufgrund der Finanzierungsausgaben adaptiert (Abbildung 4-6 im Vergleich zu Abbildung 4-4). Abbildung 4-6 gibt darüber hinaus Auskunft darüber, in welchem Umfang Mieteinnahmen erforderlich sind, damit keine negativen Objektkontostände auftreten.

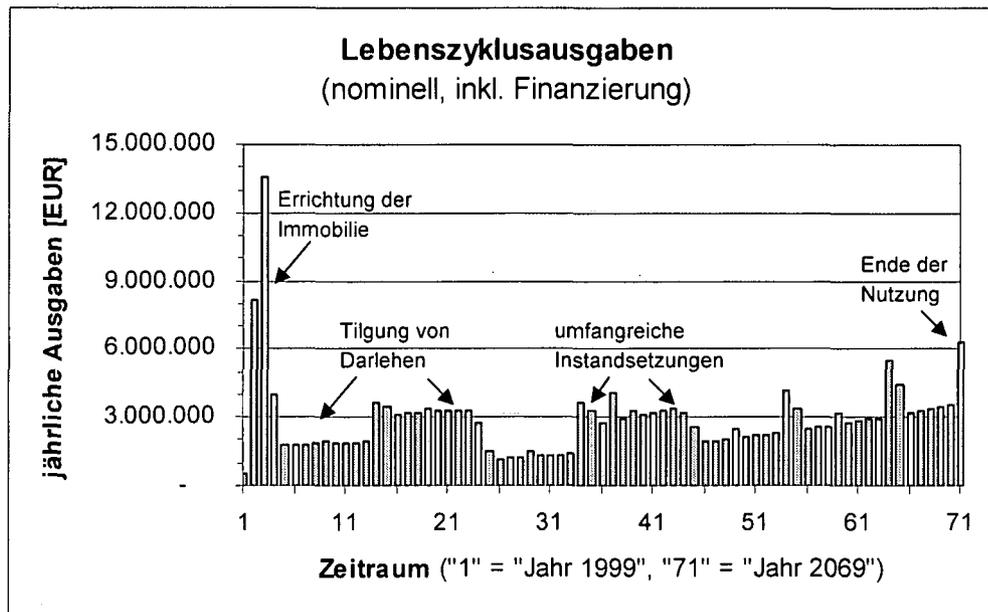


Abbildung 4-5 – Lebenszyklusausgaben inkl. Finanzierung, nominell

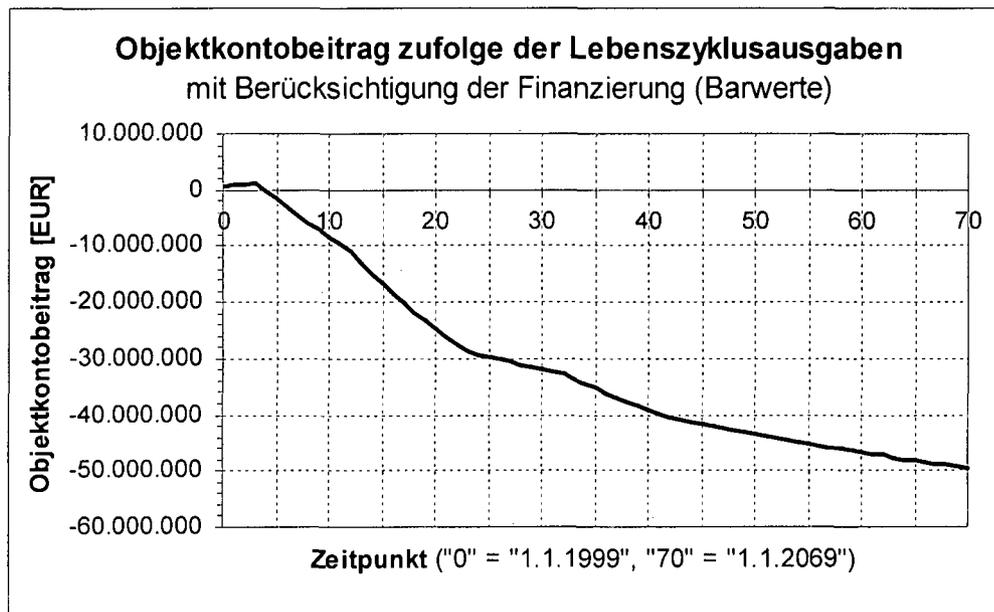


Abbildung 4-6 – Objektkontobeitrag (LZA inkl. Finanzierung, Barwerte)

Im gewählten Beispiel werden die Mieteinnahmen unabhängig von den entstehenden Lebenszyklusausgaben der Immobilie auf Basis jener Miethöhen angesetzt, die am Immobilienmarkt voraussichtlich erzielt werden können.¹ Unter Berücksichtigung dieser Einnahmen ergibt sich nachstehender Verlauf für das Objektkonto.

¹ siehe Anhang I.1.6

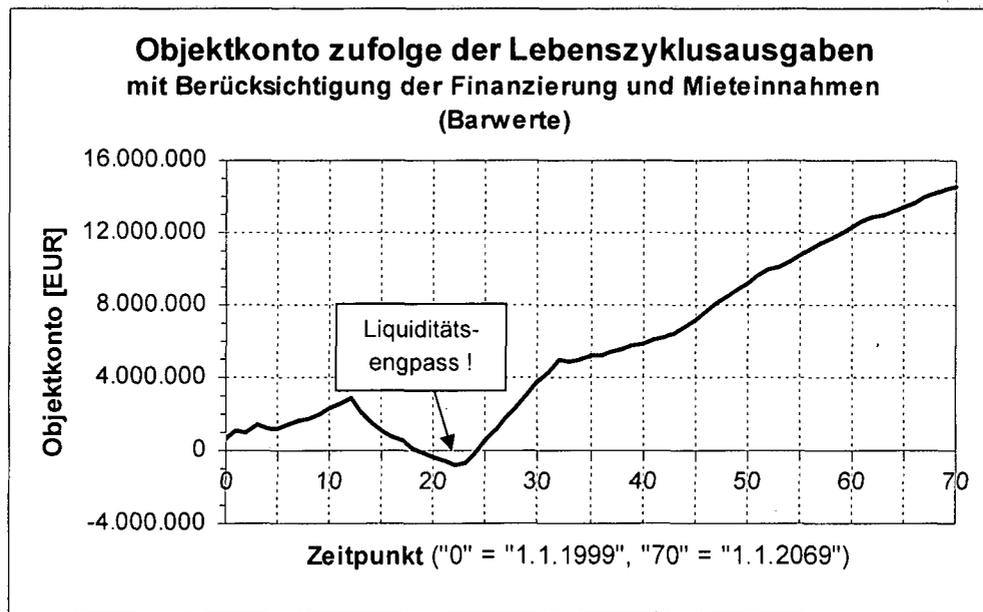


Abbildung 4-7 – Objektkonto (LZA inkl. Finanzierung und Vermietung, Barwerte)

Aufbauend auf dieser Analyse des Lebenszyklus des Immobilienobjektes kann eine bewusste Steuerung des Projektes zur Erzielung eines stets positiven Objektkontostandes erfolgen (z.B. Ausgabenreduktion, Einnahmenerhöhung, Adaptierung der Finanzierung). Im Fallbeispiel wird davon ausgegangen, dass im Bedarfsfall kurzfristig Eigenkapital zur Überbrückung eines Liquiditätsengpasses bereitgestellt wird.

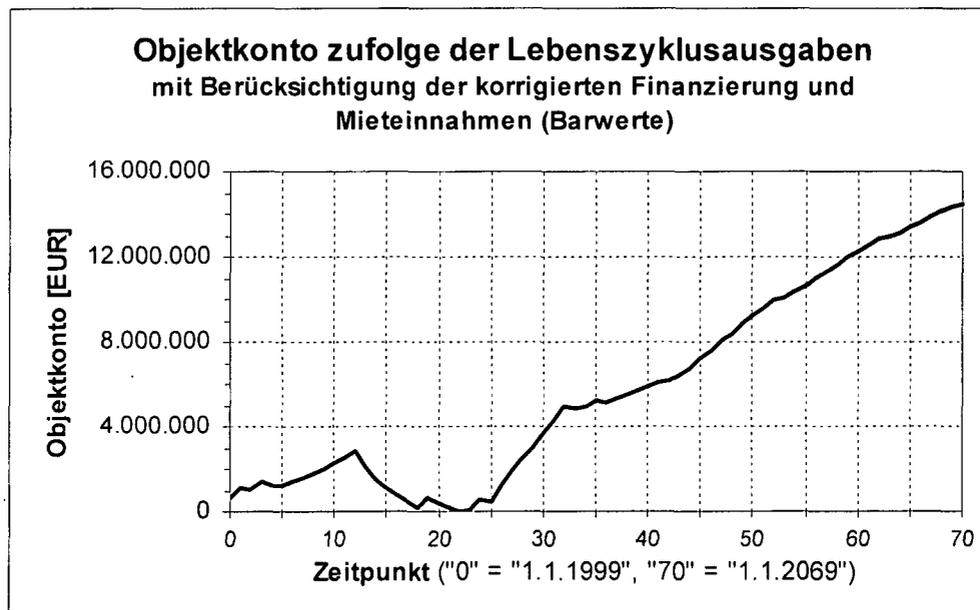


Abbildung 4-8 – Korrigiertes Objektkonto (LZA inkl. Finanzierung u. Vermietung, Barwerte)

4.2. Fallbeispiel 2 (31.12.1999)

4.2.1. Zusammenhang mit Fallbeispiel 1

Im Fallbeispiel 2 wird die Büroimmobilie aus dem Fallbeispiel 1 (siehe Kapitel 4.1) zum selben Zeitpunkt (d.h. per 31.12.1999) unter denselben Voraussetzungen (d.h. identer Informationsstand, idente Systemparameter, idente Projektspezifika), aber unter Berücksichtigung wahrscheinlichkeitstheoretischer Aspekte betrachtet. Zu diesem Zweck werden viele Größen, für die im Fallbeispiel 1 ein deterministischer Wert angegeben ist, durch variable Größen dargestellt, um die Ungewissheit in Bezug auf diese Größen in die Berechnung der Lebenszyklusaufgaben einfließen lassen zu können.¹ Fallbeispiel 2 behandelt lediglich die Lebenszyklusaufgaben exkl. Finanzierung.

4.2.2. Berechnungsschema

Die Berechnung erfolgt analog zu Fallbeispiel 1, wobei jedoch variable Größen beteiligt sind und sich somit die Frage stellt, ob diese variablen Größen – abgesehen von der Zugehörigkeit zu ein und demselben Immobilienprojekt – „voneinander unabhängig“ sind.

Aufgrund der Struktur des Lebenszyklusaufgabenkataloges werden zunächst die Ausgaben eines Jahres ermittelt. Dabei werden die bekannten linearen Abhängigkeitsbeziehungen zwischen variablen Größen direkt zur Berechnung variabler Größen herangezogen. Stochastische Abhängigkeiten werden mit Verweis auf die unter Punkt 3.4.3f getroffenen Aussagen jedoch nicht berücksichtigt, da per 31.12.1999 keine einschlägigen Informationen (z.B. Korrelationskoeffizienten, bedingte Wahrscheinlichkeiten usw.) vorliegen.

Bei der Ermittlung des Verlaufs des Beitrages zum Objektkonto auf Basis der eruierten jährlichen Ausgaben werden folgende zwei Fälle zu untersuchen:

- a. **Die Ausgaben aufeinander folgender Jahre sind stets „voneinander unabhängig“.** Dieser Fall tritt ein, wenn das Verhalten des Managements² (unter Berücksichtigung der sonstigen auf die Immobilie einwirkenden Umstände) darauf ausgerichtet ist, Jahr für Jahr die „ursprünglich vereinbarten Sollwerte der jährlichen Ausgaben“ zu erreichen.

¹ siehe Anhang I.2

² Anm.: Unter dem Begriff „Management“ werden in diesem Zusammenhang Projektentwicklungsteam, Bauherr, Bauprojektmanagement, Facility Management usw. subsumiert, d.h. alle Managementebenen, die aktiven Einfluss auf das Immobilienprojekt haben.

- b. Die Ausgaben aufeinander folgender Jahre sind stets „positiv korreliert“ (im Sinne des Spezialfalles #1 gemäß Punkt 3.4.5c). Dieser Fall tritt ein, wenn das Management (unter Berücksichtigung der sonstigen auf die Immobilie einwirkenden Umstände) tendenziell von den „ursprünglich vereinbarten Sollwerten“ abweichen will bzw. muss.

Auf Basis der ermittelten Lebenszyklusausgaben (exkl. Finanzierung) können analog zu Fallbeispiel 1 Aussagen über die erforderliche Finanzierung bzw. über die erforderlichen Lebenszykluseinnahmen getroffen werden. Durch die Berücksichtigung wahrscheinlichkeitstheoretischer Aspekte steht hierfür eine umfassendere Beurteilungsgrundlage zur Verfügung, als dies bei Fallbeispiel 1 der Fall ist.

4.2.3. Berechnungsergebnisse

- a) Jährliche Ausgaben (Lebenszyklusausgaben exkl. Finanzierung)

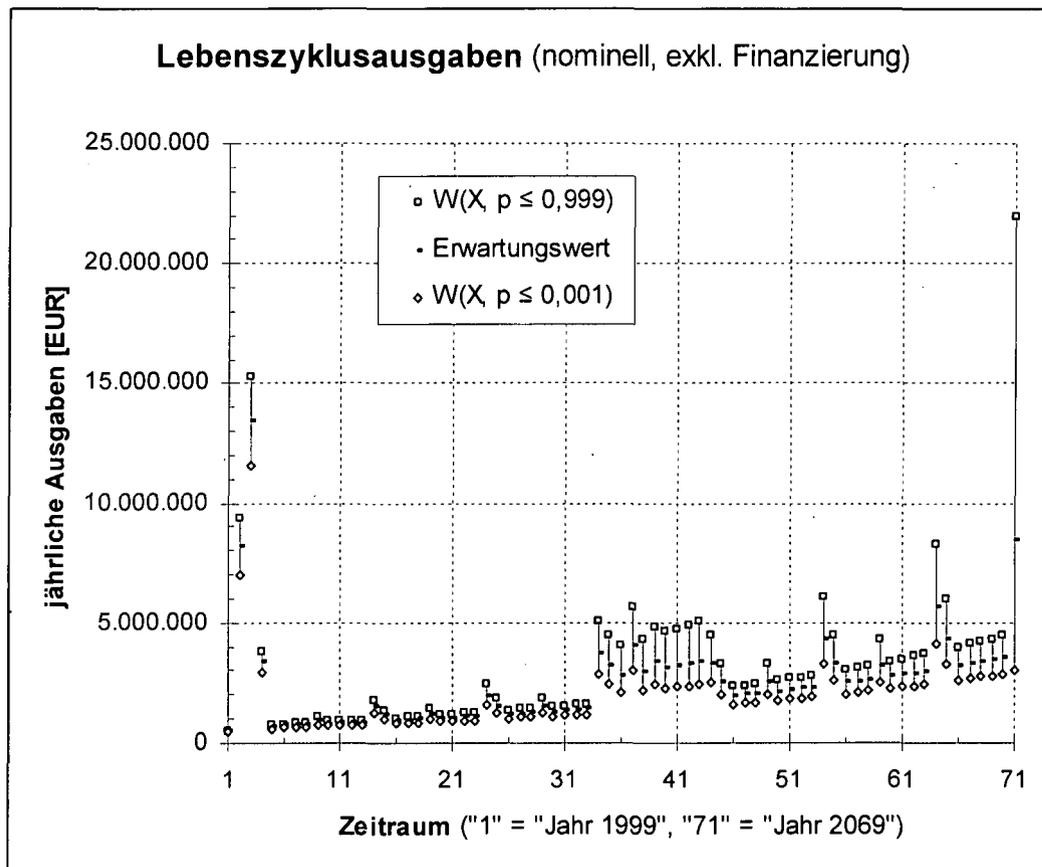


Abbildung 4-9 – Lebenszyklusausgaben exkl. Finanzierung, nominell

Abbildung 4-9 zeigt für jedes Jahr im Lebenszyklus der Immobilie die zugehörigen jährlichen Ausgaben, die als variable Größen ermittelt werden (abgesehen von den Ausgaben im Zeitraum 1, die deterministisch gegeben sind). Der Übersichtlichkeit halber werden in der Abbildung nur folgende drei Werte angeführt:¹

- „oberer Randwert“, der mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,999 (d.h. 99,9%) unterschritten/erreicht wird: $W(X, p \leq 0,999)$
- Erwartungswert: $E(X)$
- „unterer Randwert“, der mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,001 (d.h. 0,1%) unterschritten/erreicht wird: $W(X, p \leq 0,001)$

Im Laufe des Lebenszyklus der Immobilie zeigt sich im angeführten Beispiel, ...

- ... dass die **Variabilität** tendenziell ansteigt (hauptsächlich bedingt durch die sukzessive Steigerung der Ungewissheit in Bezug auf Ausgaben, je ferner diese in der Zukunft liegen),
- ... dass die **Schiefe** stets positiv ist und tendenziell zunimmt (hauptsächlich bedingt durch den Einfluss der variablen Extrapolationsfaktoren, d.h. Multiplikatoren zur Berücksichtigung künftiger Ausgabensteigerungen) und
- ... dass die **Kurtosis** zunächst negativ ist, tendenziell zunimmt und schließlich positiv wird (hauptsächlich bedingt durch den Umstand, dass die Höhe der Ausgaben im Laufe der Zeit stärker ansteigt als deren Variabilität).

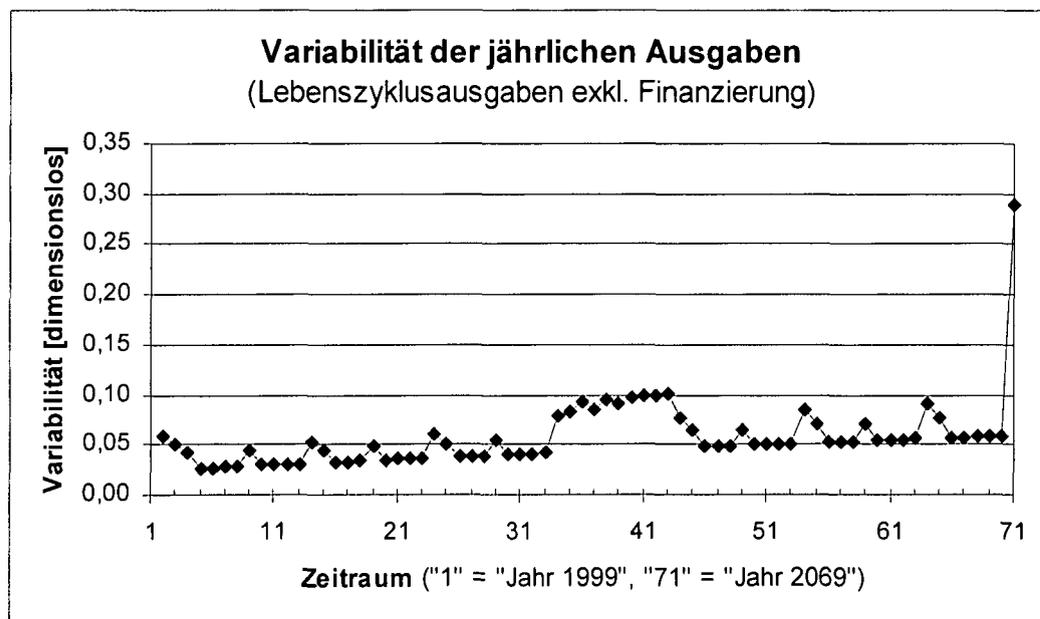


Abbildung 4-10 – Variabilität der jährlichen Ausgaben

¹ siehe Anhang I.2.4

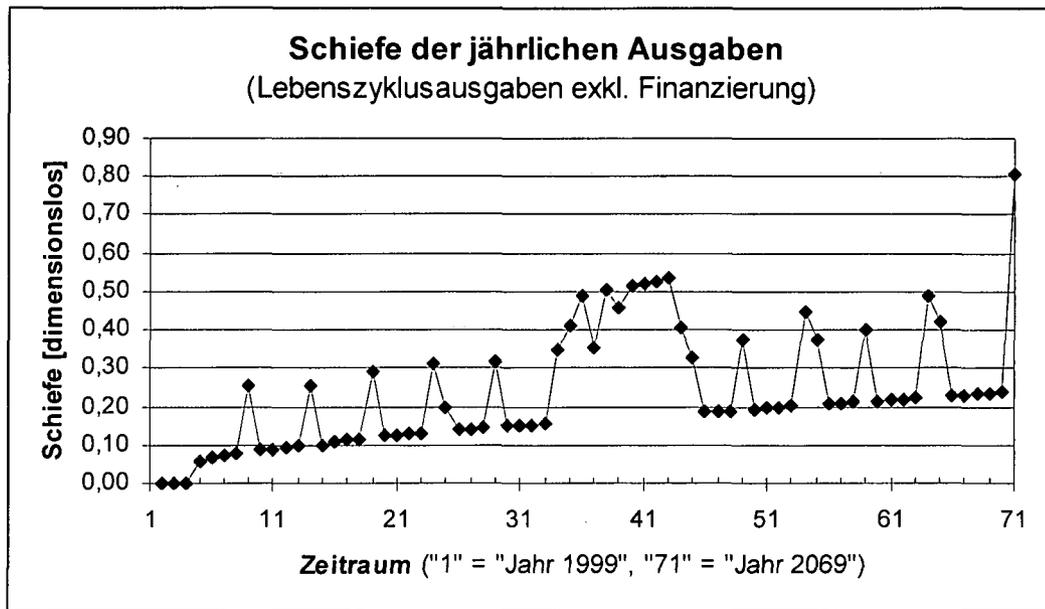


Abbildung 4-11 – Schiefe der jährlichen Ausgaben

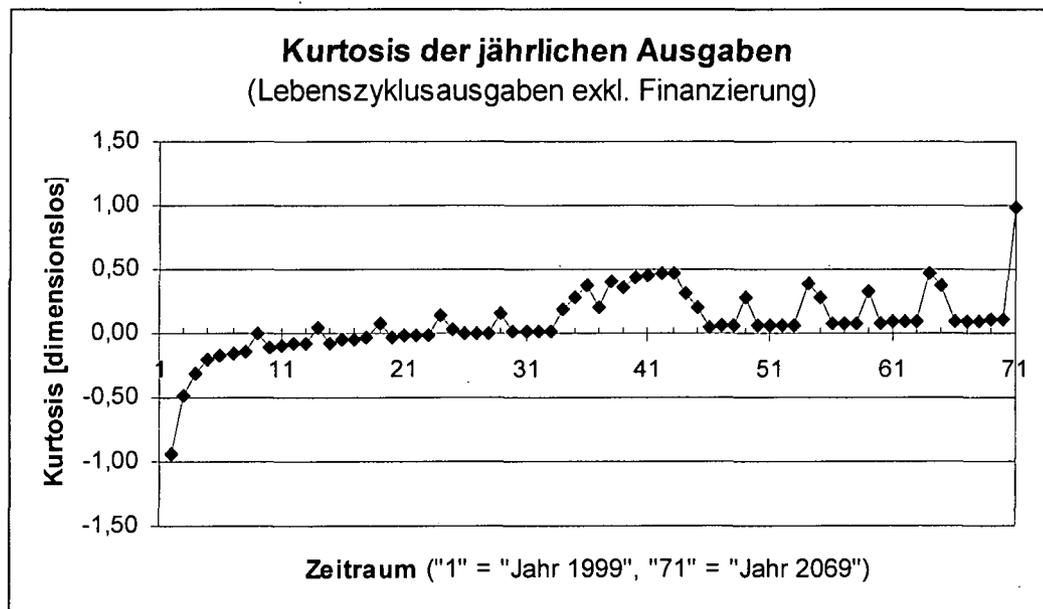


Abbildung 4-12 – Kurtosis der jährlichen Ausgaben

Zusammenfassend wird festgehalten, dass die jährlichen Ausgaben in der Regel eine deutlich von Null abweichende Schiefe $\gamma(X)$ und Kurtosis $\kappa(X)$ aufweisen, wodurch ihnen wesentliche Eigenschaften der Normalverteilung fehlen. **Die jährlichen Ausgaben können daher nicht vereinfacht durch eine Normalverteilung abgebildet werden.**

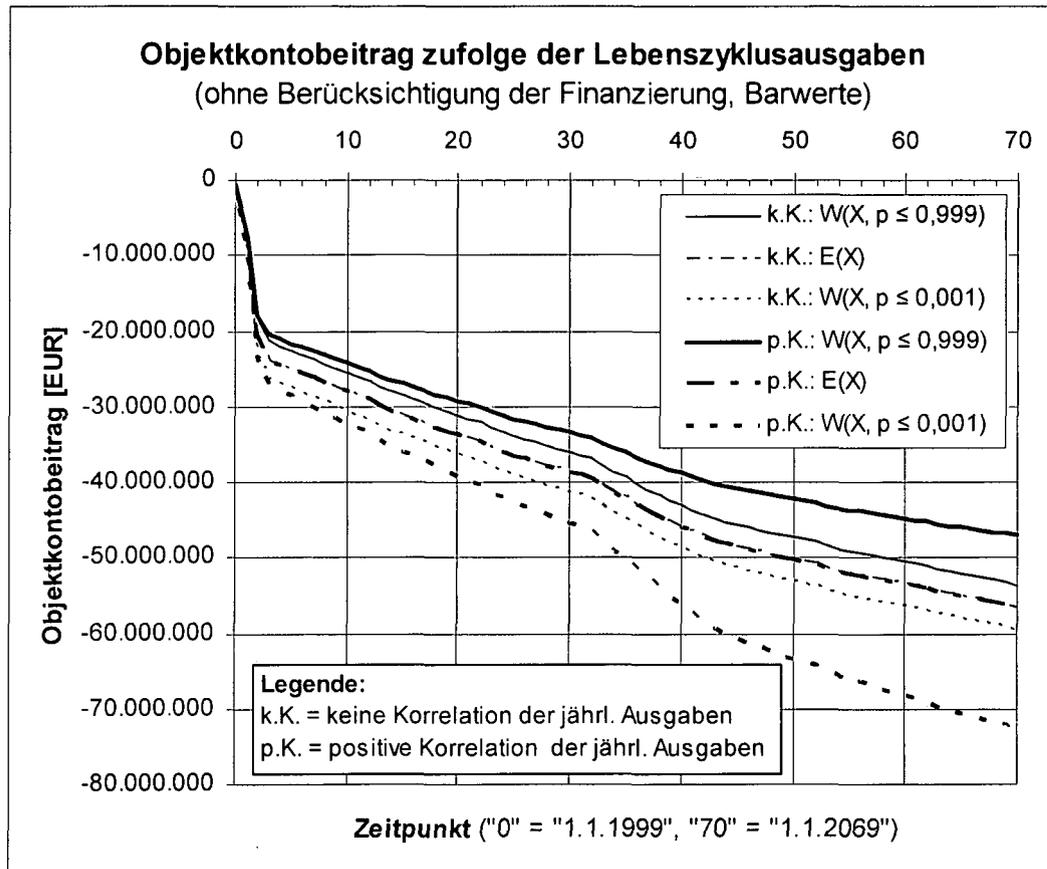
b) Objektkontobeitrag zufolge der Lebenszyklusausgaben exkl. Finanzierung

Abbildung 4-13 – Objektkontobeitrag (LZA exkl. Finanzierung, Barwerte)

Wie bereits unter Punkt 4.2.2 angeführt, werden bei der Ermittlung des Verlaufes des Objektkontobeitrags zwei Fälle untersucht:

- keine Korrelation der jährlichen Ausgaben („k.K.“)
- positive Korrelation der jährlichen Ausgaben gemäß Spezialfall #1 lt. Punkt 3.4.5c („p.K.“)

Obwohl die Erwartungswerte in beiden Fällen praktisch ident sind, ergeben sich erhebliche Abweichungen bei Betrachtung der oberen und unteren Randwerte.

- Wenn **keine Korrelation** vorliegt, verlaufen die Randwerte praktisch parallel zum Erwartungswert – abgesehen von den ersten Jahren im Lebenszyklus der Immobilie, in denen es zu einer Aufweitung kommt. Im dreidimensionalen Ergebnisraum, der von den Koordinatenachsen „Zeit“, „Objektkonto“ und „Wahrscheinlichkeitsdichte“ aufgespannt wird, entsteht somit um die Linie der Erwartungswerte ein „Tunnel mit annähernd konstanter Höhe“.
- Wenn eine **positive Korrelation** vorliegt, entfernen sich die Randwerte tendenziell vom Erwartungswert. Im dreidimensionalen Ergebnisraum bildet

sich ein „asymmetrischer Tunnel mit abnehmender Höhe bei Verbreiterung der Basis“ aus.¹ Dieser Effekt kann anhand der beiden folgenden Abbildungen nachvollzogen werden, wobei aus Gründen der besseren Darstellbarkeit die Objektkontobeiträge erst ab dem Zeitpunkt 3 betrachtet werden.

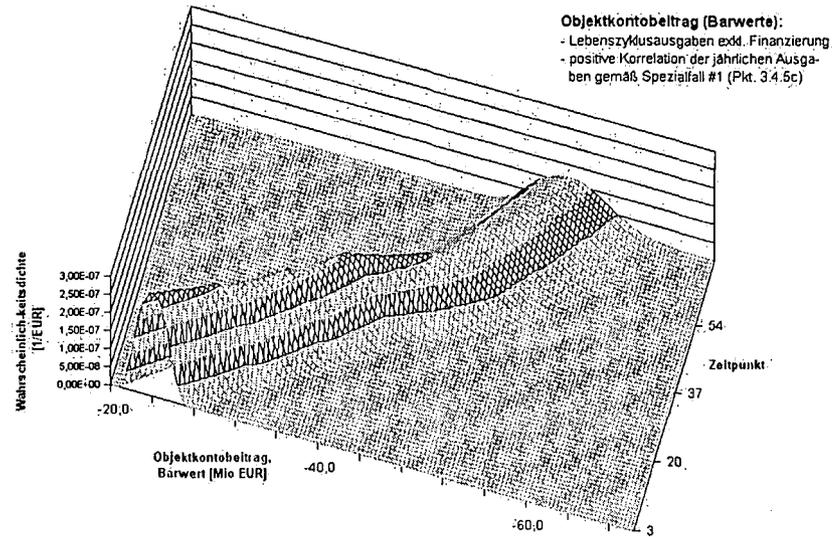


Abbildung 4-14 – 3D-Darstellung des Objektkontobeitrages, Grafik A

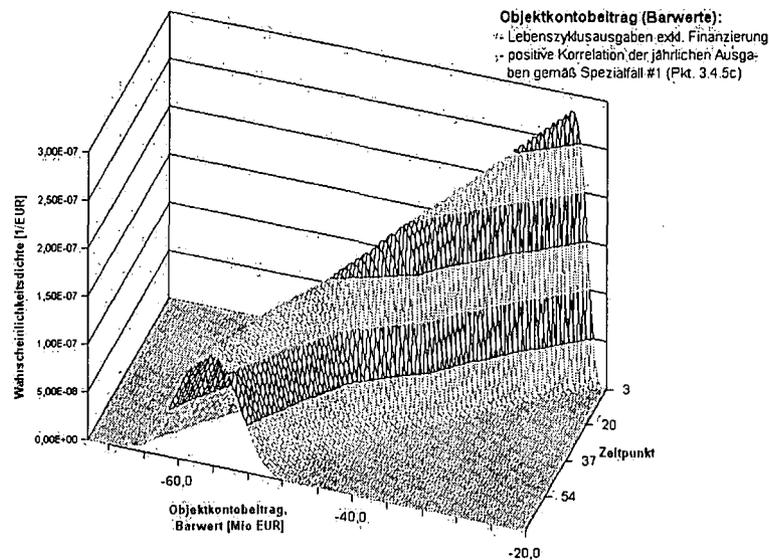


Abbildung 4-15 – 3D-Darstellung des Objektkontobeitrages, Grafik B

¹ Anm.: Der „Tunnelquerschnitt“ weist bei vollständiger Charakterisierung der zugrunde liegenden variablen Größen zu den einzelnen Zeitpunkten stets eine Fläche von 1,0 auf. „Tunnelquerschnitte“ über verschiedene Zeitpunkte hinweg dürfen nicht gebildet werden, da kein direkter Zusammenhang zwischen den Koordinatenachsen „Wahrscheinlichkeitsdichte“ und „Zeit“ besteht.

Bei der statistischen Auswertung ist zu beachten, dass der Objektkontobeitrag aufgrund der exklusiven Betrachtung der Lebenszyklusaufgaben negative Werte aufweist, was sich insbesondere auf die Berechnung der Variabilität und Schiefe auswirkt. Im angeführten Beispiel zeigt sich auf Basis der Barwerte, ...

- ... dass der **Absolutbetrag der Variabilität** bei Nichtkorrelation sukzessive abnimmt, während bei positiver Korrelation eine Seitwärtsentwicklung erkennbar ist,
- ... dass die **Schiefe** bei Nichtkorrelation praktisch gleich Null ist, während sie bei positiver Korrelation im Verlauf des Lebenszyklus deutlich negativ wird und
- ... dass die **Kurtosis** über weite Bereiche negativ ist. Bei positiver Korrelation steigt die Kurtosis sukzessive an und erreicht am Ende des Lebenszyklus der Immobilie den positiven Bereich. Bei Nichtkorrelation bleibt die Kurtosis nach anfänglich starkem Anstieg bis zum Ende des Lebenszyklus der Immobilie deutlich im negativen Bereich.

Wird der Objektkontobeitrag auf Basis der nominellen Werte anstelle von Barwerten analysiert, ergeben sich dennoch für die Variabilität, die Schiefe und die Kurtosis dieselben Ergebnisse. Dies kann anhand der im Anhang G.1.3 dargestellten Formeln zur Ermittlung dieser statistischen Kenngrößen nachgewiesen werden.¹

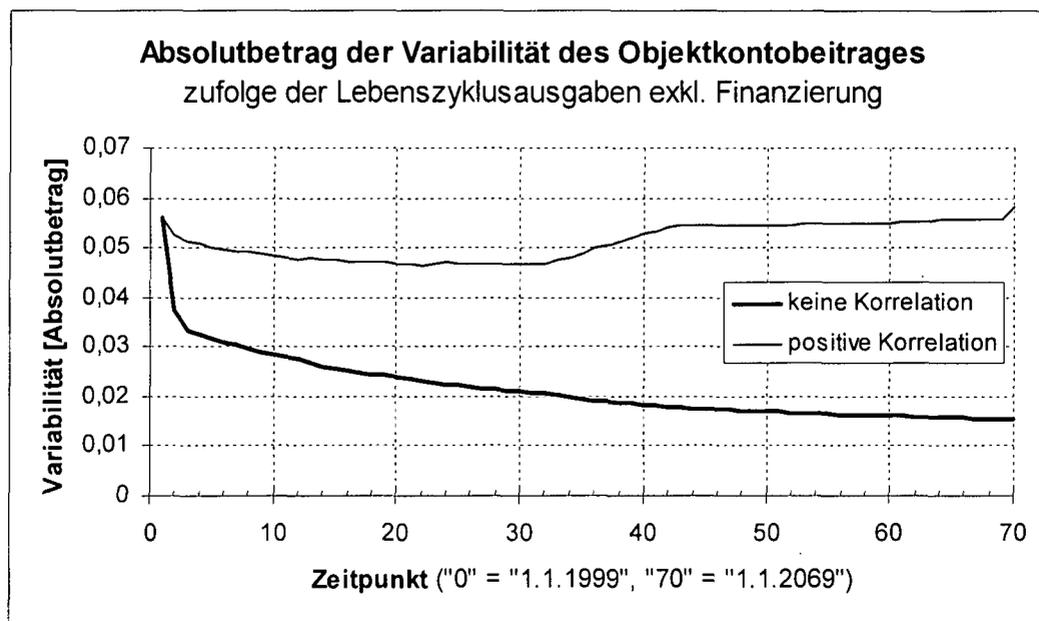


Abbildung 4-16 – Absolutbetrag der Variabilität

¹ Anm.: Die Höhe des Erwartungswerts, der Varianz und der Standardabweichung hängt hingegen sehr wohl davon ab, ob nominelle Werte oder Barwerte betrachtet werden.

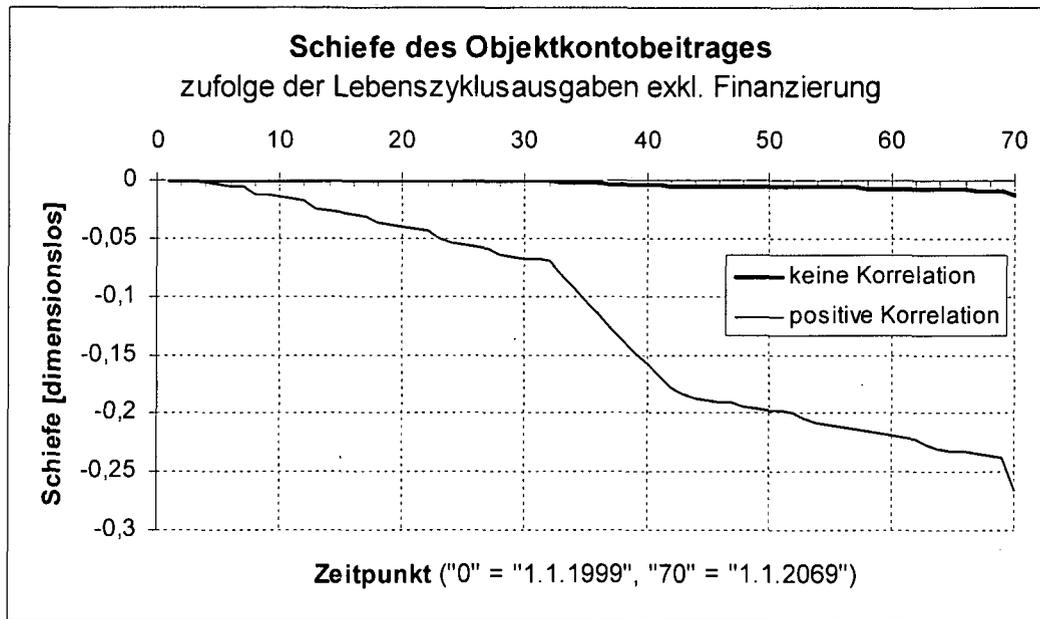


Abbildung 4-17 – Schiefe

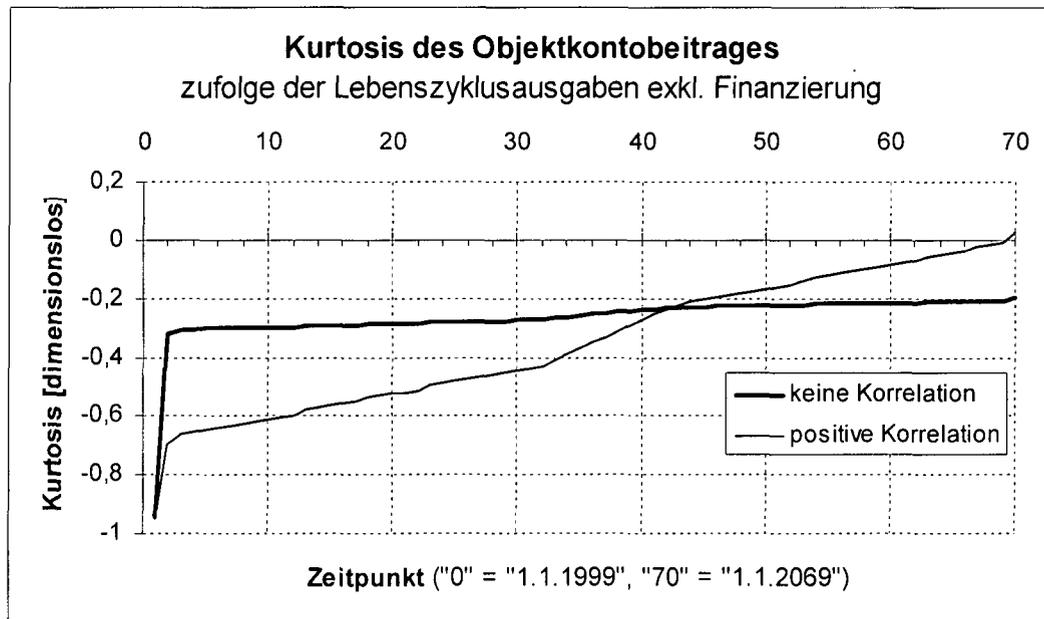


Abbildung 4-18 – Kurtosis

c) Ausgewählte Werte des Objektkontobeitrages (LZA exkl. Finanzierung)

Analog zu Fallbeispiel 1 werden die Barwerte des Beitrages der Lebenszyklusaufgaben (exkl. Finanzierung) zum Objektkonto zu den Zeitpunkten 3, 23 und 70 herausgegriffen und den deterministischen Werten aus Fallbeispiel 1 gegenübergestellt.

In allen drei Fällen liegt der deterministische Wert (w_{det}) jeweils in der Nähe des wahrscheinlichsten Wertes (w_{mid}), d.h. in der Nähe des „Gipfels“ der Wahrscheinlichkeitsverteilung, wobei ...

- die Differenz zwischen w_{det} und w_{mid} im Laufe der Zeit größer wird und
- w_{det} einen stets höheren Barwert markiert als w_{mid} .

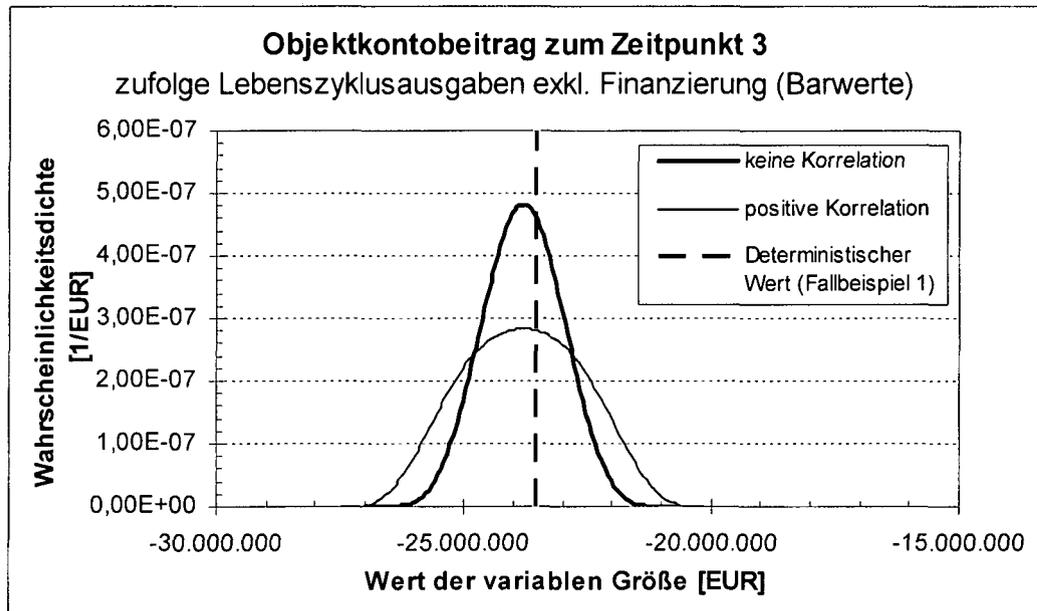


Abbildung 4-19 – Objektkontobeitrag (LZA exkl. Finanzierung, Zeitpunkt 3, Barwerte)

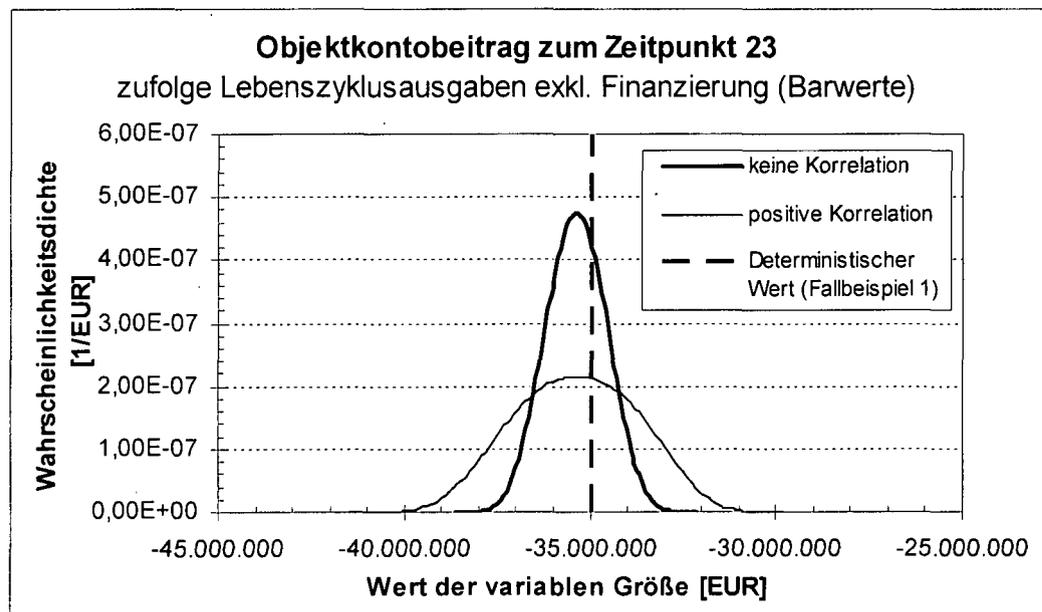


Abbildung 4-20 – Objektkontobeitrag (LZA exkl. Finanzierung, Zeitpunkt 23, Barwerte)

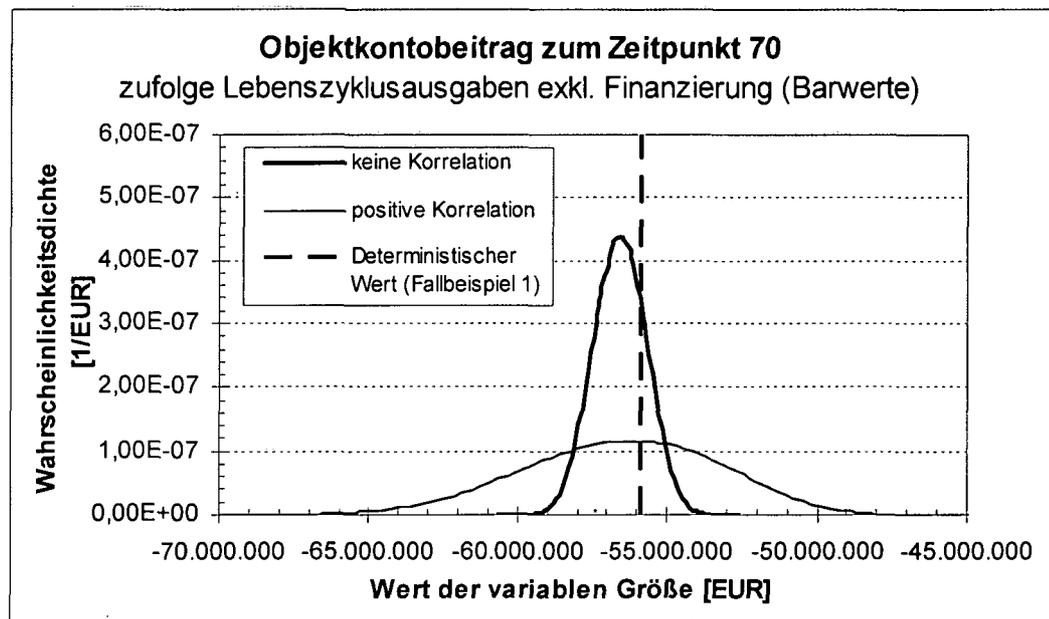


Abbildung 4-21 – Objektkontobeitrag (LZA exkl. Finanzierung, Zeitpunkt 70, Barwerte)

4.3. Fallbeispiel 3 (1.1.2002)

4.3.1. Zusammenhang mit den Fallbeispielen 1 und 2

Zwei Jahre nach der Untersuchung des Lebenszyklus der Büroimmobilie gemäß Fallbeispiel 1 und 2 wird zum Stichtag 1.1.2002 die Immobilie auf Basis des zu diesem Zeitpunkt vorhandenen, „aktuelleren“ Informationsstandes unter Berücksichtigung wahrscheinlichkeitstheoretischer Aspekte erneut betrachtet. Zu diesem Zeitpunkt ist der Großteil der Objekterrichtung abgeschlossen, eine Schlussabrechnung liegt jedoch noch nicht vor. Die Immobilie kann bereits teilweise genutzt werden.¹

4.3.2. Berechnungsergebnisse

Die Berechnungen werden analog zu Fallbeispiel 2 durchgeführt. Aus Gründen der besseren Vergleichbarkeit werden die Systemparameter der Lebenszyklusaufgabenermittlung ident zu den Fallbeispielen 1 und 2 gewählt. Der Bezugszeitpunkt zur Berechnung von Barwerten liegt damit ebenfalls bei $T = 0$ (d.h. 1.1.1999).

¹ siehe Anhang I.3

a) Jährliche Ausgaben (Lebenszyklusausgaben exkl. Finanzierung)

Abgesehen davon, dass per 1.1.2002 bereits die Ausgaben der Jahre 1999 bis 2001 deterministisch angegeben werden können, ergeben sich für die jährlichen Ausgaben zukünftiger Jahre gegenüber Fallbeispiel 2 praktisch idente, geringfügig verringerte Werte für den Absolutwert der Variabilität, die Schiefe und die Kurtosis, wobei die Verringerung der Werte auf die Verbesserung des Informationsstandes zurückzuführen ist.

Absolut betrachtet ergeben sich gegenüber Fallbeispiel 2 aufgrund zwischenzeitiger Optimierungsmaßnahmen durch das Management zeitliche Verschiebungen von Ausgaben der Objektterrichtung in die Zukunft sowie Reduktionen bei den zu erwartenden laufenden Objektnutzungsausgaben.

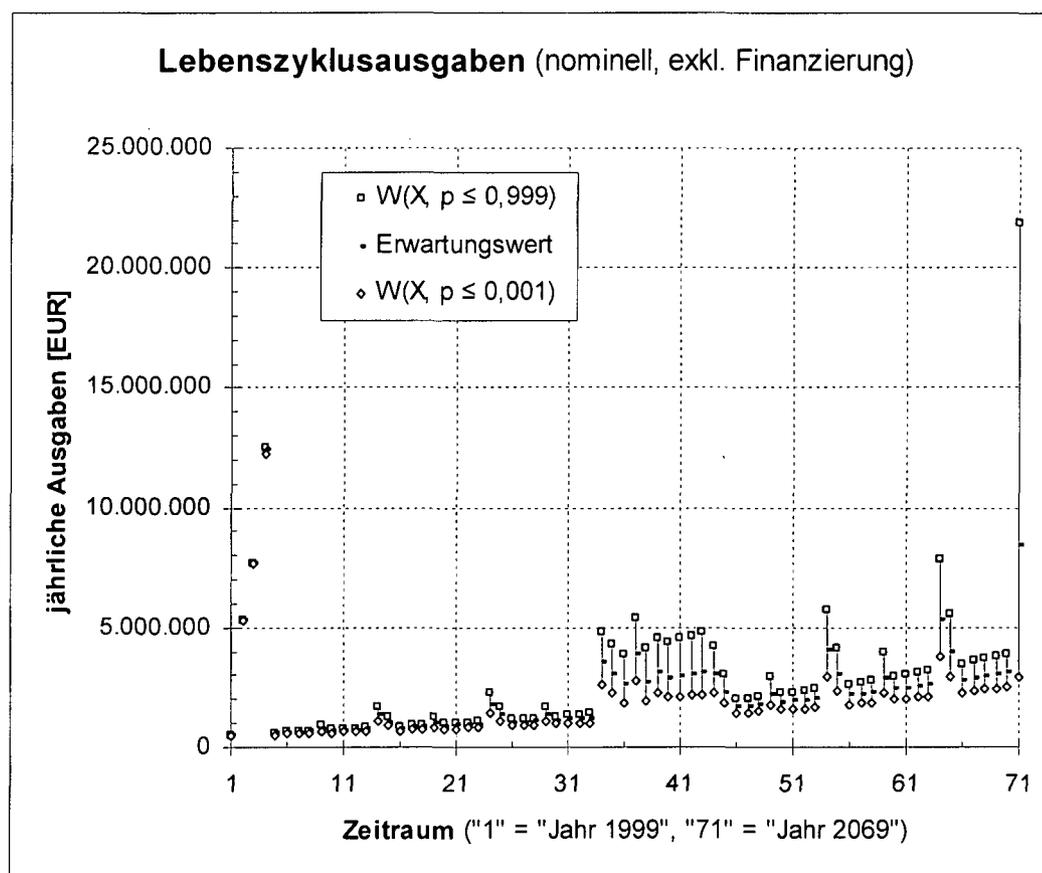


Abbildung 4-22 – Lebenszyklusausgaben exkl. Finanzierung, nominell

b) Objektkontobeitrag zufolge der Lebenszyklusausgaben exkl. Finanzierung

Bei Betrachtung der Barwerte des Objektkontobeitrages zeigt sich wie bei Fallbeispiel 2 der erhebliche Unterschied zwischen dem Fall, dass keine Korrelation und dem

Fall, dass eine positive Korrelation der jährlichen Ausgaben vorliegt. Obwohl die Erwartungswerte in beiden Fällen praktisch ident sind, ergeben sich erhebliche Abweichungen bei Betrachtung der oberen und unteren Randwerte.

Indirekt werden dadurch die Einflussmöglichkeiten unterschiedlicher Managementstile (unter Berücksichtigung der sonstigen auf die Immobilie einwirkenden Umstände) deutlich, wie sie bereits unter Punkt 4.2.2. angedeutet worden sind. Sofern keine näheren Informationen über das Management vorliegen, wird vorgeschlagen, den Fall positiver Korrelation („p.K.“) als maßgebend zu betrachten.

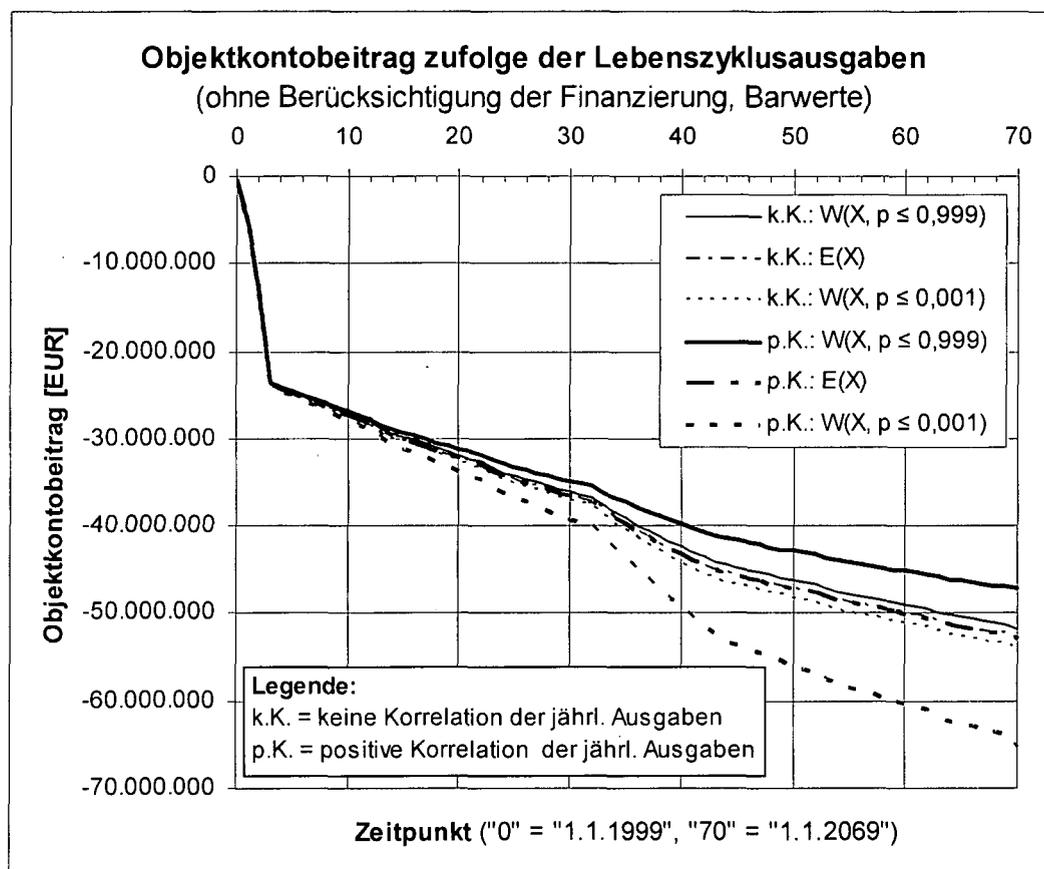


Abbildung 4-23 – Objektkontobeitrag (LZA exkl. Finanzierung, Barwerte)

Im Vergleich mit Fallbeispiel 2 ergibt sich bei Fallbeispiel 3 aufgrund der zum Großteil abgeschlossenen Objekterrichtung und der demzufolge gegebenen, fixierten Projektspezifika eine deutliche Verringerung der Bandbreite möglicher bzw. wahrscheinlicher Werte für den zukünftigen Verlauf des Objektkontos.

Nachstehende Abbildung zeigt den Objektkontobeitrag lt. Fallbeispiel 2 und 3 bei positiver Korrelation der jährlichen Ausgaben gemäß Spezialfall #1 (lt. 3.4.5c). Deutlich zu erkennen sind sowohl die Veränderung des Erwartungswertes $E(X)$ – bedingt

durch die Optimierung der Objektnutzungsausgaben im Zuge der Errichtung der Immobilie – als auch die Veränderung des Verlaufs des oberen und unteren Randwerts. Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang, dass die Randwerte keine absoluten Ober- und Untergrenzen darstellen, sondern Werte, die unter Berücksichtigung des zum Stichtag aktuellen Informationsstandes nur mehr mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,001, d.h. 0,1%, über- bzw. unterschritten werden.

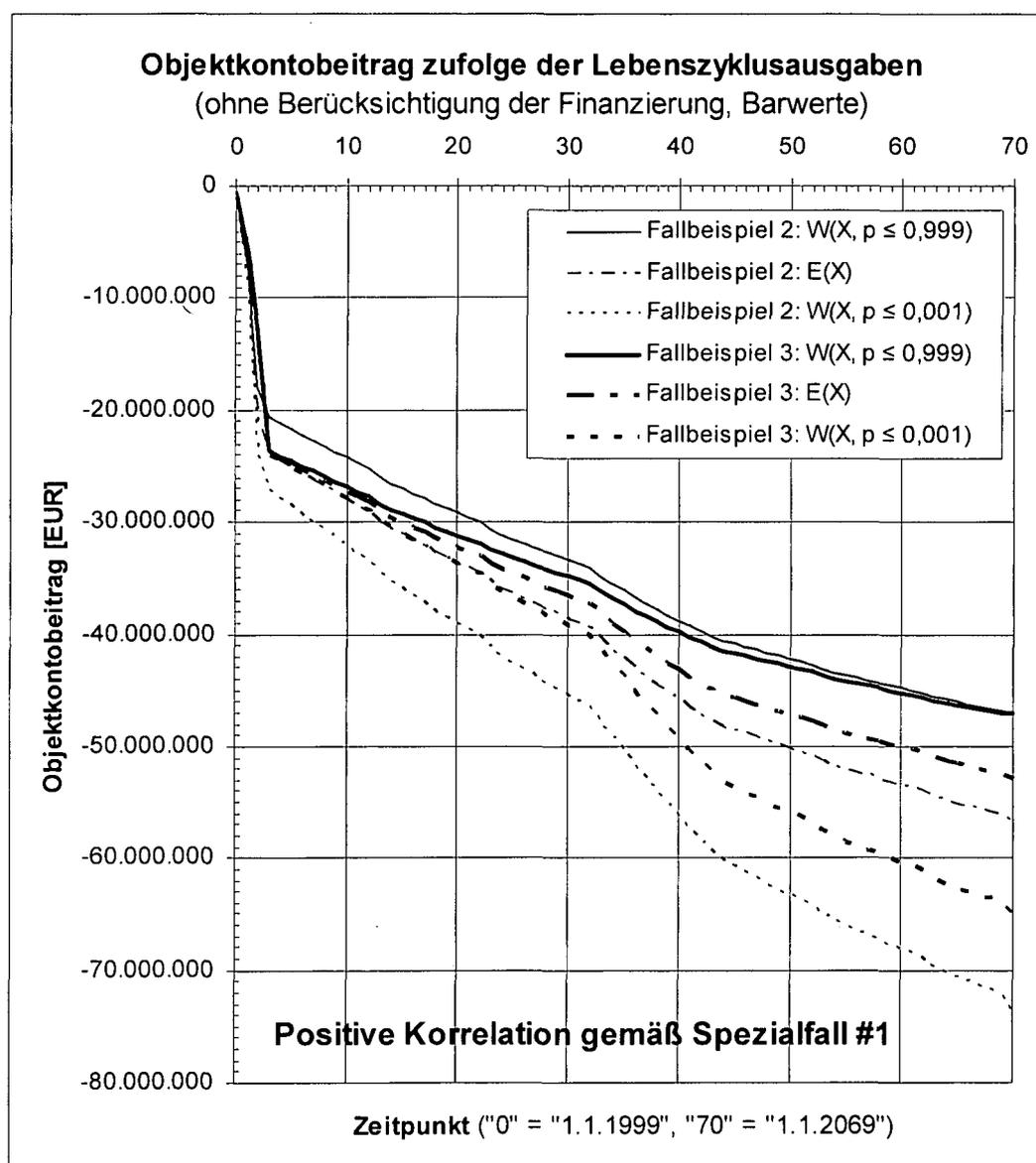


Abbildung 4-24 – Objektkontobeitrag zufolge Lebenszyklusausgaben exkl. Finanzierung (positive Korrelation der jährlichen Ausgaben gemäß Spezialfall #1 lt. Punkt 3.4.5c, Barwerte)

Ein Vergleich der Variabilität der Objektkontobeiträge aus Fallbeispiel 2 und 3 bestätigt den Einfluss des verbesserten Informationsstandes bei Fallbeispiel 3.

Der **Absolutbetrag der Variabilität** verringert sich bei Fallbeispiel 3 gegenüber Fallbeispiel 2 drastisch, da Ungewissheiten der ausgabenintensiven Objekterrichtung bei Fallbeispiel 3 weitgehend entfallen, und steigt – bei Nichtkorrelation weniger stark, bei positiver Korrelation stark – im Laufe der Zeit wieder an.

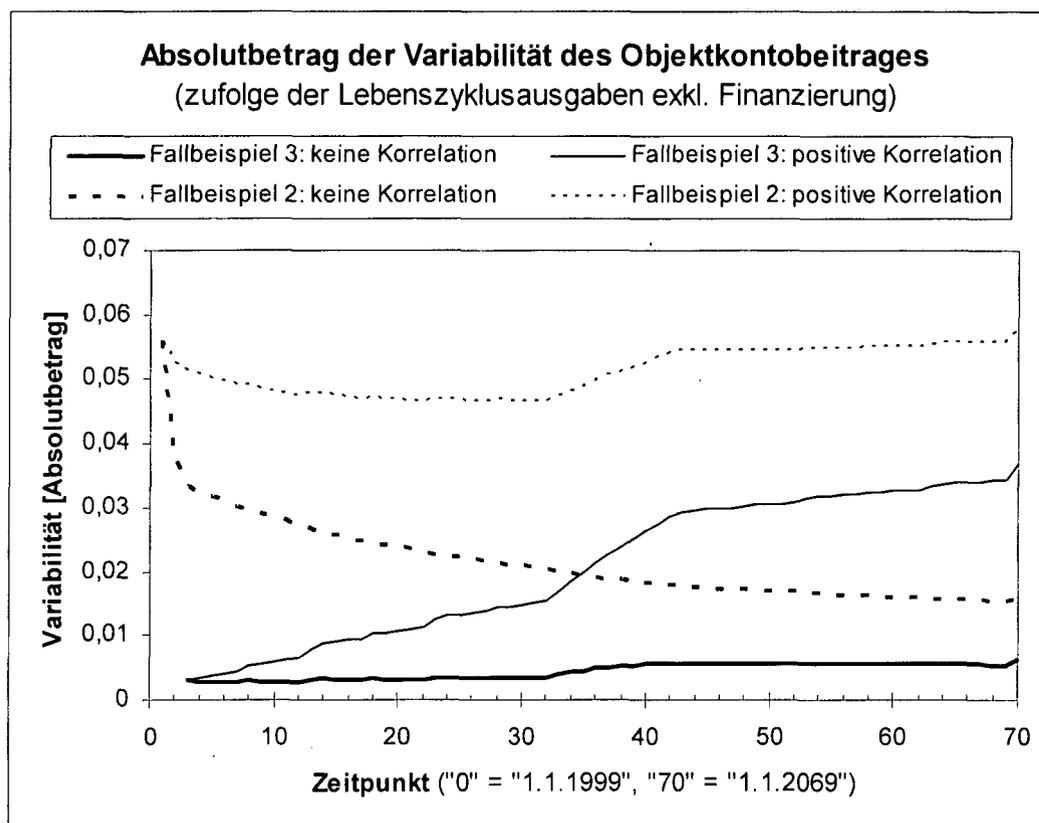


Abbildung 4-25 – Vergleich der Absolutbeträge der Variabilität bei Fallbeispiel 2 und 3

c) Ausgewählte Werte des Objektkontobeitrages (LZA exkl. Finanzierung)

Die Barwerte des Beitrages der Lebenszyklusausgaben (exkl. Finanzierung) zum Objektkonto werden für den Fall positiver Korrelation gemäß Spezialfall #1 (lt. 3.4.5c) zu den Zeitpunkten 3, 23 und 70 herausgegriffen und in den nachstehenden Abbildungen den Ergebnissen aus den Fallbeispielen 1 und 2 gegenübergestellt. Bei der Interpretation der Grafiken ist das Hauptaugenmerk auf

- die Skalierung der Ordinate („Wahrscheinlichkeitsdichte“),
- die Veränderung der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion von Fallbeispiel 2 zu Fallbeispiel 3 durch die Erweiterung des Informationsstandes und
- die im Laufe der Zeit stattfindende Annäherung der Wahrscheinlichkeitsverteilungen von Fallbeispiel 3 zu Fallbeispiel 2 zu richten.

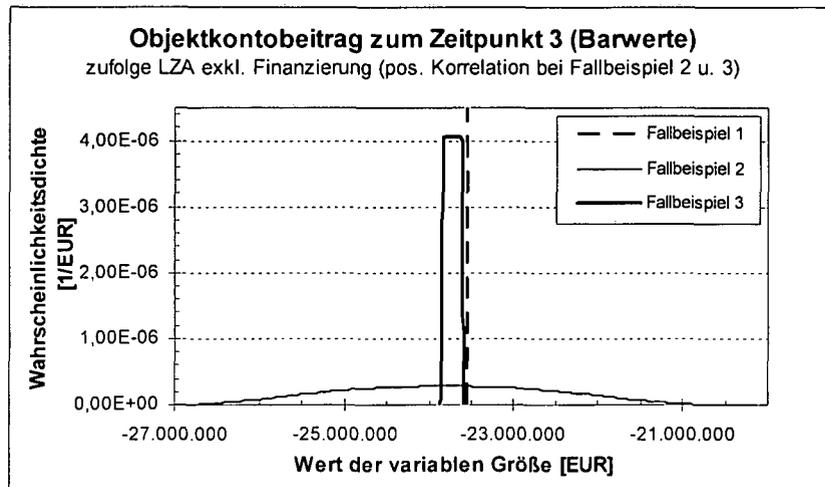


Abbildung 4-26 – Objektkontobeitrag (LZA exkl. Finanzierung, Zeitpunkt 3, Barwerte)

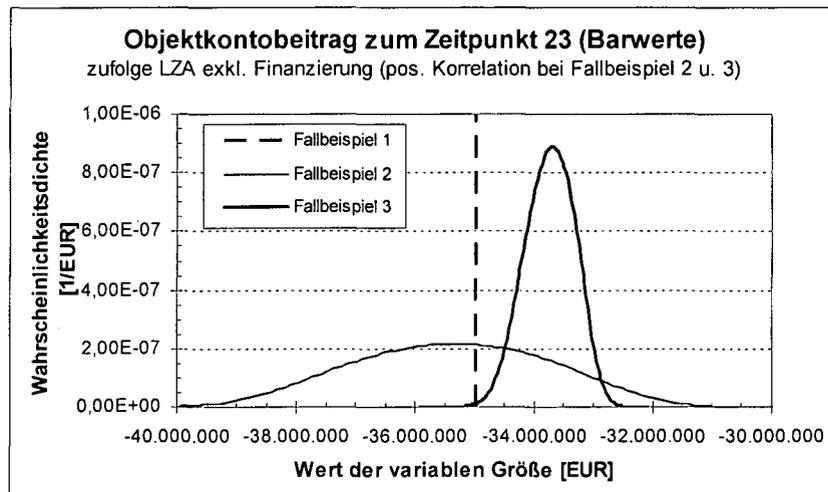


Abbildung 4-27 – Objektkontobeitrag (LZA exkl. Finanzierung, Zeitpunkt 23, Barwerte)

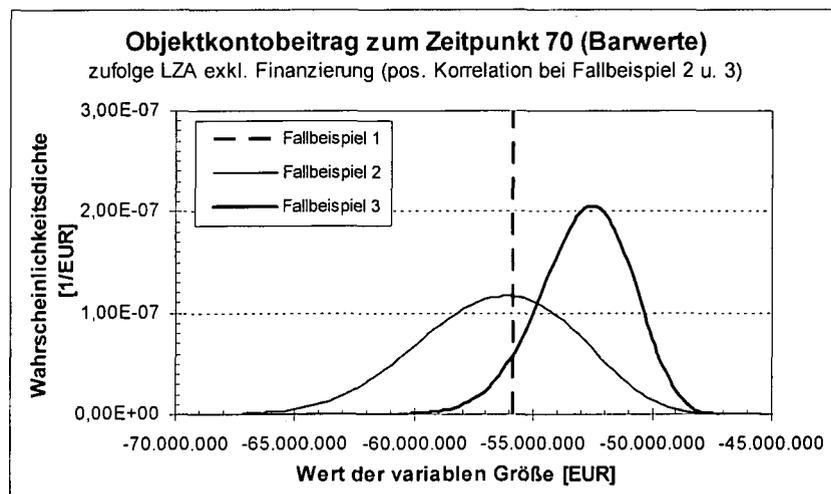


Abbildung 4-28 – Objektkontobeitrag (LZA exkl. Finanzierung, Zeitpunkt 70, Barwerte)

Da der Lebenszyklus der Immobilie bei **Fallbeispiel 1** rein deterministisch abgebildet und folglich für den Barwert des Objektkontos bzw. eines Objektkontobeitrages exakt ein Wert angegeben wird, ergibt sich zu jedem betrachteten Zeitpunkt eine auf einen Wert konzentrierte Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion mit unendlicher Wahrscheinlichkeitsdichte bei diesem Wert. Ob dieser Wert jedoch sicher oder ungewiss ist, geht aus der Darstellung ebenso wenig hervor, wie das eventuelle Ausmaß der Ungewissheit.

Fallbeispiel 2 basiert auf einem zu Fallbeispiel 1 identen Informationsstand über die Immobilie (Stichtag in der Anfangsphase der Objekterrichtung), berücksichtigt jedoch wahrscheinlichkeitstheoretische Aspekte, wodurch das kumulierte Ausmaß der Ungewissheit in Bezug auf den Verlauf des Objektkontos bzw. eines Objektkontobeitrages anhand einer Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion dargestellt werden kann.

In diesem Zusammenhang darf man sich nicht von den gewählten Skalierungen der Ordinaten in den Abbildungen 4-26 bis 4-28 täuschen lassen. Die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion wird im Laufe der Zeit bei abnehmender Wahrscheinlichkeitsdichte immer breiter.

Am Stichtag für die Berechnung von **Fallbeispiel 3** ist der Großteil der Objekterrichtung bereits abgeschlossen, wodurch eine Vielzahl von Ungewissheiten entfällt. Zum Zeitpunkt 3 ist die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion daher bereits auf einen engen Wertebereich bei hoher Wahrscheinlichkeitsdichte konzentriert.

Im Laufe der Zeit wird die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion bei abnehmender Wahrscheinlichkeitsdichte zwar wieder breiter, drückt aber stets eine geringere Ungewissheit als bei Fallbeispiel 2 aus.

5. Schlussbemerkungen

Mit der ganzheitlichen Betrachtung von Immobilien ist untrennbar das Problem der Beschaffung und Verarbeitung von Informationen über erst in Zukunft auftretende Größen verbunden. Die mitunter erheblichen Ungewissheiten in Bezug auf die Zukunft im Allgemeinen und den Lebenszyklus von Immobilien im Speziellen führen dazu, dass nur ungern Aussagen getroffen werden, die sich „allzu schnell als falsch herausstellen könnten“. Dadurch wird eine vorausschauende Beschäftigung mit dem Lebenszyklus von zu entwickelnden bzw. zu errichtenden Immobilien behindert.

Die vorliegende Dissertation stellt den **ersten Schritt** zur Lösung des angeführten Problems dar, indem derjenige, der eine Lebenszyklusuntersuchung durchführen will, vom Zwang befreit wird, jeder Einflussgröße exakt einen Wert zuzuordnen zu müssen. Stattdessen kann er entsprechend seines Informationsstandes mehrere Werte angeben und damit den Bereich des Möglichen abgrenzen. Die Summe an Informationen in Bezug auf eine Größe lässt sich mathematisch in Form einer „Wahrscheinlichkeitsverteilung“ abbilden, die durch das in der Dissertation vorgestellte Berechnungsverfahren mit geringem Zeitaufwand bei hoher Ergebnisgenauigkeit weiterverarbeitet werden kann.

Im Vergleich mit einer rein deterministischen Betrachtungsweise bietet das Modell somit den Vorteil, dass Ungewissheiten – d.h. sowohl Chancen als auch Risiken – auf Basis des zum Stichtag aktuellen Informationsstandes monetär quantifiziert werden, wodurch eine höhere Aussagekraft der Berechnungsergebnisse für Investoren, Eigentümer bzw. Projektverantwortliche im Allgemeinen gegeben ist. Davon ausgehend kann beispielsweise eine neue Art der Formulierung von Anforderungen an das Management eines Immobilienprojektes im Vorhinein bzw. eine neue Art der Überprüfung der Leistungen dieses Managements im Nachhinein gefunden werden, indem etwa Abweichungen von festgelegten Sollwerten danach beurteilt werden, wie „wahrscheinlich“ sie zum Stichtag waren.

Die Antworten auf viele bei Immobilienprojekten typische Fragen, wie z.B.

- nach der Wahrscheinlichkeit präsentierter Zahlenwerte,
- nach den Einflussmöglichkeiten des Managements,
- nach den für den Eigentümer entstehenden Ausgaben,
- nach den Risiken und Chancen für einen Investor bei einem Einstieg in das Immobilienprojekt usw.

stecken implizit in den Ergebnissen des Rechenmodells, dessen praktische, EDV-technische Anwendbarkeit im Rahmen der Dissertation nachgewiesen worden ist.

Der **zweite Schritt** zur Lösung des angeführten Problems besteht in der Untersuchung des Lebenszyklus von Immobilien im Allgemeinen und in der Analyse der Zusammenhänge zwischen den einzelnen Teilen des Lebenszyklus im Speziellen. Das vorgestellte Rechenmodell kann hierbei als Hilfsmittel zur Erfassung, Verarbeitung und Visualisierung von Daten dienen, da es in seiner Grundstruktur so allgemein angelegt ist, dass es auch separat für einzelne Bereiche des Lebenszyklus einer Immobilie angewendet werden kann. Dieser zweite Schritt wird im Rahmen der Dissertation nur am Rande behandelt und ist somit als Anregung für weitere wissenschaftliche Arbeiten und Forschungen zu verstehen.

Zur Einleitung bzw. Unterstützung dieses Prozesses muss auf Grundlage der Dissertation zunächst ein benutzerfreundliches Softwareprodukt entwickelt werden, mithilfe dessen Lebenszyklusuntersuchungen unter Berücksichtigung wahrscheinlichkeitstheoretischer Aspekte in der Praxis durchgeführt werden können. Auf Basis dessen können dann die weiteren Schritte erfolgen, wie zum Beispiel...

- Forschungsarbeit zur Analyse des Lebenszyklus von Immobilien unter besonderer Berücksichtigung der Abhängigkeiten zwischen einzelnen variablen Größen,
- Aufbereitung von Informationen über Ausgaben und Einnahmen bei Immobilienprojekten mit einem Hauptaugenmerk auf die (lang andauernde) Objektnutzungsphase,
- Weiterentwicklung des Softwareprodukts von einem Hilfsmittel zur möglichst realistischen Darstellung von Informationen über ein Immobilienprojekt hin zu einem Hilfsmittel zur Optimierung von Immobilienprojekten, die sich in der Phase der Konzeption bzw. Planung befinden.

Diese Dissertation soll einen Beitrag zur Etablierung wahrscheinlichkeitstheoretischer Betrachtungsweisen in wissenschaftlichen Disziplinen leisten, wann immer es um Aussagen über die Zukunft geht. Dabei ist bewusst zu entscheiden, welche Teilbereiche deterministisch und welche wahrscheinlichkeitstheoretisch abgebildet werden, damit die jeweiligen Stärken beider Ansätze kombiniert und die Schwächen ausgeglichen werden können.

Literaturverzeichnis

- ATGA Marketing GmbH: „**Facility Management Anbieter Austria 2001 – Studie der Akademie für technische Gebäudeausrüstung**“, Wien, Eigenverlag, 2000
- Auer, Hubert: „**Kalkulation im Hochbau**“, 1. Auflage, Wien, Österreichischer Wirtschaftsverlag, 1998
- Bamberg, Günter et al.: „**Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre**“, 7. Auflage, München, Vahlen, 1992
- Bartsch, Hans-Jochen: „**Mathematische Formeln**“, 22. Auflage, Leipzig, VEB Fachbuchverlag, 1989
- Bartzsch, Wolf: „**Betriebswirtschaft für Ingenieure**“, 5. Auflage, Berlin, VDE-Verlag, 1994
- Bundesinnung der Baugewerbe / Fachverband der Bauindustrie Österreichs: „**Baurestmassentrennung – Ein Leitfaden für die Baustelle**“, Wien, Starmühler, 1998 (zit. Baurestmassentrennungleitfaden, 1998)
- Bundesinnung der Immobilien- und Vermögenstreuhänder: „**Aktuelles Immobilienhandbuch der österreichischen Immobilienmakler, Bauträger und Immobilienverwalter**“, Wien, Weka-Verlag, 2001 (zit. Immobilienhandbuch, 2001)
- Bundesinnung der Immobilien- und Vermögenstreuhänder: „**Immobilien-Preisspiegel 2002**“, Wien, Manz Crossmedia, 2002 (zit. Immobilienpreisspiegel, 2002)
- Bundeskammer der Architekten und Ingenieurkonsulenten: „**Honorarordnung für Projektsteuerung – HO-PS**“, Wien, BIK-Verlag, 2001 (zit. HO-PS, 2001)
- Coombs, Clyde H.: „**Mathematische Psychologie**“, Weinheim – Basel, Beltz Verlag, 1975
- Dawes, Robin M.: „**Grundlagen der Einstellungsmessung**“, Weinheim – Basel, Beltz Verlag, 1977
- De Finetti, Bruno: „**Wahrscheinlichkeitstheorie**“, Wien – München, Oldenbourg, 1981
- Deutsches Institut für Normung: „**DIN 276 – Kosten im Hochbau**“, Berlin, Beuth-Verlag, 1993
- Deutsches Institut für Normung: „**DIN 277 – Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau**“, Berlin, Beuth-Verlag, Teil 1: 1987, Teil 2: 1987, Teil 3: 1998
- Deutsches Institut für Normung: „**DIN 18960-1 – Baunutzungskosten von Hochbauten, Begriff, Kostengliederung**“, Berlin, Beuth-Verlag, 1976
- Deutsches Institut für Normung: „**DIN 18960 – Nutzungskosten im Hochbau**“, Berlin, Beuth-Verlag, 1999

- Deutsches Institut für Normung: „**DIN 32736 – Gebäudemanagement: Begriffe und Leistungen**“, Berlin, Beuth-Verlag, 2000
- Diederichs, Claus Jürgen et al.: „**Kostenermittlung im Hochbau durch Kalkulation von Leitpositionen**“, Bonn – Bad Godesberg, Fuck, 1986
- Diederichs, Claus Jürgen: „**Führungswissen für Bau- und Immobilienfachleute: Bauwirtschaft, Unternehmensführung, Immobilienmanagement, privates Baurecht**“, Berlin, Springer, 1999
- Doberstein / Rauter: „**Delphi 6 für Profis**“, Bonn, Galileo Press, 2001
- Dyllick-Brenzinger, Frank: „**Betriebskosten von Büro- und Verwaltungsgebäuden**“, Wiesbaden, Bauverlag, Dissertation (Universität Stuttgart), 1980
- Ecker, Andreas: „**Baukostenplanung durch Kalkulation – Weiterentwicklung des Rechenmodells zur Ermittlung der Lebenszykluskosten**“, Wien, Eigenverlag, Diplomarbeit (Technische Universität Wien), 2001
- Europäische Zentralbank: „**EZB Jahresbericht 2001**“, Frankfurt/Main, Eigenverlag, 2002
- Europäische Zentralbank: „**Jahresbericht 2000**“, Frankfurt/Main, Eigenverlag, 2001
- Europäische Zentralbank: „**Jahresbericht 1998**“, Frankfurt/Main, Eigenverlag, 1999
- Evans, James R.: „**Introduction to simulation and risk analysis**“, 2. Auflage, New Jersey, Prentice Hall, 2002
- Gellert / Kästner / Neuber (Hrsg.): „**Fachlexikon ABC Mathematik**“, Thun, Verlag Harri Deutsch, 1978
- Ghahremani, Amir: „**Integrale Infrastrukturplanung – Prozessmanagement der Infrastrukturen**“, Karlsruhe, Eigenverlag, Dissertation (Technische Universität Wien), 1997
- Hagstrom, Robert: „**Investieren mit Warren Buffet**“, München, Finanzbuch Verlag, 2000
- Höfer, Hans Christian: „**Investitionsaufwand und Betriebskosten**“, Wien, Eigenverlag, Diplomarbeit (Technische Universität Wien), 1982
- Hoffmann, Manfred: „**Zahlentafeln für den Baubetrieb**“, 5. Auflage, Stuttgart-Leipzig, Teubner, 1999
- Höniger, Gerald: „**Kostenplanung und Kosten-Controlling bei Tiefbauprojekten**“, Wien, Eigenverlag, Dissertation (Technische Universität Wien), 1994
- Hutzelmeyer, Hannes: „**Baukostenplanung mit Gebäude-Elementen: Vollständige Hochbaukosten nach DIN 276**“, Köln-Braunsfeld, Müller, 1983
- Jones Lang LaSalle: „**OSCAR 1999 – Büronebenkostenanalyse**“, Düsseldorf, Eigenverlag, 1999
- Jones Lang LaSalle: „**OSCAR 2000 – Büronebenkostenanalyse**“, Düsseldorf, Eigenverlag, 2000
- Jones Lang LaSalle: „**OSCAR 2001 – Büronebenkostenanalyse**“, Düsseldorf, Eigenverlag, 2001

- Jones Lang LaSalle: „**OSCAR 2002 – Büroebenenkostenanalyse**“, Düsseldorf, Eigenverlag, 2002
- Kranewitter, Heimo: „**Liegenschaftsbewertung**“, 3. Auflage, Wien, Sparkassenverlag, 1998
- Kurbos, Rainer: „**Baurecht in der Praxis**“, 3. Auflage, Wien, Ueberreuter, 1999
- Lechner, Hans: „**Wörterbuch Projektmanagement**“, Wien, Bohmann Verlag, 2001
- Leutgöb, Klemens et al.: „**Energie und Umwelt im Lebenszyklusspiegel von Gebäuden – Vortrag im Rahmen des Impulsforums ‚Lebenszykluskosten‘**“, St. Georgen/Längsee, Energieverwertungsagentur E.V.A., 2000
- Lunzer, Walter: „**Ein Beitrag zur Schaffung einheitlicher Instrumente für die Kostenplanung im Hochbau in Österreich**“, Wien, Eigenverlag, Dissertation (Technische Universität Wien), 1984
- May, Alexander et al.: „**Basic research for a computer assisted real estate management**“, in: LACER (Leipzig Annual Civil Engineering Report) Nr. 1, Leipzig, 1996, S.385-389, (zit. 1996a)
- May, Alexander et al.: „**The latest developments in facility management research**“, in: LACER (Leipzig Annual Civil Engineering Report) Nr. 1, Leipzig, 1996, S.373-384, (zit. 1996b)
- May, Alexander et al.: „**Integral and simultaneous planning for the building installation contractor**“, in: LACER (Leipzig Annual Civil Engineering Report) Nr. 2, Leipzig, 1997, S. 469-480
- May, Alexander et al.: „**The components of corporate real estate management**“, in: LACER (Leipzig Annual Civil Engineering Report) Nr. 3, Leipzig, 1998, S.473-478
- May, Alexander et al.: „**Internationales Facility Management Symposium an der Universität Leipzig**“, in: LACER (Leipzig Annual Civil Engineering Report) Nr. 4, Leipzig, 1999, S. 17-18, (zit. 1999a)
- May, Alexander et al.: „**Geoinformationssysteme im Corporate Real Estate Management**“, in: LACER (Leipzig Annual Civil Engineering Report) Nr. 4, Leipzig, 1999, S.413-418, (zit. 1999b)
- May, Alexander et al.: „**Management stillgelegter Industriearale**“, in: LACER (Leipzig Annual Civil Engineering Report) Nr. 4, Leipzig, 1999, S. 435-440, (zit. 1999c)
- McLaughlin, Michael: „**The Very Game – A Tutorial on Mathematical Modeling**“, McLean, Eigenverlag, 1999
- McLaughlin, Michael: „**Regress+ Appendix A – A Compendium of Common Probability Distributions**“, 3. Auflage, McLean, Eigenverlag, 2001
- Meier, Claus: „**Investitions- und Folgekosten bei Bauvorhaben: Bedeutung und Planungskonsequenzen**“, 2. Auflage, Renningen-Malmsheim, expert – Verlag, 1996

- Microsoft Corporation: **„Microsoft Excel zum Nachschlagen – Band 2“**, Eigenverlag, 1992
- Möller, Dietrich-Alexander / Kalusche, Wolfdietrich: **„Planungs- und Bauökonomie – Wirtschaftslehre für Bauherrn und Architekten; Bd. 1 Grundlagen der wirtschaftlichen Bauplanung“**, 4. Auflage, München-Wien-Oldenbourg, Oldenbourg Verlag, 2001
- Naber, Sabine: **„Planung unter Berücksichtigung der Baunutzungskosten als Aufgabe des Architekten im Feld des Facility Management“**, Berlin, Peter Lang, 2002
- Nehm, Arnold et al.: **„Gebäudekosten 1997, Baupreistabellen 1997, Teil 1“**, Stuttgart, Müller, 1996
- Oberndorfer, Wolfgang et al.: **„Handwörterbuch der Bauwirtschaft“**, 2. Auflage, Wien, Österreichisches Normungsinstitut, 2001
- Oberndorfer, Wolfgang: **„Management und Abwicklung von Bauprojekten“**, Wien, Eigenverlag, Skriptum zur Lehrveranstaltung (Technische Universität Wien), Sommersemester 2003
- Oberndorfer, Wolfgang: **„Unternehmensplanung“**, Wien, Eigenverlag, Skriptum zur Lehrveranstaltung (Technische Universität Wien), Sommersemester 2003
- Öfverholm, Ingmar: **„Baukostenplanung – Folgekosten: Studie ausgeführt im Auftrag der Bundesbaudirektion Wien, Gz.: 690.118/I-II/I/86“**, Wien, Eigenverlag, Dissertation (Technische Universität Wien), 1986
- Österreichische Bau-Zeitung: **„Bauhandbuch 2001“**, Wien, Österreichischer Wirtschaftsverlag, 2001
- Österreichisches Institut für Normung: **„ÖNORM A 2050 – Vergabe von Aufträgen über Leistungen – Ausschreibung, Angebot und Zuschlag – Verfahrensnorm“**, Wien, 2000
- Österreichisches Institut für Normung: **„ENTWURF ÖNORM A 4000 – Abrechnung von Bewirtschaftungskosten von Gebäuden mit Miet- und Eigentumsobjekten“**, Wien, 2001
- Österreichisches Institut für Normung: **„ÖNORM A 4000 – Abrechnung von Bewirtschaftungskosten von Gebäuden mit Miet- und Eigentumsobjekten“**, Wien, 1996
- Österreichisches Institut für Normung: **„VORNORM ÖNORM A 7000 – Facility Management – Grundkonzepte“**, Wien, 2000
- Österreichisches Institut für Normung: **„ÖNORM A 7002 – Facility Management – Katalog von Anforderungen an Facility Manager“**, Wien, 2001
- Österreichisches Institut für Normung: **„ÖNORM B 1800 – Ermittlung von Flächen und Rauminhalten von Bauwerken“**, Wien, 1992
- Österreichisches Institut für Normung: **„ÖNORM B 1800 – Ermittlung von Flächen und Rauminhalten von Bauwerken“**, Wien, 2002

- Österreichisches Institut für Normung: „**ÖNORM B 1801-1 – Kosten im Hoch- und Tiefbau – Kostengliederung**“, Wien, 1995
- Österreichisches Institut für Normung: „**ÖNORM B 1801-2 – Kosten im Hoch- und Tiefbau – Objektdaten, Objektnutzung**“, Wien, 1997
- Österreichisches Institut für Normung: „**ÖNORM B 1801-3 – Bauprojekt- und Objektmanagement - Planungskennzahlen**“, Wien, 1999
- Österreichisches Institut für Normung: „**ÖNORM B 1801-4 – Bauprojekt- und Objektmanagement – Projektkommunikation**“, Wien, 1998
- Österreichisches Institut für Normung: „**ÖNORM B 1802 – Liegenschaftsbewertung – Grundlagen**“, Wien, 1997
- Österreichisches Institut für Normung: „**ÖNORM B 2061 – Preisermittlung für Bauleistungen – Verfahrensnorm**“, Wien, 1999
- Österreichisches Institut für Normung: „**ÖNORM B 2110 – Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen – Werkvertragsnorm**“, Wien, 2002
- Österreichisches Institut für Normung: „**ÖNORM B 2111 – Umrechnung veränderlicher Preise von Bauleistungen – Werkvertragsnorm**“, Wien, 2000
- Österreichisches Institut für Normung: „**ÖNORM B 2251 – Abbrucharbeiten – Werkvertragsnorm**“, Wien, 1996
- Petersen, Stephen R.: „**The NIST 'Building Life-Cycle Cost' – Program, Version 4.3., User's Guide and Reference Manual**“, Gaithersburg, National Institute of Standards and Technology (U.S. Department of Commerce), 1995
- Pfanner, Martin: „**Rechenmodell zur Ermittlung der Lebenszykluskosten für den geförderten Wohnbau in Niederösterreich**“, Wien, Eigenverlag, Diplomarbeit (Technische Universität Wien), 1998
- Raunikar, Heinz / Schabus, Günther: „**Informationsdatenbank für Liegenschaftsbewertung, Immobilien, Wohnbaufinanzierung und Steuerservice**“, Version 1.41, Feldkirchen, Eigenverlag, 2002
- Sageder, Armin: „**Stochastisch optimierte Lebenszyklusmodelle für Risikoanalysen in Kraftwerksmodellen**“, Wien, Eigenverlag, Dissertation (Technische Universität Wien), 1998
- Sager, Rainer: „**Die Bewertung der Investitions-, Betriebs- und Bauunterhaltungskosten von Gebäuden**“, Braunschweig, Eigenverlag, Dissertation (Technische Universität Braunschweig), 1979
- Scheid, Harald: „**Duden Rechnen und Mathematik**“, 6. Auflage, Mannheim-Leipzig-Wien-Zürich, Dudenverlag, 2000
- Schlittgen, Rainer: „**Zeitreihenanalyse**“, München-Wien-Oldenbourg, Oldenbourg Verlag, 1997
- Schmitz, Heinz et al.: „**Bauteilkosten – Modernisierung und Instandsetzung**“, 2. Auflage, Essen, Verlag für Wirtschaft und Verwaltung Hubert Wingen, 1985
- Schuster, Bernd: „**Steuer- und Wirtschaftsinformationen 2002**“, Wien, GESCO, 2002

- Spies, Marcus: „**Unsicheres Wissen – Wahrscheinlichkeit, Fuzzy-Logik, neuronale Netze und menschliches Denken**“, Heidelberg – Berlin – Oxford, Spektrum Akademischer Verlag, 1993
- Statistik Austria: „**Statistisches Jahrbuch Österreichs 2002**“, Wien, Eigenverlag, 2001
- Staudt, Erich / Kriegesmann, Bernd / Thomzik, Markus: „**Facility Management – Der Kampf um Marktanteile beginnt**“, Frankfurt/Main, Frankfurter Allgemeine Zeitung – Verlag-Bereich Buch, 1999
- Strehl, Gustav: „**Ein Modell für die Ermittlung eines Angebotspreises von Bauleistungen bei stochastischer Kostenermittlung**“, Wien, Eigenverlag, Dissertation (Technische Universität Wien), 1983
- Swoboda, Peter: „**Investition und Finanzierung**“, 4. Auflage, Göttingen, Vandenhoeck und Ruprecht, 1992
- Tarassov, Lev: „**Wie der Zufall will? – Vom Wesen der Wahrscheinlichkeit**“, 1993
- Unfallverhütungsdienst der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt: „**Merkblatt M 225, Abbrucharbeiten**“, 1. Auflage, Wien, Eigenverlag, (*Jahr unbekannt*), (zit. AUVA, Merkblatt M 225)
- Wellpott, Edwin: „**Technischer Ausbau von Gebäuden**“, 8. Auflage, Stuttgart-Berlin-Köln, Kohlhammer, 2000
- WEG (Wirtschaftspark-Entwicklungs-Gesellschaft mbH.): „**Machbarkeitsuntersuchung Technologiepark Linz – Winterhafen**“, Wien, Eigenverlag, 1998
- Winkler, Walter: „**Hochbaukosten, Flächen, Rauminhalte**“, 10. Auflage, Braunschweig, Vieweg-Verlag, 1998

Anhang

A. Komponenten des entwickelten Rechenmodells

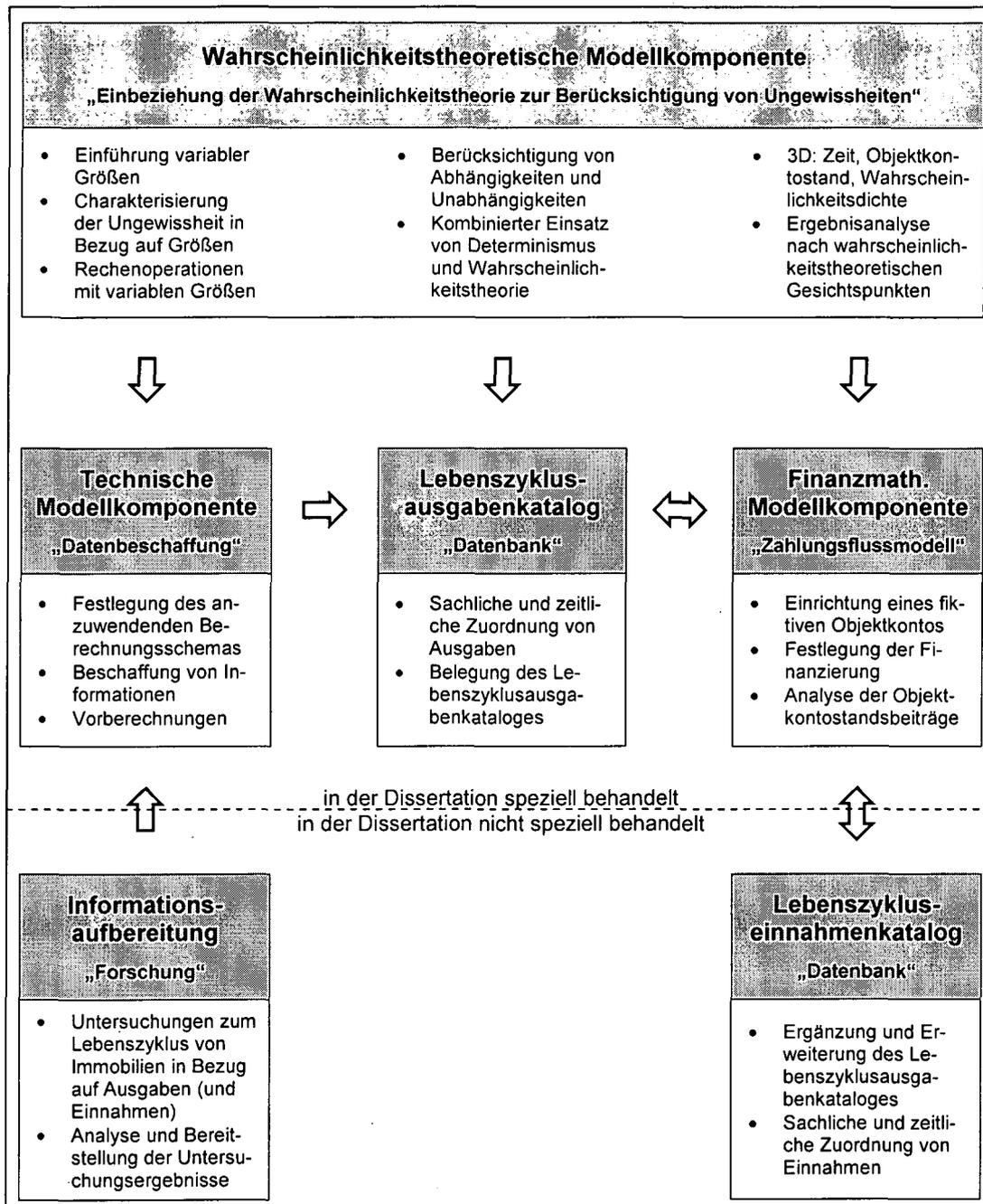


Abbildung A-1 – Komponenten des Rechenmodells

B. Gliederungen für Kosten / Ausgaben / Einnahmen

B.1. Kostengliederung gemäß ÖNORM B 1801-1

0 Grund

0A Allgemeine Maßnahmen

0A.01 Allgemeine Maßnahmen:

Maßnahmen, die im Zusammenhang mit dem Erwerb eines Grundes stehen.

0A.99 Sonstiges:

Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.

0B Grunderwerb

0B.01 Erwerb Grund

Erwerb des Grundes.

0B.02 Erwerb Baurecht

Erwerb des Baurechtes am Grund.

0B.99 Sonstiges

Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.

0C Erwerbsnebenkosten

0C.01 Vorstudien, Gutachten

Vorstudien und Gutachten, die für den beabsichtigten Erwerb eines Grundes oder Baurechtes anfallen.

0C.02 Wertermittlung/Untersuchung

Wertermittlungen, Untersuchungen zu Baugrund, Altlasten, Bebaubarkeit, soweit sie der Grundbeurteilung dienen.

0C.03 Gebühren/Steuern

Gerichtsgebühren, Notariatsgebühren, Maklerhonorare, Vermessungshonorare, Genehmigungsgebühren, Grunderwerbsteuer.

0C.99 Sonstiges

Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.

0D Spezielle Maßnahmen

0D.01 Abfindungen

Abfindungen und Entschädigungen für bestehende Nutzungsrechte, z.B.: Miet- und Pachtverträge.

0D.02 Ablösen von Rechten und Lasten

Ablösen von Lasten und Beschränkungen, z.B.: Wegerechte

0D.99 Sonstiges

Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.

1 Aufschließung

1A Allgemeine Maßnahmen

1A.01 Allgemeine Maßnahmen

Maßnahmen für gemeinsame Baustelleninstallation, Gerüste u. dgl.

1A.99 Sonstiges

Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.

1 B Baureifmachung

1B.01 Sicherungsmaßnahmen

Schutz von vorhandenen Bauwerken, Bauteilen, Versorgungsleitungen sowie Sichern von Bewuchs und Vegetationsschichten.

1B.02 Abbruchmaßnahmen

Abbrechen und Beseitigen von vorhandenen Bauwerken, Ver- und Versorgungsleitungen sowie Verkehrsanlagen

1B.03 Geländeoberfläche herrichten

Roden von Bewuchs, Planieren, Bodenbewegungen einschließlich Oberbodensicherung.

1B.99 Sonstiges

Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.

1C Erschließungen

1C.01 Abwasserentsorgung

Abwasserentsorgungsanlagen und -leitungen bis Hausanschluss (z.B. Übergabestelle).

1C.09 Sonstige Entsorgungen

Entsorgungsanlagen und -leitungen, die nicht der Abwasserentsorgung dienen, bis Hausanschluss.

1C.11 Wasserversorgung

Wasserversorgungsanlagen und -leitungen bis Hausanschluss, Brunnen.

1C.12 Gasversorgung

Gasversorgungsanlagen und -leitungen bis Hausanschluss.

1C.13 Fernwärmeversorgung

Fernwärmeversorgungsanlagen und -leitungen bis Hausanschluss.

1C.14 Stromversorgung

Stromversorgungsanlagen und -leitungen bis Hausanschluss.

1C.15 Telekommunikation	Telekommunikationsversorgungsanlagen und -leitungen bis Hausanschluss.
1C.19 Sonstige Versorgungen	Versorgungsanlagen und -leitungen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
1C.21 Verkehrserschließungen	Verkehrsflächen und technische Verkehrsanlagen, die für die Erschließung des Grundstückes erforderlich sind (ohne Verkehrsflächen innerhalb des Grundstückes).
1C.29 Sonstige Erschließungen	Verkehrerschließungen und -anlagen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
1C.99 Sonstiges	Entsorgungen, Versorgungen und Verkehrserschließungen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
1D Spezielle Maßnahmen	
1D.01 Alllastenbeseitigung	Beseitigen von gefährlichen Stollen, Sanieren belasteter (kontaminierter) Böden.
1D.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.

2 Bauwerk - Rohbau

2A Allgemeine Maßnahmen

2A.01 Besondere Baustelleneinrichtung	Einrichten, Vorhalten, Betreiben und Räumen der vom Auftraggeber besonders in Auftrag gegebenen Baustelleneinrichtung.
2A.02 Sicherungsmaßnahmen	Sicherungsmaßnahmen an bestehenden Bauwerken, z.B. Unterfangungen, Abstützungen.
2A.03 Gerüstungen	Auf-, Um-, Abbauen, Vorhalten der vom Auftraggeber besonders in Auftrag gegebenen Gerüstungen.
2A.04 Schlechtwettermaßnahmen	Winterbau-Schutzvorkehrungen wie Notverglasungen, Abdeckungen und Umhüllungen, Erwärmung des Bauwerks, Schneeräumung.
2A.05 Baustellenrecycling	Maßnahmen zum Recycling, zur Zwischendeponie und zur Aufbereitung von Materialien, die am Objekt wiederverwendet werden.
2A.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.

2B Erdarbeiten/Baugrube

2B.01 Baugrubenherstellung	Bodenabtrag, Aushub einschließlich Arbeitsräume und Böschungen, Lagern, Hinterfüllen, Ab- und Anfuhr.
2B.02 Baugrubenumschließung	Verbau, z.B.: Schlitz-, Pfahl-, Spund-, Trägerbohl-, Injektions- und Spritzbetonwände, einschließlich Verankerung, Absteifung.
2B.03 Wasserhaltung	Grund- und Schichtenwasserbeseitigung während der Bauzeit.
2B.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.

2C Gründungen/Bodenkonstruktionen

2C.01 Baugrundverbesserungen	Bodenaustausch, Verdichtung, Einpressung
2C.02 Tiefgründungen	Schlitzwände, Pfahlgründungen, Brunnengründungen u a. einschließlich Roste und Verankerungen
2C.03 Flachgründungen	Einzel-, Streifenfundamente, Fundamentplatten
2C.04 Bodenkonstruktionen	Unterböden und Bodenplatten, die nicht der Fundierung dienen.
2C.05 Bauwerksabdichtungen	Abdichtungen des Bauwerks, einschließlich Drainage-, Filter-, Trenn- und Schutzschichten.
2C.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.

2D Horizontale Baukonstruktionen

2D.01 Deckenkonstruktionen	Konstruktionen von Decken, Stiegen, Rampen, Balkonen, einschließlich füllender Teile wie Hohlkörper, Blindböden, Schüttungen.
2D.02 Dachkonstruktionen	Konstruktionen von Dächern, Dachstühlen, Raumtragwerken und Kuppeln einschließlich Über- und Unterzüge und füllender Teile.
2D.03 Spezielle Konstruktionen	Konstruktionen von Decken oder Dächern spezieller Art, die in den angeführten Elementen nicht angeführt sind, z.B.: Zeltdächer.
2D.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.

2E Vertikale Baukonstruktionen	
2E.01 Außenwandkonstruktionen	Tragende und nichttragende Außenwandkonstruktionen, einschließlich horizontaler Abdichtung, Brüstungen, Ausfachungen.
2E.02 Innenwandkonstruktionen	Tragende und nichttragende Innenwandkonstruktionen, einschließlich horizontaler Abdichtung, Brüstungen, Ausfachungen.
2E.03 Stützenkonstruktionen	Außen-/Innenstützen- und Pfeilerkonstruktionen mit einem Querschnittverhältnis $< 1 : 5$.
2E.04 Spezielle Konstruktionen	Konstruktionen von Wänden, Stützen und Pfeilern spezieller Art, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
2E.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
2F Spezielle Baukonstruktionen	
2F.01 Brücken	Brückenkonstruktionen einschließlich aller tragenden und nichttragenden Konstruktionsteile, Ausbauten und technischen Einrichtungen.
2F.02 Spezielle Fertigteile	Spezielle Fertigteilkonstruktionen, die nicht für Boden-, Decken-, Wand- und Stützenkonstruktionen Anwendung finden.
2F.03 Kollektoren	Konstruktionen für Kollektoren
2F.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
2G Rohbau zu Bauwerk-Technik	
2G.01 Abwasserentsorgung	Abwasserentsorgungsanlagen und -leitungen ab Hausanschluss.
2G.02 Rauch- und Abgasfänge	Konstruktionen von Fängen, die zur Ableitung von Rauchgasen, Gas und sonstigen gasförmigen Medien dienen.
2G.09 Sonstige Entsorgungen	Entsorgungsanlagen und -leitungen, die nicht der Abwasserentsorgung dienen, ab Hausanschluss.
2G.11 Wasserversorgung	Wasserversorgungsanlagen und -leitungen ab Hausanschluss.
2G.12 Gasversorgung	Gasversorgungsanlagen und -leitungen ab Hausanschluss.
2G.13 Fernwärmeversorgung	Fernwärmeversorgungsanlagen und -leitungen ab Hausanschluss.
2G.14 Stromversorgung	Stromversorgungsanlagen und -leitungen ab Hausanschluss.
2G.15 Telekommunikation	Telekommunikationsversorgungsanlagen und -leitungen ab Hausanschluss.
2G.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
<hr/>	
3 Bauwerk - Technik	
<hr/>	
3A Allgemeine Maßnahmen	
3A.01 Besondere Baustelleneinrichtung	Einrichten, Vorhalten, Betreiben und Räumen der vom Auftraggeber besonders in Auftrag gegebenen Baustelleneinrichtung.
3A.02 Sicherungsmaßnahmen	Sicherungsmaßnahmen an bestehenden Bauwerken, z.B.: Unterfangungen, Abstützungen
3A.03 Gerüstungen	Auf-, Um-, Abbauen, Vorhalten der vom Auftraggeber besonders in Auftrag gegebenen Gerüstungen.
3A.04 Schlechtwettermaßnahmen	Winterbauschutzvorkehrungen wie Notverglasungen, Abdeckungen und Umhüllungen, Erwärmung des Bauwerks, Schneeräumung.
3A.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
3B Förderanlagen	
3B.01 Aufzugsanlagen	Personenaufzüge, Lastenaufzüge.
3B.02 Fahrtreppen	Fahrtreppen, Fahrsteige
3B.03 Befahranlagen	Fassadenaufzüge und andere Befahranlagen.
3B.04 Transportanlagen	Automatische Warentransportanlagen, Aktentransportanlagen, Rohrpostanlagen, Hebebühnen, Rampenanpassungen.
3B.05 Krananlagen	Krananlagen einschließlich Hebezeuge
3B.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
3C Wärmeversorgungsanlagen	
3C.01 Wärmeerzeugungsanlagen	Brennstoffversorgung, Wärmeübergabestationen, Wärmeerzeugung, zentrale Wassererwärmungsanlagen
3C.02 Wärmeverteilnetze	Pumpen, Verteiler. Rohrleitungen für Raumheizflächen, raumlufttechnische Anlagen und sonstige Wärmeverteiler

3C.03 Raumheizflächen	Heizkörper, Flächenheizsysteme.
3C.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
3D Klima-/Lüftungsanlagen	
3D.01 Lüftungsanlagen	Abluftanlagen, Zuluftanlagen, Zu- und Abluftanlagen mit oder ohne thermodynamische Luftbehandlung, mechanische Entrauchungsanlagen.
3D.02 Teilklimaanlagen	Anlagen mit zwei oder drei thermodynamischen Luftbehandlungsfunktionen.
3D.03 Klimaanlagen	Anlagen mit vier thermodynamischen Luftbehandlungsfunktionen.
3D.04 Kälteanlagen	Kälteanlagen für lufttechnische Anlagen. Kälteerzeugung, Rückkühlanlagen, Pumpen, Verteiler, Rohrleitungen.
3D.05 Prozesslufttechnische Anlagen	Abluftreinigungsanlagen, Prozessfortluftsysteme, Absauganlagen.
3D.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind, z.B.: Klimadecken, Abluftfenster, Doppelböden u.a.m.
3E Sanitär-/Gasanlagen	
3E.01 Abwasseranlagen	Abläufe, Abwasserleitungen, Abwassersammelanlagen, Abwasserbehandlungsanlagen, Hebeanlagen.
3E.02 Wasseranlagen	Wassergewinnungs-, Aufbereitungs-, Druckerhöhungsanlagen, Rohrleitungen, dezentrale Wasserwärmer, Sanitärobjekte.
3E.03 Gasanlagen	Gasanlagen mit Übergabestation, Druckregelung und Leitungen, soweit nicht in Elementgruppe 3C Wärmeversorgungsanlagen oder 5B Betriebseinrichtungen enthalten.
3E.04 Feuerlöschanlagen	Sprinkler-, CO-Anlagen, Löschwasserleitungen, Wandhydranten, Feuerlöschgeräte.
3E.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind, z.B.: Installationsblöcke, Sanitärzellen.
3F Starkstromanlagen	
3F.01 Hoch-/Mittelspannungsanlage	Schaltanlagen, Transformatoren.
3F.02 Eigenstromversorgung	Stromerzeugungsaggregate einschließlich Kühlung, Abgasanlage, Brennstoffversorgung.
3F.03 Niederspannungsschaltanlagen	Niederspannungs-Hauptverteiler, Blindstrom-Kompensationsanlagen, Maximumüberwachungsanlagen.
3F.04 Niederspannungsinstallation	Rohre, Kabel, Leitungen, Unterverteiler, Verlegesysteme, Installationsgeräte und Erdungsanlagen.
3F.05 Beleuchtungsanlagen	Ortsfeste Leuchten, einschließlich Leuchtmittel
3F.06 Blitzschutzanlagen	Blitzschutzanlagen.
3F.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind, z.B.: Frequenzumformer.
3G Schwachstromanlagen (Informationstechnologie)	
3G.01 Telekommunikationsanlagen	Telekommunikationsanlagen mit zugehörigem Verteiler, Kabel und Leitungen.
3G.02 Such-/Signalanlagen	Personenrufanlagen, Lichtruf- und Klingelanlagen, Türsprech- und Türöffneranlagen mit Verteiler, Kabel und Leitungen.
3G.03 Zeitdienstanlagen	Uhren- und Zeiterfassungsanlagen mit zugehörigem Verteiler, Kabel, Leitungen.
3G.04 Elektroakustische Anlagen	Beschallungsanlagen, Konferenz-/Dolmetschanlagen, Gegen- und Wechselsprechanlagen mit Verteiler, Kabel, Leitungen.
3G.05 Fernseh-/Antennenanlagen	Fernsehanlagen einschließlich Sende- und Empfangsantennenanlagen, Umsetzer, soweit nicht in den anderen Anlagen enthalten.
3G.06 Gefahrenmelde-/Alarmanlagen	Brand-, Überfall-, Einbruchmeldeanlagen, Wächter-, Zugangskontroll-, Raumbewachungsanlagen mit Verteiler, Kabel und Leitungen.
3G.07 Übertragungsnetze	Kabelnetze zur Übertragung von Daten, Sprache, Text und Bild, soweit nicht in anderen Elementgruppen erfasst.
3G.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind, z.B.: Verlegesysteme, Fernwirkanlagen, Parkleitsystem.
3H Gebäudeautomation	
3H.01 Mess-, Steuer-, Regel- und Leitanlagen	Mess-, Steuer-, Regel- und Leitanlagen mit zugehörigem Heizungs-, Lüftungs-, Leitanlagen und Sanitär-Verteiler und Verkabellung.
3H.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.

3I Spezielle Anlagen	
3I.01 Maschinenanlagen	Maschinenanlagen, soweit nicht in den anderen angeführten Elementgruppen erfasst.
3I.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
4 Bauwerk - Ausbau	
4A Allgemeine Maßnahmen	
4A.01 Besondere Baustelleneinrichtung	Einrichten, Vorhalten, Betreiben und Räumen der vom Auftraggeber besonders in Auftrag gegebenen Baustelleneinrichtung.
4A.02 Sicherungsmaßnahmen	Sicherungsmaßnahmen an bestehenden Bauwerken, z.B.: Unterfangungen, Abstützungen
4A.03 Gerüstungen	Auf-, Um-, Abbauen, Vorhalten der vom Auftraggeber besonders in Auftrag gegebenen Gerüstungen.
4A.04 Schlechtwettermaßnahmen	Winterbau-Schutzvorkehrungen wie Notverglasungen, Abdeckungen und Umhüllungen, Erwärmung des Bauwerks, Schneeräumung.
4A.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
4B Innenverkleidungen	
4B.01 Bodenbeläge	Bodenbeläge und -verkleidungen auf Boden- und Deckenkonstruktionen einschließlich Estrich, Dichtungs-, Dämm-, Nutz-, Schutzschicht
4B.02 Wandverkleidungen	Verkleidungen einschließlich Putz, Dichtungs-, Dämm-, Schutzschichten und Beschichtungen an Wänden und Stützen im Bauwerkinneren.
4B.03 Deckenverkleidungen	Verkleidungen unter Deckenkonstruktionen einschließlich Putz, Dichtungs-, Dämm-, Schutzschichten und Beschichtungen; Licht- und Kombinationsdecken
4B.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
4C Außenverkleidungen	
4C.01 Fassadenverkleidungen	Verkleidungen einschließlich Putz, Dichtungs-, Dämm-, Schutzschichten an Außenwänden, Stützen, Gebäude- und Dachuntersichten.
4C.02 Dachbeläge	Beläge auf Dachkonstruktionen einschließlich Schalungen, Dichtungs-, Dämm-, Nutz-, Schutzschicht und Dachentwässerung, Gründächer.
4C.03 Balkon- und Terrassenbeläge	Beläge auf Balkonen und als Terrasse benutzten Bauteilen, einschließlich Dichtungs-, Dämm-, Nutz-, Schutzschicht und Entwässerung.
4C.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
4D Spezielle Verkleidungen	
4D.01 Spezielle Verkleidungen	Innen- und Außenverkleidungen spezieller Art, die in den angeführten Elementen nicht erfasst sind.
4D.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
4E Ausbauteile innen	
4E.01 Innentüren, Innenfenster	Türen und Tore, Fenster, Schaufenster einschließlich Umrahmungen, Beschläge, Antriebe und sonstige eingebaute Elemente.
4E.02 Innenwandelemente	Wandelemente, bestehend aus Innenwänden, -türen, -fenstern, -verkleidungen, z.B.: Falt- und Schiebewände, Sanitärtrennwände
4E.03 Feste Einbauteile	Gitter, Roste, Geländer, Handläufe, Stossabweiser, Leitern, Brüstungsverbauten.
4E.04 Schutzraumbauteile	Spezielle Einbauten und Ausrüstungen für Schutzräume.
4E.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
4F Ausbauteile außen	
4F.01 Fenster, Außentüren, Tore	Außentüren und Tore, Fenster, Schaufenster einschließlich Umrahmungen, Beschläge, Antriebe und sonstige eingebaute Elemente.

4F.02 Sonnenschutz	Rollläden, Markisen, Jalousien, Läden und sonstige Sonnenschutzmaßnahmen, einschließlich Antriebe.
4F.03 Dachfenster/-öffnungen	Dachfenster, Ausstiege einschließlich Umrahmungen, Beschläge, Antriebe, Lüftungen und sonstige eingebaute Elemente.
4F.04 Feste Einbauteile	Geländer, Handläufe, Schutzgitter, Schneefänge, Dachleitern, Stossabweiser, Gitter, Laufbohlen
4F.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
4G Spezielle Ausbauteile	
4G.01 Spezielle Ausbauteile innen	Ausbauteile innen von spezieller Art, die in den angeführten Elementen nicht erfasst sind.
4G.02 Spezielle Ausbauteile außen	Ausbauteile außen von spezieller Art, die in den angeführten Elementen nicht erfasst sind.
4G.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.

5 Einrichtung

5A Allgemeine Maßnahmen

5A.01 Besondere Baustelleneinrichtung	Einrichten, Vorhalten, Betreiben und Räumen der vom Auftraggeber besonders in Auftrag gegebenen Baustelleneinrichtung.
5A.02 Sicherungsmaßnahmen	Sicherungsmaßnahmen an bestehenden Bauwerken, z.B.: Unterfangungen, Abstützungen, Abdeckungen.
5A.03 Gerüstungen	Auf-, Um-, Abbauen, Vorhalten der vom Auftraggeber besonders in Auftrag gegebenen Gerüste.
5A.04 Schlechtwettermaßnahmen	Winterbau-Schutzvorkehrungen wie Notverglasungen, Abdeckungen und Umhüllungen, Erwärmung des Bauwerks, Schneeräumung.
5A.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.

5B Betriebseinrichtungen

5B.01 Küchentechnische Anlagen	Einrichtungen zur Speise- und Getränkezubereitung, -abgabe und -lagerung einschließlich zugehöriger Kälteanlagen.
5B.02 Wäscherei-Reinigungsanlagen	Anlagen einschließlich zugehörige Wasseraufbereitung, Desinfektions- und Sterilisationseinrichtungen.
5B.03 Medienversorgungsanlagen	Medizinische und technische Gase, Vakuum, Flüssigchemikalien, einschließlich Erzeugung, Lagerung, Leitungen, Regelungen, Entnahme
5B.04 Medizintechnische Anlagen	Ortsfeste medizintechnische Anlagen, soweit nicht in Elementgruppe 5C Ausstattungen erfasst.
5B.05 Labortechnische Anlagen	Ortsfeste labortechnische Anlagen, soweit nicht in Elementgruppe 5C Ausstattungen erfasst.
5B.06 Badetechnische Anlagen	Aufbereitungsanlagen für Schwimmbeckenwasser, soweit nicht in Elementgruppe 3E Sanitär-/Gasanlagen erfasst.
5B.07 Kälteanlagen	Kälteversorgungsanlagen, soweit nicht in anderen Elementgruppen erfasst, z.B.: Eissportflächen.
5B.08 Entsorgungsanlagen	Abfall- und Medienentsorgungsanlagen, Staubsauganlagen, soweit nicht in Elementgruppe 5C Ausstattungen erfasst.
5B.09 Automationssysteme	Automationsstationen, Bedien-, Beobachtungs-, Programmier-einrichtungen, Sensoren, Aktoren, Software-, Automations-schnittstelle.
5B.10 Zentrale Einrichtungen	Leitstationen mit Peripherieeinrichtungen, Einrichtungen für Systemkommunikation zu Automationsstationen.
5B.11 Allgemeine betriebliche Einrichtungen	Betriebliche Einrichtungen allgemeiner Art, die in den angeführten Elementen nicht erfasst sind.
5B.12 Besondere betriebliche Einrichtungen	Betriebliche Einrichtungen besonderer Art, die in den angeführten Elementen nicht erfasst sind.
5B.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.

5C Ausstattungen

5C.01 Allgemeine Ausstattung	Möbel, Regale, Textilien, Wäsche, Haus- und Wirtschaftsgeräte, Reinigungsgeräte.
5C.02 Besondere Ausstattung	Ausstattungsgegenstände für besondere Zweckbestimmung, wie wissenschaftliche, medizinische, technische Geräte.
5C.03 Leitsysteme	Wegweiser, Orientierungstafeln, Farbleitsysteme, Werbeanlagen.
5C.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.

5D Kunst am Bau 5D.O1 Kunstobjekte	Kunstwerke zur Ausgestaltung des Bauwerks oder der Außenanlagen.
--	--

6 Außenanlagen

6A Allgemeine Maßnahmen	
6A.01 Besondere Baustelleneinrichtung	Einrichten, Vorhalten, Betreiben und Räumen der vom Auftraggeber besonders in Auftrag gegebenen Baustelleneinrichtung.
6A.02 Sicherungsmaßnahmen	Sicherungsmaßnahmen an bestehenden Bauwerken, z.B.: Unterfangungen, Abstützungen.
6A.03 Gerüstungen	Auf-, Um-, Abbauen, Vorhalten der vom Auftraggeber besonders in Auftrag gegebenen Gerüstungen.
6A.04 Schlechtwettermaßnahmen	Winterbau-Schutzvorkehrungen wie Notverglasungen, Abdeckungen und Umhüllungen, Erwärmung des Bauwerks, Schneeräumung.
6A.05 Baustoffrecycling	Maßnahmen zum Recycling, zur Zwischendeponie und zur Aufbereitung von Materialien, die am Objekt wiederverwendet werden.
6A.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
6B Geländeflächen	
6B.01 Geländegestaltung	Bodenabtrag und Bodenauftrag.
6B.02 Oberbodenbearbeitung	Vegetationstechnische Bodenbearbeitung, Bodenlockerung, Bodenverbesserung.
6B.03 Sicherungsbauweisen	Vegetationsstücke, Geotextilien, Flechtwerk
6B.04 Pflanzen	Pflanzenlieferung und -versetzung einschließlich Fertigstellungspflege
6B.05 Begrünung	Gelände Begrünung, Rasenlieferung und -einbau einschließlich Fertigstellungspflege; ohne Spiel- und Sportrasenflächen (6C).
6B.06 Begrünung	Bauteile Begrünungen auf Bauteilen, einschließlich Wurzelschutz, vegetarischer Unterbau und Fertigstellungspflege.
6B.07 Wasserflächen	Naturnahe Wasserflächen.
6B.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
6C Befestigte Flächen	
6C.01 Wege	Befestigte Flächen für den Fuß- und Radfahrverkehr.
6C.02 Straßen	Flächen für den Leicht- und Schwerverkehr, Fußgängerzonen mit Anlieferungsverkehr.
6C.03 Plätze, Stellplätze, Höfe	Gestaltete Platzflächen, Innenhöfe, Flächen für den ruhenden Verkehr.
6C.04 Sport-/Spielplatzflächen	Sportrasenflächen, Kunststoffsportflächen, gestaltete Spielplatzflächen.
6C.05 Gleisanlagen	Gleisanlagen einschließlich Unterbau und Oberbau.
6C.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
6D Bauliche Außenanlagen-Rohbau	
6D.01 bis 6D.90	Für Baukonstruktionen der Außenanlagen die entsprechenden Elemente aus Kostenbereich 2 (Bauwerk-Rohbau) verwenden.
6D.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
6E Bauliche Außenanlagen-Technik	
6E.01 bis 6E.90	Für technische Anlagen der Außenanlagen die entsprechenden Elemente aus Kostenbereich 3 (Bauwerk-Technik) verwenden.
6E.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
6F Bauliche Außenanlagen-Ausbau	
6F.01 bis 6F.90	Für Aus- und Einbauten der Außenanlagen die entsprechenden Elemente aus Kostenbereich 4 (Bauwerk-Ausbau) verwenden.
6F.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
6G Einrichtungen Außenanlagen	
6G.01 bis 6G.90	Für Einrichtungen der Außenanlagen die entsprechenden Elemente aus Kostenbereich 5 (Einrichtung) verwenden.

6G.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
6H Einfriedungen	
6H.01 Einfriedungen mit Fundierung	Begrenzungsmauern aus Beton, Mauerwerk, Bruchstein u. dgl.
6H.02 Einfriedungen ohne Fundierung	Maschendrahtzäune u. dgl..
6H.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
<hr/>	
7 Honorare	
<hr/>	
7A Allgemeine Maßnahmen	
7A.01 Allgemeine Maßnahmen	Gemeinsame Maßnahmen für die Beteiligten.
7A.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
7B Vorbereitung/Objektplanung	
7B.01 Untersuchungen	Standortanalysen, Baugrundgutachten, Verkehrsanbindungen, Bestandsanalysen.
7B.02 Wertermittlungen	Gutachten zur Ermittlung von Gebäudewerten, soweit nicht in Elementgruppe 0C.02 Wertermittlung/Untersuchung erfasst.
7B.03 Städtebauliche Leistungen	Vorbereitende Bebauungsstudien.
7B.04 Landschaftsplanung	Vorbereitende Grünplanstudien.
7B.05 Wettbewerbe	Ideenwettbewerbe und Realisierungswettbewerbe.
7B.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
7C Bauherrenaufgaben	
7C.01 Projektleitung	Überwachung und Vertretung der Bauherreninteressen.
7C.02 Projektsteuerung	Übergeordnete Kontroll- und Projektsteuerungsleistung der Organisation, Kosten, Termine, Qualität und Quantität.
7C.03 Betriebs-/Organisationsberatung	Beratung für betriebliche Organisation, Raum- und Funktionsprogramm, Ablaufplanung, Inbetriebnahme.
7C.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
7D Planungsleistungen	
7D.01 Gebäude	Leistungen nach Vereinbarung bzw. Honorar- oder Gebührenordnung.
7D.02 Freianlagen	Leistungen nach Vereinbarung bzw. Honorar- oder Gebührenordnung.
7D.03 Raumbildende Ausbauten	Leistungen nach Vereinbarung bzw. Honorar- oder Gebührenordnung.
7D.04 Ingenieurbauwerke	Leistungen nach Vereinbarung bzw. Honorar- oder Gebührenordnung.
7D.05 Tragwerksplanung	Leistungen nach Vereinbarung bzw. Honorar- oder Gebührenordnung.
7D.06 Technische Ausrüstung	Leistungen nach Vereinbarung bzw. Honorar- oder Gebührenordnung.
7D.07 Einrichtungsplanung	Leistungen nach Vereinbarung bzw. Honorar- oder Gebührenordnung.
7D.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
7E Gutachten / Beratungen	
7E.01 Thermische Bauphysik	Leistungen nach Vereinbarung bzw. Honorar- oder Gebührenordnung.
7E.02 Schallschutz/Raumakustik	Leistungen nach Vereinbarung bzw. Honorar- oder Gebührenordnung.
7E.03 Bodenmechanik	Leistungen nach Vereinbarung bzw. Honorar- oder Gebührenordnung.
7E.04 Vermessung	Leistungen nach Vereinbarung bzw. Honorar- oder Gebührenordnung.
7E.05 Lichttechnik	Leistungen nach Vereinbarung bzw. Honorar- oder Gebührenordnung.
7E.06 Technische Ausrüstung	Leistungen nach Vereinbarung bzw. Honorar- oder Gebührenordnung.
7E.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.

7F Eigenleistungen	
7F.01 Vorbereitung/Objektplanung	Leistungen, die der Bauherr selbst erbringt.
7F.02 Planungsleistungen	Leistungen, die der Bauherr selbst erbringt.
7F.04 Gutachten/Beratungen	Leistungen, die der Bauherr selbst erbringt.
7F.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
<hr/>	
8 Nebenkosten	
<hr/>	
8A Allgemeine Maßnahmen	
8A.01 Allgemeine Maßnahmen	Gemeinsame Maßnahmen für die Beteiligten, z.B.: Grundsteinlegung, Richtfest, Telefongebühren.
8A.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
8B Baunebenkosten	
8B.01 Bewilligungen, Abnahmen	Prüfungen, Genehmigungen, Abnahmen; Vermessungsgebühren für Kataster
8B.02 Anschlussgebühren	Anschlussgebühren für Abwasser, Wasser, Strom, Gas, Fernwärme, Telefon, Fernsehen und Radio, öffentlicher Verkehr.
8B.03 Bewirtschaftungskosten	Baustellenbewachung, Nutzungsschädigung während Bauzeit.
8B.04 Bemusterungskosten	Modellversuche, Modelle, Musterstücke, Bemusterungen, Eignungsversuche, Eignungsmessungen
8B.05 Betriebskosten während Bauzeit	Vorläufigen Betrieb, insbesondere der technischen Anlagen, bis zur Inbetriebnahme.
8B.06 Vervielfältigungen	Vervielfältigungen und Dokumentation.
8B.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
8C Versicherungen	
8C.01 Bauversicherung	Haftpflicht- und Bauwesenversicherung für das Objekt während der Objekterrichtung.
8C.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
<hr/>	
9 Reserven	
<hr/>	
9A Allgemeine Maßnahmen	
9A.01 Allgemeine Maßnahmen	Gemeinsame Maßnahmen für die Beteiligten.
9A.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.
9B Reservemittel	
9B.01 Reservemittel-Unvorhergesehenes	Reservemittel für nicht voraussehbare Ereignisse, z.B.: im Bereich des Baugrundes, bei Umbauten, Erschließungen.
9B.02 Reservemittel-Teuerungen	Reservemittel, die für vorausgeschätzte Teuerungen während der Bauzeit vorgesehen sind.
9B.03 Reservemittel-Bauherrenentscheid	Reservemittel, die dem Bauherren für zukünftige Entscheidungen bei Abweichungen von Qualitäts- und Quantitätsvorgaben zustehen.
9B.99 Sonstiges	Alle Maßnahmen, die in den angeführten Elementen nicht berücksichtigt sind.

Erläuterung zur Elementbezeichnung

z.B.: 9B.02 Reservemittel-Teuerungen:	Kostenbereich = 9 Reserven Grobelement = 9B Reservemittel Element = 9B.02 Reservemittel-Teuerungen
---------------------------------------	--

B.2. Kostengliederung gemäß ÖNORM B 1801-2

1 Kapitalkosten	Zinsen für Fremdmittel und Eigenleistungen.
1.1 Fremdmittel	Zinsen für Fremdmittel und vergleichbare Kosten, die zufolge der Anschaffungskosten oder des Objektbestandes anfallen können, z.B.: Darlehenszinsen, Leistungen aus Rentenschulden, Leistungen aus Dienstbarkeiten auf fremden Grundstücken, soweit sie mit dem Objekt in unmittelbarem Zusammenhang stehen.
1.2 Eigenleistungen	Eigenkapitalzinsen und Zinsen für den Wert anderer Eigenleistungen, z.B.: der Arbeitsleistungen, der eingebrachten Baustoffe, des vorhandenen Grundstückes, vorhandener Bauteile.
2 Abschreibungen	Wertminderung von Objekten, Anlagen und Einrichtungen.
2.1 ordentliche Abschreibungen	Abschreibungen für verbrauchsbedingte Wertminderungen von Objekten, Anlagen und Einrichtungen.
2.2 außerordentliche Abschreibungen	vorzeitige Abschreibungen nach technischen und wirtschaftlichen Gegebenheiten
3 Steuern und Abgaben	Steuern und Abgaben, die bestandsbedingt anfallen und nicht aus betrieblicher Nutzung.
3.1 Steuern	Steuern für Objekte, Anlagen, Einrichtungen und Grundstücke, die bestandsbedingt anfallen, z.B.: Grundsteuer.
3.2 Abgaben	Abgaben für Objekte, Anlagen, Einrichtungen und Grundstücke, die bestandsbedingt anfallen, z.B.: Gebrauchsabgaben.
4 Verwaltungskosten	Kosten der Fremd- und Eigenleistungen für die Objekt- und Grundstückverwaltung.
4.1 Eigenleistungen	Eigenleistungen für die Verwaltung von Objekten, Anlagen und Grundstücken, z.B.: Hausverwaltung, Büromaterial.
4.2 Fremdleistungen	Fremdleistungen für die Verwaltung von Objekten, Anlagen und Grundstücken.
5 Betriebskosten	Kosten, die zur Sicherung der Bedingungen für die Nutzung von Objekten erforderlich sind. Ausgenommen sind nutzerbedingte Kosten, z.B.: Produktionskosten
5.1 Ver- und Entsorgung	<p>a) Brauch- und Trinkwasser, auch aus eigenen Brunnenanlagen. Ausgenommen sind Erzeugung von Wärme und Kälte in zusammenhängenden Systemen, Prozesswasser (z.B.: in Wäschereien).</p> <p>b) Abwasser, auch bei eigener Entsorgung. Ausgenommen sind Erzeugung von Wärme und Kälte in zusammenhängenden Systemen, Prozesswasser (z.B.: Gülle, gewerbliche oder industrielle Abwässer).</p> <p>c) Energie, auch aus eigener Erzeugung, z.B.: für Beleuchtung, Raum-, Lüftungswärme. Ausgenommen sind Energie für den Betrieb gewerblicher oder industrieller Anlagen, Prozesswärme und Abwärme.</p> <p>d) Beseitigung von Abfall einschließlich Rückständen aus haustechnischen Anlagen (z.B.: Lampen, Filter, Altöl). Ausgenommen sind gewerblicher oder industrieller Abfall, Sondermüll, der nicht aus haustechnischen Anlagen stammt.</p>
5.2 Aufsichtsdienste	z.B.: Pförtner, Hausbesorger, Straßenmeister, Objektbewachung.
5.3 Technische Dienstleistungen	<p>a) Bedienung von Anlagen, z.B.: Heizung.</p> <p>b) Wartung von Anlagen, einschließlich Auswechseln von Verschleißteilen sowie der dafür erforderlichen Hilfs- und Betriebsstoffe, z.B.: Lampen und Leuchten, Chemikalien für Wasseraufbereitung, Filter, Schmierstoffe, Dichtungen. (Hierzu gehören nicht Aufsichtsdienste.)</p> <p>c) Inspektion</p>
5.4 Objektreinigung	Regelmäßige oder unregelmäßige Reinigung und Pflege von Objekten, Anlagen, Einrichtungen und Außenanlagen, einschließlich der winterlichen Betreuung.
5.5 Sonstige Dienstleistungen	Versicherungen, Brandschutz.

6 Erhaltungskosten	Kosten für die Gesamtheit aller Maßnahmen, um den Bestand der Bausubstanz und ihres Wertes zu sichern.
6.1 Instandhaltungskosten	Kosten der Erhaltung durch einfache und regelmäßig wiederkehrende Maßnahmen, um die Funktionstauglichkeit zu erhalten, z.B.: Ausbesserungsmaßnahmen, Reparaturen, Beseitigung von Elementarschäden.
6.2 Instandsetzungskosten	Kosten der Erhaltung, um die Funktionstauglichkeit zu verlängern, z.B.: Austausch von Bauteilen und technischen Anlagen.
6.3 Restaurierungskosten	Kosten für die Herstellung eines früheren Zustandes, wobei die vorhandene Substanz bewahrt wird, z.B.: Denkmalschutzmaßnahmen.
7 Sonstige Kosten	Kosten für die Gesamtheit aller Maßnahmen der Objektbewirtschaftung, die in den vorgenannten Kostenarten nicht berücksichtigt sind bzw. diesen nicht eindeutig zugeordnet werden können.

B.3. Kostengliederung gemäß DIN 276

100	Grundstück	
110	Grundstückswert	
120	Grundstücksnebenkosten	Kosten, die im Zusammenhang mit dem Erwerb eines Grundstücks entstehen.
121	Vermessungsgebühren	
122	Gerichtsgebühren	
123	Notariatsgebühren	
124	Maklerprovisionen	
125	Grunderwerbsteuer	
126	Wertermittlungen, Untersuchungen	Wertermittlungen, Untersuchungen zu Altlasten und deren Beseitigung, Baugrunduntersuchungen und Untersuchungen über die Bebaubarkeit, soweit sie zur Beurteilung des Grundstückswertes dienen
127	Genehmigungsgebühren	
128	Bodenordnung, Grenzregulierung	
129	Grundstücksnebenkosten, Sonstiges	
130	Freimachen	Kosten, die aufzuwenden sind, um ein Grundstück von Belastungen freizumachen
131	Abfindungen	Abfindungen und Entschädigungen für bestehende Nutzungsrechte, z. B. Miet- und Pachtverträge
132	Ablösen dinglicher Rechte	Ablösung von Lasten und Beschränkungen, z. B. Wegerechten
139	Freimachen, Sonstiges	
200	Herrichten und Erschließen	Kosten aller vorbereitenden Maßnahmen, um das Grundstück bebauen zu können.
210	Herrichten	Kosten der vorbereitenden Maßnahmen auf dem Baugrundstück
211	Sicherungsmaßnahmen	Schutz von vorhandenen Bauwerken, Bauteilen, Versorgungsleitungen sowie Sichern von Bewuchs und Vegetationsschichten
212	Abbruchmaßnahmen	Abbrechen und Beseitigen von vorhandenen Bauwerken, Ver- und Entsorgungsleitungen sowie Verkehrsanlagen
213	Altlastenbeseitigung	Beseitigen von Kampfmitteln und anderen gefährlichen Stoffen, Sanieren belasteter und kontaminierter Böden
214	Herrichten der Geländeoberfläche	Roden von Bewuchs, Planieren, Bodenbewegungen einschließlich Oberbodensicherung
219	Herrichten, Sonstiges	
220	Öffentliche Erschließung	Anteilige Kosten aufgrund gesetzlicher Vorschriften (Erschließungsbeiträge/ Anliegerbeiträge) und Kosten aufgrund öffentlich-rechtlicher Verträge für
		- die Beschaffung oder den Erwerb der Erschließungsflächen gegen Entgelt durch den Träger der öffentlichen Erschließung,
		- die Herstellung oder Änderung gemeinschaftlich genutzter technischer Anlagen, z. B. zur Ableitung von Abwasser sowie zur Versorgung mit Wasser, Wärme, Gas, Strom und Telekommunikation,
		- die erstmalige Herstellung oder den Ausbau der öffentlichen Verkehrsflächen, der Grünflächen und sonstiger Freiflächen für öffentliche Nutzung.
		Kostenzuschüsse und Anschlusskosten sollen getrennt ausgewiesen werden.
221	Abwasserentsorgung	Anschlussbeiträge, Anschlusskosten
222	Wasserversorgung	Kostenzuschüsse, Anschlusskosten
223	Gasversorgung	Kostenzuschüsse, Anschlusskosten
224	Fernwärmeversorgung	Kostenzuschüsse, Anschlusskosten
225	Stromversorgung	Kostenzuschüsse, Anschlusskosten
226	Telekommunikation	einmalige Entgelte für die Bereitstellung und Änderung von Netzanschlüssen
227	Verkehrerschließung	Erschließungsbeiträge für die Verkehrs- und Freianlagen einschließlich deren Entwässerung und Beleuchtung

229	Öffentliche Erschließung, Sonstiges	
230	Nichtöffentliche Erschließung	Kosten für Verkehrsflächen und technische Anlagen, die ohne Öffentlich-rechtliche Verpflichtung oder Beauftragung mit dem Ziel der späteren Übertragung in den Gebrauch der Allgemeinheit hergestellt und ergänzt werden. Kosten von Anlagen auf dem eigenen Grundstück gehören zu der Kostengruppe 500. Soweit erforderlich, kann die Kostengruppe 230 entsprechend der Kostengruppe 220 untergliedert werden
240	Ausgleichsabgaben	Kosten, die aufgrund landesrechtlicher Bestimmungen oder einer Ortssatzung aus Anlass des geplanten Bauvorhabens einmalig und zusätzlich zu den Erschließungsbeiträgen entstehen, Hierzu gehört insbesondere das Ablösen von Verpflichtungen aus öffentlich-rechtlichen Vorschriften, z.B. für Stellplätze, Baumbestand.
300	Bauwerk - Baukonstruktionen	Kosten von Bauleistungen und Lieferungen zur Herstellung des Bauwerks, jedoch ohne die Technischen Anlagen (Kostengruppe 400). Dazu gehören auch die mit dem Bauwerk fest verbundenen Einbauten, die der besonderen Zweckbestimmung dienen, sowie übergreifende Maßnahmen in Zusammenhang mit den Baukonstruktionen. Bei Umbauten und Modernisierungen zählen hierzu auch die Kosten von Teilabbruch-, Sicherungs- und Demontearbeiten.
310	Baugrube	
311	Baugrubenherstellung	Bodenabtrag, Aushub einschließlich Arbeitsräumen und Böschungen, Lagern, Hinterfüllen, Ab- und Anfuhr
312	Baugrubenumschließung	Verbau, z. B. Schlitz-, Pfahl-, Spund-, Trägerbohl-, Injektions- und Spritzbetonwände einschließlich Verankerung, Absteifung
313	Wasserhaltung	Grund- und Schichtenwasserbeseitigung während der Bauzeit
319	Baugrube, Sonstiges	
320	Gründung	Die Kostengruppen enthalten die zugehörigen Erdarbeiten und Sauberkeitsschichten.
321	Baugrundverbesserung	Bodenaustausch, Verdichtung, Einpressung
322	Flachgründungen ¹⁾	Einzel-, Streifenfundamente, Fundamentplatten
323	Tiefgründungen ¹⁾	Pfahlgründung einschließlich Roste, Brunnengründungen; Verankerungen
324	Unterböden und Bodenplatten	Unterböden und Bodenplatten, die nicht der Fundamentierung dienen
325	Bodenbeläge ²⁾	Beläge auf Boden- und Fundamentplatten, z. B. Estriche, Dichtungs-, Dämm-, Schutz-, Nuttschichten
326	Bauwerksabdichtungen	Abdichtungen des Bauwerks einschließlich Filter-, Trenn- und Schutzschichten
327	Dränagen	Leitungen, Schächte, Packungen
329	Gründung, Sonstiges	
330	Außenwände	Wände und Stützen, die dem Außenklima ausgesetzt sind bzw. an das Erdreich oder an andere Bauwerke grenzen
331	Tragende Außenwände ³⁾	Tragende Außenwände einschließlich horizontaler Abdichtungen
332	Nichttragende Außenwände ³⁾	Außenwände, Brüstungen, Ausfachungen, jedoch ohne Bekleidungen
333	Außenstützen ³⁾	Stützen und Pfeiler mit einem Querschnittsverhältnis $\leq 1:5$
334	Außentüren und -fenster	Fenster und Schaufenster, Türen und Tore einschließlich Fensterbänken, Umrahmungen, Beschlägen, Antrieben, Lüftungselementen und sonstigen eingebauten Elementen
335	Außenwandbekleidungen außen	Äußere Bekleidungen einschließlich Putz-, Dichtungs-, Dämm-, Schutzschichten an Außenwänden und -stützen
336	Außenwandbekleidungen innen ⁴⁾	Raumseitige Bekleidungen, einschließlich Putz-, Dichtungs-, Dämm-, Schutzschichten an Außenwänden und -stützen
337	Elementierte Außenwände	Elementierte Wände, bestehend aus Außenwand, -fenster, -türen, -bekleidungen

338	Sonnenschutz	Rolläden, Markisen und Jalousien einschließlich Antrieben
339	Außenwände, Sonstiges	Gitter, Geländer, Stoßabweiser und Handläufe
340	Innenwände	Innenwände und Innenstützen
341	Tragende Innenwände ³⁾	Tragende Innenwände einschließlich horizontaler Abdichtungen
342	Nichttragende Innenwände ³⁾	Innenwände, Ausfachungen, jedoch ohne Bekleidungen
343	Innenstützen ³⁾	Stützen und Pfeiler mit einem Querschnittsverhältnis < 1:5
344	Innentüren und -fenster	Türen und Tore, Fenster und Schaufenster einschließlich Umrahmungen, Beschlägen, Antrieben und sonstigen eingebauten Elementen
345	Innenwandbekleidungen ⁵⁾	Bekleidungen einschließlich Putz, Dichtungs-, Dämm-, Schutzschichten an Innenwänden und -stützen
346	Elementierte Innenwände	Elementierte Wände, bestehend aus Innenwänden, -türen, -fenstern, -bekleidungen, z.B. Falt- und Schiebewände, Sanitärrennwände, Verschläge
349	Innenwände, Sonstiges	Gitter, Geländer, Stoßabweiser, Handläufe, Rolläden einschließlich Antrieben
350	Decken	Decken, Treppen und Rampen oberhalb der Gründung und unterhalb der Dachfläche
351	Deckenkonstruktionen	Konstruktionen von Decken, Treppen, Rampen, Balkonen, Loggien einschließlich Über- und Unterzügen, füllenden Teilen wie Hohlkörpern, Blindböden, Schüttungen, jedoch ohne Beläge und Bekleidungen
352	Deckenbeläge ⁶⁾	Beläge auf Deckenkonstruktionen einschließlich Estrichen, Dichtungs-, Dämm-, Schutz-, Nuttschichten; Schwing- und Installationsdoppelböden
353	Deckenbekleidungen ⁷⁾	Bekleidungen unter Deckenkonstruktionen einschließlich Putz, Dichtungs-, Dämm-, Schutzschichten; Licht- und Kombinationsdecken
359	Decken, Sonstiges	Abdeckungen, Schachtdeckel, Roste, Geländer, Stoßabweiser, Handläufe, Leitern, Einschubtreppen
360	Dächer	Flache oder geneigte Dächer
361	Dachkonstruktionen	Konstruktionen von Dächern, Dachstühlen, Raumtragwerken und Kuppeln einschließlich Über- und Unterzügen, füllenden Teilen wie Hohlkörpern, Blindböden, Schüttungen, jedoch ohne Beläge und Bekleidungen
362	Dachfenster, Dachöffnungen	Fenster, Ausstiege einschließlich Umrahmungen, Beschlägen, Antrieben, Lüftungselementen und sonstigen eingebauten Elementen
363	Dachbeläge	Beläge auf Dachkonstruktionen einschließlich Schalungen, Lattungen, Gefälle-, Dichtungs-, Dämm-, Schutz- und Nuttschichten; Entwässerungen der Dachfläche bis zum Anschluss an die Abwasseranlagen
364	Dachbekleidungen ⁸⁾	Dachbekleidungen unter Dachkonstruktionen einschließlich Putz, Dichtungs-, Dämm-, Schutzschichten; Licht- und Kombinationsdecken unter Dächern
369	Dächer, Sonstiges	Geländer, Laufbohlen, Schutzgitter, Schneefänge, Dachleitern, Sonnenschutz
370	Baukonstruktive Einbauten	Kosten der mit dem Bauwerk fest verbundenen Einbauten, jedoch ohne die nutzungsspezifischen Anlagen (siehe Kostengruppe 470). Für die Abgrenzung gegenüber der Kostengruppe 610 ist maßgebend, dass die Einbauten durch ihre Beschaffenheit und Befestigung technische und bauplanerische Maßnahmen erforderlich machen, z.B. Anfertigen von Werkplänen, statischen und anderen Berechnungen, Anschließen von Installationen
371	Allgemeine Einbauten	Einbauten, die einer allgemeinen Zweckbestimmung dienen, z. B. Einbaumöbel wie Sitz- und Liegemöbel, Gestühl, Podien, Tische, Theken, Schränke, Garderoben, Regale
372	Besondere Einbauten	Einbauten, die einer besonderen Zweckbestimmung dienen, z. B. Werkbänke in Werkhallen, Labortische in Labors, Bühnenvorhänge in Theatern, Altäre in Kirchen, Einbausportgeräte in Sporthallen, Operationstische in Krankenhäusern
379	Baukonstruktive Einbauten, Sonstiges	
390	Sonstige Maßnahmen	Übergreifende Maßnahmen im Zusammenhang mit den Baukonstruktionen, die für Baukonstruktionen nicht einzelnen Kostengruppen der Baukonstruktionen zuzuord-

		nen sind oder nicht in anderen Kostengruppen erfasst werden können
391	Baustelleneinrichtung	Einrichten, Vorhalten, Betreiben, Räumen der übergeordneten Baustelleneinrichtung, z. B. Material- und Geräteschuppen, Lager-, Wasch-, Toiletten- und Aufenthaltsräume, Bauwagen, Misch- und Transportanlagen, Energie- und Bauwasseranschlüsse, Baustraßen, Lager- und Arbeitsplätze, Verkehrssicherungen, Abdeckungen, Bauschilder, Bau- und Schutzzäune, Baubeleuchtung, Schuttbeseitigung
392	Gerüste	Auf-, Um-, Abbauen, Vorhalten von Gerüsten
393	Sicherungsmaßnahmen	Sicherungsmaßnahmen an bestehenden Bauwerken; z. B. Unterfangungen, Abstützungen
394	Abbruchmaßnahmen	Abbruch- und Demontearbeiten einschließlich Zwischenlagern wieder verwendbarer Teile, Abfuhr des Abbruchmaterials
395	Instandsetzungen	Maßnahmen zur Wiederherstellung des zum bestimmungsgemäßen Gebrauch geeigneten Zustandes
396	Recycling, Zwischendeponierung und Entsorgung	Maßnahmen zum Recycling, zur Zwischendeponierung und zur Entsorgung von Materialien, die bei dem Abbruch, bei der Demontage und bei dem Ausbau von Bauteilen oder bei der Erstellung einer Bauleistung anfallen
397	Schlechtwetterbau	Winterbauschutzvorkehrungen wie Notverglasung, Abdeckungen und Umhüllungen, Erwärmung des Bauwerks, Schneeräumung
398	Zusätzliche Maßnahmen	Schutz von Personen, Sachen und Funktionen; Reinigung vor Inbetriebnahme; Maßnahmen aufgrund von Forderungen des Wasser-, Landschafts- und Lärmschutzes während der Bauzeit; Erschütterungsschutz
399	Sonstige Maßnahmen für Baukonstruktionen, Sonstiges	Schließenlagen, Schächte, Schornsteine, soweit nicht in anderen Kostengruppen erfasst
400	Bauwerk - Technische Anlagen⁹⁾	Kosten aller im Bauwerk eingebauten, daran angeschlossenen oder damit fest verbundenen technischen Anlagen oder Anlagenteile. Die einzelnen technischen Anlagen enthalten die zugehörigen Gestelle, Befestigungen, Armaturen, Wärme- und Kälte-dämmung, Schall- und Brandschutzvorkehrungen, Abdeckungen, Verkleidungen, Anstriche, Kennzeichnungen sowie Mess-, Steuer- und Regelanlagen.
410	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen	
411	Abwasseranlagen	Abläufe, Abwasserleitungen, Abwassersammelanlagen, Abwasserbehandlungsanlagen, Hebeanlagen
412	Wasseranlagen	Wassergewinnungs-, Aufbereitungs- und Druckerhöhungsanlagen, Rohrleitungen, dezentrale Wassererwärmer, Sanitär-objekte
413	Gasanlagen	Gasanlagen für Wirtschaftswärme: Gaslagerungs- und Erzeugungsanlagen, Übergabestationen, Druckregelanlagen und Gasleitungen, soweit nicht zu den Kostengruppen 420 oder 470 gehörend
414	Feuerlöschanlagen	Sprinkler-, CO ₂ -Anlagen, Löschwasserleitungen, Wandhydranten, Feuerlöschgeräte
419	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen, Sonstiges	Installationsblöcke, Sanitärzellen
420	Wärmeversorgungsanlagen	
421	Wärmeerzeugungsanlagen	Brennstoffversorgung, Wärmeübergabestationen, Wärmeerzeugung auf der Grundlage von Brennstoffen oder unerschöpflichen Energiequellen einschließlich Schornsteinanschlüsse, zentrale Wassererwärmungsanlagen
422	Wärmeverteilnetze	Pumpen, Verteiler; Rohrleitungen für Raumheizflächen, raumlufttechnische Anlagen und sonstige Wärmeverbraucher
423	Raumheizflächen	Heizkörper, Flächenheizsysteme
429	Wärmeversorgungsanlagen, Sonstiges	Schornsteine, soweit nicht in anderen Kostengruppen erfasst
430	Lufttechnische Anlagen	Anlagen mit und ohne Lüftungsfunktion

431	Lüftungsanlagen	Abluftanlagen, Zuluftanlagen, Zu- und Abluftanlagen ohne oder mit einer thermo-dynamischen Luftbehandlungsfunktion, mechanische Entrauchungsanlagen
432	Teilklimaanlagen	Anlagen mit zwei oder drei thermodynamischen Luftbehandlungsfunktionen
433	Klimaanlagen	Anlagen mit vier thermodynamischen Luftbehandlungsfunktionen
434	Prozesslufttechnische Anlagen	Farbnebelabscheideanlagen, Prozessfortluftsysteme, Absauganlagen
435	Kälteanlagen	Kälteanlagen für lufttechnische Anlagen: Kälteerzeugungs- und Rückkühlanlagen einschließlich Pumpen, Verteiler und Rohrleitungen
439	Lufttechnische Anlagen, Sonstiges	Lüftungsdecken, Kühldecken, Abluftfenster; Installationsdoppelböden, soweit nicht in anderen Kostengruppen erfasst
440	Starkstromanlagen	
441	Hoch- und Mittelspannungsanlagen	Schaltanlagen, Transformatoren
442	Eigenstromversorgungsanlagen	Stromerzeugungsaggregate einschließlich Kühlung, Abgasanlagen und Brennstoffversorgung, zentrale Batterie- und unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlagen, photovoltaische Anlagen
443	Niederspannungsschaltanlagen	Niederspannungshauptverteiler, Blindstromkompensationsanlagen, Maximumüberwachungsanlagen
444	Niederspannungsinstallationsanlagen	Kabel, Leitungen, Unterverteiler, Verlegesysteme, Installationsgeräte
445	Beleuchtungsanlagen	Ortsfeste Leuchten, einschließlich Leuchtmittel
446	Blitzschutz- und Erdungsanlagen	Auffangeinrichtungen, Ableitungen, Erdungen
449	Starkstromanlagen, Sonstiges	Frequenzumformer
450	Fernmelde- und informationstechnische Anlagen	
		Die einzelnen Anlagen enthalten die zugehörigen Verteiler, Kabel, Leitungen.
451	Telekommunikationsanlagen	
452	Such- und Signalanlagen	Personenrufanlagen, Lichtruf- und Klingelanlagen, Türsprech- und Türöffneranlagen
453	Zeitdienstanlagen	Uhren- und Zeiterfassungsanlagen
454	Elektroakustische Anlagen	Beschallungsanlagen, Konferenz- und Dolmetscheranlagen, Gegen- und Wechselsprechanlagen
455	Fernseh- und Antennenanlagen	Fernsehanlagen, soweit nicht in den Such-, Melde-, Signal- und Gefahrenmeldeanlagen erfasst, einschließlich Sende- und Empfangsantennenanlagen, Umsetzer
456	Gefahrenmelde- und Alarmanlagen	Brand-, Überfall-, Einbruchmeldeanlagen, Wächterkontrollanlagen, Zugangskontroll- und Raumbewachungsanlagen
457	Übertragungsnetze	Kabelnetze zur Übertragung von Daten, Sprache, Text und Bild, soweit nicht in anderen Kostengruppen erfasst
459	Fernmelde- und informationstechnische Anlagen, Sonstiges	Verlegesysteme, soweit nicht in Kostengruppe 444 erfasst; Fernwirkanlagen, Parkleitsysteme
460	Förderanlagen	
461	Aufzugsanlagen	Personenaufzüge, Lastenaufzüge
462	Fahrtreppen, Fahrsteige	
463	Befahranlagen	Fassadenaufzüge und andere Befahranlagen
464	Transportanlagen	Automatische Warentransportanlagen, Aktentransportanlagen, Rohrpostanlagen
465	Krananlagen	Einschließlich Hebezeuge
469	Förderanlagen, Sonstiges	Hebebühnen
470	Nutzungsspezifische Anlagen	Kosten der mit dem Bauwerk fest verbundenen Anlagen, die der besonderen Zweckbestimmung dienen, jedoch ohne die baukonstruktiven Einbauten (Kostengruppe 370). Für die Abgrenzung gegenüber der Kostengruppe 610 ist maßgebend, dass die nutzungsspezifischen Anlagen technische und planerische Maßnahmen erforderlich machen, z. B. Anfertigen von Werkplänen, Berechnungen, Anschließen von anderen technischen Anlagen.
471	Küchentechnische Anlagen	Einrichtungen zur Speisen- und Getränkezubereitung, -abgabe und -lagerung einschließlich zugehöriger Kälteanlagen
472	Wäscherei- und Reinigungsanlagen	Einschließlich zugehöriger Wasseraufbereitung, Desinfektions- und Sterilisationseinrichtungen
473	Medienversorgungsanlagen	Medizinische und technische Gase, Vakuum, Flüssigchemikalien, Lösungsmittel, vollentsalztes Wasser; einschließlich

474	Medizintechnische Anlagen	Lagerung, Erzeugungsanlagen, Übergabestationen, Druckregelanlagen, Leitungen und Entnahmemarmaturen Ortsfeste medizintechnische Anlagen, soweit nicht in Kostengruppe 610 erfasst
475	Labortechnische Anlagen	Ortsfeste labortechnische Anlagen, soweit nicht in Kostengruppe 610 erfasst
476	Badetechnische Anlagen	Aufbereitungsanlagen für Schwimmbeckenwasser, soweit nicht in Kostengruppe 410 erfasst
477	Kälteanlagen	Kälteversorgungsanlagen, soweit nicht in anderen Kostengruppen erfasst; Eissportflächen
478	Entsorgungsanlagen	Abfall- und Medienentsorgungsanlagen, Staubsauganlagen, soweit nicht in Kostengruppe 610 erfasst
479	Nutzungsspezifische Anlagen, Sonstiges	Bühnentechnische Anlagen, Tankstellen- und Waschanlagen
480	Gebäudeautomation	Kosten der anlagenübergreifenden Automation einschließlich der zugehörigen Verteiler, Kabel und Leitungen
481	Automationssysteme	Automationsstationen, Bedien- und Beobachtungseinrichtungen, Programmier Einrichtungen, Sensoren und Aktoren, Kommunikationsschnittstellen, Software der Automationsstationen
482	Leistungsteile	Schaltschränke mit Leistungs-, Steuerungs- und Sicherungsbaugruppen
483	Zentrale Einrichtungen	Leitstationen mit Peripherie-Einrichtungen, Einrichtungen für Systemkommunikation zu den Automationsstationen
489	Gebäudeautomation, Sonstiges	
490	Sonstige Maßnahmen für Technische Anlagen	Übergreifende Maßnahmen im Zusammenhang mit den Technischen Anlagen, die nicht einzelnen Kostengruppen der Technischen Anlagen zuzuordnen sind oder nicht in anderen Kostengruppen erfasst werden können
491	Baustelleneinrichtung	Einrichten, Vorhalten, Betreiben, Räumen der übergeordneten Baustelleneinrichtung, z. B. Material- und Geräteschuppen, Lager-, Wasch-, Toiletten- und Aufenthaltsräume, Bauwagen, Misch- und Transportanlagen, Energie- und Bauwasseranschlüsse, Baustraßen, Lager- und Arbeitsplätze, Verkehrssicherungen, Abdeckungen, Bauschilder, Bau- und Schutzzäune, Baubeleuchtung, Schuttbeseitigung
492	Gerüste	Auf-, Um-, Abbauen, Vorhalten von Gerüsten
493	Sicherungsmaßnahmen	Sicherungsmaßnahmen an bestehenden Bauwerken; z. B. Unterfangungen, Abstützungen
494	Abbruchmaßnahmen	Abbruch- und Demontearbeiten einschließlich Zwischenlagern wieder verwendbarer Teile, Abfuhr des Abbruchmaterials
495	Instandsetzungen	Maßnahmen zur Wiederherstellung des zum bestimmungsgemäßen Gebrauch geeigneten Zustandes
496	Recycling, Zwischendeponierung und Entsorgung	Maßnahmen zum Recycling, zur Zwischendeponierung und zur Entsorgung von Materialien, die bei dem Abbruch, bei der Demontage und bei dem Ausbau von Bauteilen oder bei der Erstellung einer Bauleistung anfallen.
497	Schlechtwetterbau	Winterbauschutzvorkehrungen wie Notverglasung, Abdeckungen und Umhüllungen, Erwärmung des Bauwerks, Schneeräumung
498	Zusätzliche Maßnahmen	Schutz von Personen, Sachen und Funktionen; Reinigung vor Inbetriebnahme; Maßnahmen aufgrund von Forderungen des Wasser-, Landschafts- und Lärmschutzes während der Bauzeit; Erschütterungsschutz
499	Sonstige Maßnahmen für Technische Anlagen, Sonstiges	
500	Außenanlagen	Kosten der Bauleistungen und Lieferungen für die Herstellung aller Gelände- und Verkehrsflächen, Baukonstruktionen und technischen Anlagen außerhalb des Bauwerks, soweit nicht in Kostengruppe 200 erfasst. In den einzelnen Kostengruppen sind die zugehörigen Leistungen, wie z. B. Erdarbeiten, Unterbau und Gründungen, enthalten.
510	Geländeflächen	

511	Geländebearbeitung	Bodenabtrag und Bodenauftrag; Boden- und Oberbodenarbeiten
512	Vegetationstechnische Bodenbearbeitung	Bodenlockerung, Bodenverbesserung, z. B. Düngung, Bodenhilfsstoffe
513	Sicherungsbauweisen	Vegetationsstücke, Geotextilien, Flechtwerk
514	Pflanzen	Einschließlich Fertigstellungspflege
515	Rasen	Einschließlich Fertigstellungspflege; ohne Sportrasenflächen (siehe Kostengruppe 525)
516	Begrünung unterbauter Flächen	Auf Tiefgaragen, einschließlich Wurzelschutz- und Fertigstellungspflege
517	Wasserflächen	Naturnahe Wasserflächen
519	Geländeflächen, Sonstiges	Entwicklungspflege
520	Befestigte Flächen	
521	Wege ¹⁰⁾	Befestigte Fläche für den Fuß- und Radfahrerverkehr
522	Straßen ¹⁰⁾	Flächen für den Leicht- und Schwerverkehr; Fußgängerzonen mit Anlieferungsverkehr
523	Plätze, Höfe ¹⁰⁾	Gestaltete Platzflächen, Innenhöfe
524	Stellplätze ¹⁰⁾	Flächen für den ruhenden Verkehr
525	Sportplatzflächen	Sportrasenflächen, Kunststoffsportflächen
526	Spielplatzflächen	
527	Gleisanlagen	
529	Befestigte Flächen, Sonstiges	
530	Baukonstruktionen in Außenanlagen	
531	Einfriedungen	Zäune, Mauern, Türen, Tore, Schrankenanlagen
532	Schutzkonstruktionen	Lärmschutzwände, Sichtschutzwände, Schutzgitter
533	Mauern, Wände	Stütz-, Schwergewichtsmauern
534	Rampen, Treppen, Tribünen	Kinderwagen- und Behindertenrampen, Block- und Stellstufen, Zuschauertribünen von Sportplätzen
535	Überdachungen	Wetterschutz, Unterstände; Pergolen
536	Brücken, Stege	Holz- und Stahlkonstruktionen
537	Kanal- und Schachtbauanlagen	Bauliche Anlagen für Medien- oder Verkehrserschließung
538	Wasserbauliche Anlagen	Brunnen, Wasserbecken, Bachregulierungen
539	Baukonstruktionen in Außenanlagen, Sonstiges	
540	Technische Anlagen in Außenanlagen	Kosten der Technischen Anlagen auf dem Grundstück einschließlich der Ver- und Entsorgung des Bauwerks
541	Abwasseranlagen	Kläranlagen, Oberflächen- und Bauwerksentwässerungsanlagen, Sammelgruben, Abscheider, Hebeanlagen
542	Wasseranlagen	Wassergewinnungsanlagen, Wasserversorgungsnetze, Hydrantenanlagen, Druckerhöhungs- und Beregnungsanlagen.
543	Gasanlagen	Gasversorgungsnetze, Flüssiggasanlagen
544	Wärmeversorgungsanlagen	Wärmeerzeugungsanlagen, Wärmeversorgungsnetze, Freiflächen- und Rampenheizungen
545	Lufttechnische Anlagen	Bauteile von lufttechnischen Anlagen, z. B. Außenluftansaugung, Fortluftausblas, Kälteversorgung
546	Starkstromanlagen	Stromversorgungsnetze, Freilufttrafostationen, Eigenstromerzeugungsanlagen, Außenbeleuchtungs- und Flutlichtanlagen einschließlich Maste und Befestigung
547	Fernmelde- und informationstechnische Anlagen	Leistungsnetze, Beschallungs-, Zeitdienst- und Verkehrssignalanlagen, elektronische Anzeigetafeln, Objektsicherungsanlagen, Parkleitsysteme
548	Nutzungsspezifische Anlagen	Medienversorgungsanlagen, Tankstellenanlagen, badetechnische Anlagen
549	Technische Anlagen in Außenanlagen, Sonstiges	
550	Einbauten in Außenanlagen	
551	Allgemeine Einbauten	Wirtschaftsgegenstände, z. B. Möbel, Fahrradständer, Schilder, Pflanzbehälter, Abfallbehälter, Fahnenmaste
552	Besondere Einbauten	Einbauten für Sport- und Spielanlagen, Tiergehege
559	Einbauten in Außenanlagen, Sonstiges	
590	Sonstige Maßnahmen für Außenanlagen	Obergreifende Maßnahmen im Zusammenhang mit den Außenanlagen, die nicht einzelnen Kostengruppen der Außenanlagen zuzuordnen sind
591	Baustelleneinrichtung	Einrichten, Vorhalten, Betreiben, Räumen der übergeordneten Baustelleneinrichtung, z. B. Material- und Geräteschuppen, Lager-, Wasch-, Toiletten- und Aufenthaltsräume, Bauwagen, Misch- und Transportanlagen, Energie- und Bauwasseranschlüsse, Baustraßen, Lager- und Arbeitsplätze,

592	Gerüste	Verkehrssicherungen, Abdeckungen, Bauschilder, Bau- und Schutzzäune, Baubeleuchtung, Schuttbeseitigung
593	Sicherungsmaßnahmen	Auf-, Um-, Abbauen, Vorhalten von Gerüsten
594	Abbruchmaßnahmen	Sicherungsmaßnahmen an bestehenden baulichen Anlagen, z. B. Unterfangungen, Abstützungen
595	Instandsetzungen	Abbruch- und Demontearbeiten einschließlich Zwischenlagern wieder verwendbarer Teile, Abfuhr des Abbruchmaterials
596	Recycling, Zwischendeponierung und Entsorgung	Maßnahmen zur Wiederherstellung des zum bestimmungsgemäßen Gebrauch geeigneten Zustandes
597	Schlechtwetterbau	Maßnahmen zum Recycling, zur Zwischendeponierung und zur Entsorgung von Materialien, die bei dem Abbruch, bei der Demontage und bei dem Ausbau von Bauteilen oder bei der Erstellung einer Bauleistung anfallen
598	Zusätzliche Maßnahmen	Winterbauschutzvorkehrungen wie Notverglasung, Abdeckungen und Umhüllungen, Erwärmung des Bauwerks, Schneeräumung
599	Sonstige Maßnahmen für Außenanlagen, Sonstiges	Schutz von Personen, Sachen und Funktionen; Reinigung vor Inbetriebnahme; Maßnahmen aufgrund von Forderungen des Wasser-, Landschafts- und Lärmschutzes während der Bauzeit; Erschütterungsschutz
600	Ausstattung und Kunstwerke	Kosten für alle beweglichen oder ohne besondere Maßnahmen zu befestigenden Sachen, die zur Ingebrauchnahme, zur allgemeinen Benutzung oder zur künstlerischen Gestaltung des Bauwerks und der Außenanlagen erforderlich sind. (Siehe Anmerkungen zu den Kostengruppen 370 und 470)
610	Ausstattung	
611	Allgemeine Ausstattung	Möbel, z. B. Sitz- und Liegemöbel, Schränke, Regale, Tische; Textilien, z. B. Vorhänge, Wandbehänge, lose Teppiche, Wäsche; Haus-, Wirtschafts-, Garten- und Reinigungsgeräte
612	Besondere Ausstattung	Ausstattungsgegenstände, die einer besonderen Zweckbestimmung dienen wie z. B. wissenschaftliche, medizinische, technische Geräte
619	Ausstattung, Sonstiges	Wegweiser, Orientierungstafeln, Farbleitsysteme, Werbeanlagen
620	Kunstwerke	
621	Kunstobjekte	Kunstwerke zur künstlerischen Ausstattung des Bauwerks und der Außenanlagen einschließlich Tragkonstruktionen, z. B. Skulpturen, Objekte, Gemälde, Möbel, Antiquitäten, Altäre, Taufbecken
622	Künstlerisch gestaltete Bauteile des Bauwerks	Kosten für die künstlerische Gestaltung, z. B. Malereien, Reliefs, Mosaiken, Glas-, Schmiede-, Steinmetzarbeiten
623	Künstlerisch gestaltete Bauteile der Außenanlagen	Kosten für die künstlerische Gestaltung, z. B. Malereien, Reliefs, Mosaiken, Glas-, Schmiede-, Steinmetzarbeiten
629	Kunstwerke, Sonstiges	
700	Baunebenkosten	Kosten, die bei der Planung und Durchführung auf der Grundlage von Honorarordnungen, Gebührenordnungen oder nach weiteren vertraglichen Vereinbarungen entstehen
710	Bauherrenaufgaben	
711	Projektleitung	Kosten, die der Bauherr zum Zwecke der Oberwachung und Vertretung der Bauherreninteressen aufwendet
712	Projektsteuerung	Kosten für Projektsteuerungsleistungen im Sinne der HOAI sowie für andere Leistungen, die sich mit der übergeordneten Steuerung und Kontrolle von Projektorganisation, Terminen, Kosten und Qualitätssicherung befassen
713	Betriebs- und Organisationsberatung	Kosten für Beratung, z. B. zur betrieblichen Organisation, zur Arbeitsplatzgestaltung, zur Erstellung von Raum- und Funktionsprogrammen, zur betrieblichen Ablaufplanung und zur Inbetriebnahme

719	Bauherrenaufgaben, Sonstiges	Baubetreuung
720	Vorbereitung der Objektplanung	
721	Untersuchungen	Standortanalysen, Baugrundgutachten, Gutachten für die Verkehrsanbindung, Bestandsanalysen, z. B. Untersuchungen zum Gebäudebestand bei Umbau- und Modernisierungsmaßnahmen, Umweltverträglichkeitsprüfungen
722	Wertermittlungen	Gutachten zur Ermittlung von Gebäudewerten, soweit nicht in Kostengruppe 126 erfasst
723	Städtebauliche Leistungen	vorbereitende Bebauungsstudien
724	Landschaftsplanerische Leistungen	vorbereitende Grünplanstudien
725	Wettbewerbe	Kosten für Ideenwettbewerbe und Realisierungswettbewerbe nach den GRW 1977
729	Vorbereitung der Objektplanung, Sonstiges	
730	Architekten- und Ingenieurleistungen	Kosten für die Bearbeitung der in der HOAI beschriebenen Leistungen (Honorare für Grundleistungen und Besondere Leistungen) bzw. nach vertraglicher Vereinbarung
731	Gebäude	
732	Freianlagen	
733	Raumbildende Ausbauten	
734	Ingenieurbauwerke und Verkehrsanlagen	
735	Tragwerksplanung	
736	Technische Ausrüstung	
739	Architekten- und Ingenieurleistungen, Sonstiges	
740	Gutachten und Beratung	Kosten für die Bearbeitung der in der HOAI beschriebenen Leistungen (Honorare für Grundleistungen und Besondere Leistungen) bzw. nach vertraglicher Vereinbarung
741	Thermische Bauphysik	
742	Schallschutz und Raumakustik	
743	Bodenmechanik, Erd- und Grundbau	
744	Vermessung	Vermessungstechnische Leistungen mit Ausnahme von Leistungen, die aufgrund landesrechtlicher Vorschriften für Zwecke der Landvermessung und des Liegenschaftskatasters durchgeführt werden (siehe Kostengruppe 771)
745	Lichttechnik, Tageslichttechnik	
749	Gutachten und Beratung, Sonstiges	
750	Kunst	
751	Kunstwettbewerbe	Kosten für die Durchführung von Wettbewerben zur Erarbeitung eines Konzepts für Kunstwerke oder künstlerisch gestaltete Bauteile
752	Honorare	Kosten für die geistig-schöpferische Leistung für Kunstwerke oder künstlerisch gestaltete Bauteile, soweit nicht in der Kostengruppe 620 enthalten
759	Kunst, Sonstiges	
760	Finanzierung	
761	Finanzierungskosten	Kosten für die Beschaffung der Dauerfinanzierungsmittel, die Bereitstellung des Fremdkapitals, die Beschaffung der Zwischenkredite und für Teilvaluierungen von Dauerfinanzierungsmitteln
762	Zinsen vor Nutzungsbeginn	Kosten für alle im Zusammenhang mit der Finanzierung des Projektes anfallenden Zinsen bis zum Zeitpunkt des Nutzungsbeginns
769	Finanzierung, Sonstiges	
770	Allgemeine Baunebenkosten	
771	Prüfungen, Genehmigungen, Abnahmen	Kosten im Zusammenhang mit Prüfungen, Genehmigungen und Abnahmen, z.B. Prüfung der Tragwerksplanung, Vermessungsgebühren für das Liegenschaftskataster
772	Bewirtschaftungskosten	Baustellenbewachung, Nutzungsschädigungen während der Bauzeit; Gestellung des Bauleitungsbüros auf der Baustelle sowie dessen Beheizung, Beleuchtung und Reinigung
773	Bemusterungskosten	Modellversuche, Musterstücke, Eignungsversuche, Eignungsmessungen
774	Betriebskosten	Kosten für den vorläufigen Betrieb insbesondere der Technischen Anlagen bis während der Bauzeit zur Inbetriebnahme

779 Allgemeine Baunebenkosten

Kosten für Vervielfältigung und Dokumentation, Post- und Fernspreckgebühren, Sonstiges Kosten für Baufeiern, z. B. Grundsteinlegung, Richtfest

790 Sonstige Baunebenkosten

Anmerkungen:

Die neben den Kostengruppen aufgeführten Güter, Leistungen oder Abgaben sind Beispiele für die jeweilige Kostengruppe, wobei die Aufzählung nicht abschließend ist.

- 1) Gegebenenfalls können die Kostengruppen 322 und 323 zusammengefasst werden; die Zusammenfassung ist kenntlich zu machen.
- 2) Gegebenenfalls können die Kosten der Bodenbeläge (KG 325) mit den Kosten der Deckenbeläge (KG 352) in einer Kostengruppe zusammengefasst werden; die Zusammenfassung ist kenntlich zu machen.
- 3) Gegebenenfalls können die Kostengruppen 331, 332 und 333 bzw. 341, 342 und 343 zusammengefasst werden; die Zusammenfassung ist kenntlich zu machen.
- 4) Gegebenenfalls können die Kosten der Außenwandbekleidungen innen (KG 336) mit den Kosten der Innenwandbekleidungen (KG 345) zusammengefasst werden; die Zusammenfassung ist kenntlich zu machen.
- 5) Gegebenenfalls können die Kosten der Innenwandbekleidungen (KG 345) mit den Kosten der Außenwandbekleidungen innen (KG 336) zusammengefasst werden; die Zusammenfassung ist kenntlich zu machen.
- 6) Gegebenenfalls können die Kosten der Deckenbeläge (KG 352) mit den Kosten der Bodenbeläge (KG 325) zusammengefasst werden; die Zusammenfassung ist kenntlich zu machen.
- 7) Gegebenenfalls können die Kosten der Deckenbekleidungen (KG 353) mit den Kosten der Dachbekleidungen (KG 364) zusammengefasst werden; die Zusammenfassung ist kenntlich zu machen.
- 8) Gegebenenfalls können die Kosten der Dachbekleidungen (KG 364) mit den Kosten der Deckenbekleidungen (KG 353) zusammengefasst werden; die Zusammenfassung ist kenntlich zu machen.
- 9) Bei Bedarf können die Kosten der technischen Anlagen in die Installationen und die zentrale Betriebstechnik aufgeteilt werden.
- 10) Gegebenenfalls können die Kostengruppen 521, 522, 523 und 524 zusammengefasst werden; die Zusammenfassung ist kenntlich zu machen.

B.4. Kostengliederung gemäß DIN 18960

100	Kapitalkosten	Kosten, die sich aus der Inanspruchnahme von Finanzierungsmitteln ergeben, namentlich die Zinsen. Zu den Kapitalkosten gehören die Fremdkapitalkosten und die Eigenkapitalkosten.
110	Fremdkapitalkosten	Kapitalkosten, die sich aus der Inanspruchnahme der Fremdmittel ergeben. und vergleichbare Kosten
111	Zinsen für Fremdmittel	
112	Kosten aus Bürgschaften für Fremdmittel	
113	Leistungen aus Rentenschulden	
114	Erbbauzinsen	
115	Leistungen aus Dienstbarkeiten und Baulasten auf fremden Grundstücken	soweit sie mit dem Gebäude in unmittelbarem Zusammenhang stehen
119	Fremdkapitalkosten, Sonstiges	
120	Eigenkapitalkosten	Zinsen für Geldmittel, Arbeitsleistungen, eingebrachte Baustoffe, vorhandenes Grundstück, vorhandene Bauteile
121	Zinsen für Eigenmittel	
122	Zinsen für den Wert von Eigenleistungen	
129	Eigenkapitalkosten, Sonstiges	
200	Verwaltungskosten	Kosten für Fremd- und Eigenleistungen der zur Verwaltung des Gebäudes oder der Wirtschaftseinheit erforderlichen Arbeitskräfte und Einrichtungen, die Kosten der Aufsicht sowie der Wert der vom Vermieter persönlich geleisteten Verwaltungsarbeit. Zu den Verwaltungskosten gehören auch die Kosten für die gesetzlichen oder freiwilligen Prüfungen des Jahresabschlusses und der Geschäftsführung
210	Personalkosten	Fremdleistungen, Eigenleistungen, Gliederung der dritten Ebene nach eigenem Kontenplan (nach betrieblichen Erfordernissen)
220	Sachkosten	Fremdleistungen, Eigenleistungen, Gliederung der dritten Ebene nach eigenem Kontenplan (nach betrieblichen Erfordernissen)
290	Verwaltungskosten, Sonstiges	Fremdleistungen, Eigenleistungen, Gliederung der dritten Ebene nach eigenem Kontenplan (nach betrieblichen Erfordernissen)
300	Betriebskosten	durch den bestimmungsgemäßen Gebrauch des Gebäudes oder der Wirtschaftseinheit, der Nebengebäude, Anlagen, Einrichtungen und des Grundstücks laufend entstehende Kosten für Fremd- und Eigenleistungen, Personal- und Sachkosten
310	Ver- und Entsorgung	verbrauchsgebundene Kosten und Entsorgungskosten
311	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen ¹⁾	Schmutzwasser, Regenwasser, Feuerlöschanlage
312	Wärmeversorgungsanlagen ¹⁾	
313	Lufttechnische Anlagen ¹⁾	anteiliger Verbrauch an Strom, Wärme, Kälte, Wasser
314	Starkstromanlagen ¹⁾	
315	Fernmelde- und informationstechnische Anlagen ¹⁾	
316	Förderanlagen ¹⁾	
317	Nutzungsspezifische Anlagen ¹⁾	
318	Abfallbeseitigung	
319	Ver- und Entsorgung, Sonstiges	
		¹⁾ Sofern nicht in anderen Nutzungskostengruppen anteilig enthalten

- 320 Reinigung und Pflege**
- 321 Fassaden, Dächer
 - 322 Fußböden
 - 323 Wände, Decken
 - 324 Türen, Fenster
 - 325 Abwasser-, Wasser-, Gas-, Wärmeversorgungs- und lufttechnische Anlagen
Tankreinigung, Rohrreinigung
 - 326 Starkstrom-, Fernmelde-, und informationstechnische Anlagen, Gebäudeautomation
 - 327 Ausstattung, Einbauten
 - 328 Geländeflächen, befestigte Flächen
 - 329 Reinigung und Pflege, Sonstiges
- 330 Bedienung der technischen Anlagen**
- 331 Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen
 - 332 Wärmeversorgungsanlagen
 - 333 Lufttechnische Anlagen
 - 334 Starkstromanlagen
 - 335 Fernmelde- und informationstechnische Anlagen .
 - 336 Förderanlagen
 - 337 Nutzungsspezifische Anlagen
 - 338 Gebäudeautomation
 - 339 Bedienung der technischen Anlagen, Sonstiges
- 340 Inspektion und Wartung der Baukonstruktionen**
- Inspektion ist eine Maßnahme zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes von technischen Mitteln eines Systems. Wartung ist eine Maßnahme zur Bewahrung des Sollzustandes von technischen Mitteln eines Systems**
- 341 Gründung
 - 342 Außenwände
 - 343 Innenwände
 - 344 Decken
 - 345 Dächer
 - 346 Baukonstruktive Einbauten
 - 347 Inspektion und Wartung der Baukonstruktionen, Sonstiges
- Dränagen, Bodenplatten, Beläge
- Konstruktionen, Beläge, Bekleidungen
- 350 Inspektion und Wartung der technischen Anlagen**
- 351 Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen
 - 352 Wärmeversorgungsanlagen
 - 353 Lufttechnische Anlagen
 - 354 Starkstromanlagen
 - 355 Fernmelde- und informationstechnische Anlagen
 - 356 Förderanlagen
 - 357 Nutzungsspezifische Anlagen
 - 358 Gebäudeautomation
 - 359 Inspektion und Wartung der technischen Anlagen, Sonstiges
- Filterwechsel
- Beleuchtungsmittel
- 360 Kontroll- und Sicherheitsdienste**
- 361 Bauwerk
 - 362 Bauwerk -Technische Anlagen
 - 363 Außenanlagen
 - 364 Ausstattung und Kunstwerke
 - 365 Zugangskontrolle
 - 369 Kontroll- und Sicherheitsdienste, Sonstiges
- 370 Abgaben und Beiträge**
- 371 Steuern
 - 372 Versicherungsbeiträge
 - 379 Abgaben und Beiträge, Sonstiges
- 390 Betriebskosten, Sonstiges**

400	Instandsetzungskosten	Bauunterhaltungskosten, Maßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustandes
410	Instandsetzung der Baukonstruktionen	
411	Gründung	
412	Außenwände	
413	Innenwände	
414	Decken	
415	Dächer	
416	Baukonstruktive Einbauten	
419	Instandsetzungskosten der Baukonstruktionen, Sonstiges	
420	Instandsetzung der technischen Anlagen	
421	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen	
422	Wärmeversorgungsanlagen	
423	Lufttechnische Anlagen	
424	Starkstromanlagen	
425	Fernmelde- und informationstechnische Anlagen	
426	Förderanlagen	
427	Nutzungsspezifische Anlagen	
428	Gebäudeautomation	
429	Instandsetzung der technischen Anlagen, Sonstiges	
430	Instandsetzung der Außenanlagen	
431	Geländeflächen	
432	Befestigte Flächen	
433	Baukonstruktionen in Außenanlagen	
434	Technische Anlagen in Außenanlagen	
435	Einbauten in Außenanlagen	
439	Instandsetzung der Außenanlagen, Sonstiges	
440	Instandsetzung der Ausstattung	
441	Ausstattung	
442	Kunstwerke	
449	Instandsetzung der Ausstattung, Sonstiges	

Anmerkung:

Die neben den Nutzungskostengruppen aufgeführten Leistungen sind Beispiele für die jeweilige Nutzungskostengruppe, wobei die Aufzählung nicht abschließend ist.

B.5. Betriebskosten, Bewirtschaftungskosten und Bewirtschaftungsaufwand

B.5.1. Betriebskosten gemäß Mietrechtsgesetz

Auszug aus dem österreichischen Mietrechtsgesetz, BGBl. Nr. 520/1981, zuletzt geändert durch BGBl. I 161/2001 (MRG §21, §22 und §23):

§ 21 Betriebskosten und laufende öffentliche Abgaben

(1) Als Betriebskosten gelten die vom Vermieter aufgewendeten Kosten für

1. die Versorgung des Hauses mit Wasser aus einer öffentlichen Wasserleitung (Wassergebühren und Kosten, die durch die nach den Lieferbedingungen gebotenen Überprüfung der Wasserleitung erwachsen) oder die Erhaltung der bestehenden Wasserversorgung aus einem Hausbrunnen oder einer nicht öffentlichen Wasserleitung;
 - a. die Eichung, Wartung und Ablesung von Messvorrichtungen zur Verbrauchsermittlung im Sinn des § 17 Abs. 1a
2. die auf Grund der Kehrordnung regelmäßig durchzuführende Rauchfangkehrung, die Kanalaräumung, die Unratabfuhr und die Schädlingsbekämpfung;
3. die entsprechende Beleuchtung der allgemein zugänglichen Teile des Hauses, erforderlichenfalls auch des Hofraums und des Durchgangs zu einem Hinterhaus;
4. die angemessene Versicherung des Hauses gegen Brandschaden (Feuerversicherung), sofern und soweit die Versicherungssumme dem Betrag entspricht, der im Schadenfall zur Wiederherstellung (§ 7) ausreicht; bestehen für solche Versicherungen besondere Versicherungsbedingungen, die im Schadenfall den Einwand der Unterversicherung des Versicherers ausschließen, so sind die entsprechend solchen Versicherungsbedingungen ermittelten Versicherungswerte als angemessen anzusehen;
5. die angemessene Versicherung des Hauses gegen die gesetzliche Haftpflicht des Hauseigentümers (Haftpflichtversicherung) und gegen Leitungswasserschäden einschließlich Korrosionsschäden;
6. die angemessene Versicherung des Hauses gegen andere Schäden, wie besonders gegen Glasbruch hinsichtlich der Verglasung der der allgemeinen Benützung dienenden Räume des Hauses einschließlich aller Außenfenster oder gegen Sturmschäden, wenn und soweit die Mehrheit der Hauptmieter – diese berechnet nach der Anzahl der vermieteten Mietgegenstände – des Hauses dem Abschluss, der Erneuerung oder der Änderung des Versicherungsvertrags zugestimmt haben;
7. die im § 22 bestimmten Auslagen für die Verwaltung;
8. die im § 23 bestimmten angemessenen Aufwendungen für die Hausbetreuung.

(2) Die anteilig anrechenbaren öffentlichen Abgaben sind die von der Liegenschaft, auf die sich der Mietvertrag bezieht, zu entrichtenden laufenden öffentlichen Abgaben mit Ausnahme solcher, die nach landesgesetzlichen Bestimmungen auf die Mieter nicht überwältzt werden dürfen.

(3) Der Vermieter darf zur Deckung der im Lauf eines Kalenderjahres fällig werdenden Betriebskosten und öffentlichen Abgaben zu jedem Zinstermin einen gleich bleibenden Teilbetrag zur Anrechnung bringen (Jahrespauschalverrechnung), der vom Gesamtbetrag der Betriebskosten und der öffentlichen Abgaben des vorausgegangenen Kalenderjahres zu errechnen ist und im Fall einer zwischenzeitlichen Erhöhung von Betriebskosten oder überschritten werden darf.

Der Vermieter hat die im Lauf des Kalenderjahres fällig gewordenen Betriebskosten und öffentlichen Abgaben spätestens zum 30. Juni des folgenden Kalenderjahres abzurechnen; er hat die Abrechnung an einer geeigneten Stelle im Haus zur Einsicht durch die Hauptmieter aufzulegen und den Hauptmietern in geeigneter Weise Einsicht in die Belege – bei Belegen auf Datenträgern Einsicht in Ausdrucke der Belege – zu gewähren.

Auf Verlangen eines Hauptmieters sind von der Abrechnung und (oder) den Belegen auf seine Kosten Abschriften (Ablichtungen, weitere Ausdrucke) anfertigen zu lassen. In den Fällen einer Jahrespauschalverrechnung beginnt die einjährige Frist zur Geltendmachung der Betriebskosten und öffentlichen Abgaben mit Ablauf des Kalenderjahres zu laufen, in dem die Betriebskosten und öffentlichen Abgaben gegenüber dem Vermieter fällig geworden sind. Ergibt sich aus der Abrechnung ein Überschuss zugunsten der Hauptmieter, so ist der Überschussbetrag zum übernächsten Zinstermin

zurückzuerstatten. Ergibt sich aus der Abrechnung ein Fehlbetrag zu Lasten der Hauptmieter, so haben die Hauptmieter den Fehlbetrag zum übernächsten Zinstermin zu entrichten.

(4) Macht der Vermieter von der Jahrespauschalverrechnung nach Abs. 3 nicht Gebrauch, so hat der Mieter den auf seinen Mietgegenstand entfallenden Anteil an den Betriebskosten und den laufenden öffentlichen Abgaben an den Vermieter am 1. eines jeden Kalendermonats zu entrichten, wenn ihm dessen Höhe vorher unter Vorlage der Rechnungsbelege nachgewiesen wird; dabei kann der Vermieter jeweils die Betriebskosten und Abgaben in Anschlag bringen, die spätestens am genannten Tag fällig werden. In jedem dieser Fälle sind die Betriebskosten und Abgaben nur zu entrichten, wenn dem Mieter deren Höhe wenigstens drei Tage vorher unter Vorlage der Rechnungsbelege nachgewiesen wird. Betriebskosten und Abgaben, deren Fälligkeit vor mehr als einem Jahr eingetreten ist, können nicht mehr geltend gemacht werden.

(5) Kommt der Vermieter der im Abs. 3 ausgesprochenen Verpflichtung zur Legung der Abrechnung und Einsichtsgewährung in die Belege nicht nach, so gilt § 20 Abs. 4.

(6) Der Bundesminister für Justiz kann durch Verordnung ÖNORMEN bezeichnen, die in besonderem Maß geeignet sind, das Vorliegen der Voraussetzungen für eine ordnungsgemäße Abrechnung nach § 21 Abs. 3 festzustellen.

§ 22 Auslagen für die Verwaltung

(1) Zur Deckung der Auslagen für die Verwaltung des Hauses einschließlich der Auslagen für Drucksorten, Buchungsgebühren u. dgl. darf der Vermieter je Kalenderjahr und Quadratmeter der Nutzfläche des Hauses den nach § 15a Abs. 3 Z 1 jeweils geltenden Betrag anrechnen, der auf zwölf gleiche Monatsbeträge zu verteilen ist.

§ 23 Aufwendungen für die Hausbetreuung

(1) Die Hausbetreuung umfasst die Reinhaltung und Wartung jener Räume des Hauses, die von allen oder mehreren Hausbewohnern benützt werden können, solcher Flächen und Anlagen der Liegenschaft und der in die Betreuungspflicht des Liegenschaftseigentümers fallenden Gehsteige einschließlich der Schneeräumung sowie die Beaufsichtigung des Hauses und der Liegenschaft.

(2) Aufwendungen für die Hausbetreuung sind, soweit diese

- a. durch einen Dienstnehmer des Vermieters erfolgt, das diesem gebührende angemessene Entgelt zuzüglich des Dienstgeberanteils des Sozialversicherungsbeitrags und der sonstigen durch Gesetz bestimmten Belastungen oder Abgaben sowie die Kosten der erforderlichen Gerätschaften und Materialien,
- b. durch einen vom Vermieter bestellten Werkunternehmer erfolgt, der angemessene Werklohn,
- c. durch den Vermieter selbst erfolgt, der Betrag nach lit. a.

B.5.2. Bewirtschaftungskosten gemäß ÖNORM A 4000

Nachfolgende Informationen sind dem Gründruck ENTWURF ÖNORM A 4000 „Abrechnung von Bewirtschaftungskosten von Gebäuden mit Miet- und Eigentumsobjekten“ (Ausgabe 2001, S. 4ff) entnommen. Es ergeben sich diesbezüglich keine Unstimmigkeiten gegenüber der ÖNORM A 4000 (Ausgabe 1996, S. 2ff).

Anwendungsbereich

Die ÖNORM A 4000 regelt die Abrechnung von Betriebskosten, Kosten gemeinsamer Anlagen, Kosten der Erhaltung und Verbesserung sowie sonstigen Aufwendungen für Gebäude mit mindestens drei Nutzungsobjekten, von denen mindestens eines den Abrechnungsvorschriften des Mietrechtsgesetzes (MRG), des Wohnungsgemeinnützigkeitsgesetzes (WGG) oder des Wohnungseigentumsgesetzes 1975 (WEG 1975) unterliegt.

Verwendete Abkürzungen

MRGMietrechtsgesetz
WGGWohnungsgemeinnützigkeitsgesetz
WEG 1975.....Wohnungseigentumsgesetz von 1975
HeizKGHeizkostenabrechnungsgesetz

Definitionen

- **Bewirtschaftungskosten:** Sammelname für Betriebskosten, Kosten gemeinsamer Anlagen, sonstige Kosten der Bewirtschaftung, Kosten der Erhaltung und Verbesserung sowie den Kapitaldienst
- **Betriebskosten:** die in MRG § 21 taxativ angeführten Kosten
- **Kosten gemeinsamer Anlagen:** nach § 24 MRG und § 2 Z.8 HeizKG anrechenbare Kosten von der gemeinsamen Benützung dienenden Anlagen
- **Kosten der Erhaltung und Verbesserung:** Kosten für Maßnahmen nach § 3 MRG (§ 14a WGG) und nach §§ 4 und 5 MRG (§ 14b WGG) sowie solche auf Grund landesgesetzlicher Bestimmungen über die Förderung der Wohnhaussanierung
- **Sonstige Kosten der Bewirtschaftung:** Kosten der Bewirtschaftung, die nach § 19 WEG 1975 über die Betriebskosten und Kosten gemeinsamer Anlagen hinaus anrechenbar sind
- **Kapitaldienst:** Ausgaben für die Tilgung und Verzinsung der für die Finanzierung der Herstellungskosten des Gebäudes bzw. der Nutzungsobjekte im Wohnungseigentum aufgenommenen Darlehen
- **Herstellungskosten:** für die widmungsgemäße Benützung der Baulichkeit aufgewendete Baukosten einschließlich notwendiger Rückstellungen, Grundkosten und Anschließungskosten sowie sonstige Kosten, soweit sie für die Errichtung und Bewohnbarmachung der Baulichkeit erforderlich sind, wie Bauverwaltungs- und Finanzierungskosten

Übersicht über die Bewirtschaftungskosten

(unter besonderer Berücksichtigung der Betriebskosten)

Bewirtschaftungskosten

- **Betriebskosten**
 - Öffentliche Abgaben
 - Grundsteuer
 - Gebrauchsabgabe
 - Sonstige Länderabgaben
 - Rauchfangkehrer
 - Wasser / Abwasser
 - Wasser / Abwasser
 - Dichtheitsüberprüfung
 - Kanalräumung
 - Müll

- Hausbetreuungskosten
 - Krankenkasse
 - SV-Anteil
 - Lohnsteuer
 - Dienstgeberbeitrag
 - Kommunalsteuer
 - Nettoentgelt
 - Urlaubszuschuss
 - Weihnachtsremuneration
 - Vertretungskosten
 - Dotierung Abfertigungsrückstellung
 - Abfertigung
 - Streumaterial
 - Geräte
- Strom / Beleuchtung
 - Strom
 - Glühlampen
- Schädlingsbekämpfung
- Versicherungen
 - Haftpflicht
 - Feuer
 - Leitungswasser
 - Bündelversicherung
- Verwaltung
- Sonstige Betriebskosten
- **Kosten gemeinsamer Anlagen**
- **Sonstige Kosten der Bewirtschaftung**
- **Kosten der Erhaltung und Verbesserung**
- **Kapitaldienst**

B.5.3. Bewirtschaftungsaufwand gemäß ÖNORM B 1802

Auszug aus der ÖNORM B 1802, S. 4 (Ertragswertverfahren):

Zum Bewirtschaftungsaufwand für eine Liegenschaft zählen:

- Betriebskosten
- Erhaltungskosten (Instandhaltungskosten, Instandsetzungs- und Restaurierungskosten)
- Verwaltungskosten
- bestandsbedingte Steuern und sonstige Abgaben

B.6. Kostengliederungen für die Folgekosten gemäß Öfverholm

B.6.1. Gliederung der Folgekosten, die der Planer beeinflussen kann¹

1 Energie

- 1.1. Heizung, auch von Luft
- 1.2. Erzeugung von Kälte einschließlich Wasser für die Erzeugung von Kälte
- 1.3. Lüftung, nur Strom
- 1.4. Beleuchtung (berechnet oder gemessen, bei Berechnung kann man Rücksicht auf Beleuchtung durch Arbeitslampen nehmen)

2 Reinigung

- 2.1. Arbeitsfläche
- 2.2. Kommunikationsfläche
- 2.3. Hygienefläche
- 2.4. Sonstige Flächen

3 Instandhaltung

- 3.1. Außenwandflächen
- 3.2. Innenwandflächen
- 3.3. horizontale Trennflächen
- 3.4. Dachflächen
- 3.5. Heizungs- und Kühlungsanlagen
- 3.6. Lüftungsanlagen
- 3.7. Sanitätsanlagen
- 3.8. Starkstromanlagen
- 3.9. Beförderungsanlagen

B.6.2. Gliederung sämtlicher Folgekosten (mit Ausnahme von Anpassungsmaßnahmen, die zu Wertvermehrung führen)²

1 Energie

- 1.1. Heizung, auch von Luft
- 1.2. Erzeugung von Kälte einschließlich Wasser für die Erzeugung von Kälte
- 1.3. Lüftung, nur Strom
- 1.4. Beleuchtung (berechnet oder gemessen, bei Berechnung kann man Rücksicht auf Beleuchtung durch Arbeitslampen nehmen)
- 1.5. Energie für Heißwasser und Sonstiges

2 Reinigung

- 2.1. Arbeitsfläche
- 2.2. Kommunikationsfläche
- 2.3. Hygienefläche
- 2.4. Sonstige Flächen
- 2.5. Reinigung von Mobiliar und Sonstiges (inkl. Regiearbeit)

3 Instandhaltung

- 3.1. Außenwandflächen
- 3.2. Innenwandflächen
- 3.3. horizontale Trennflächen
- 3.4. Dachflächen

¹ Vgl. Öfverholm, 1986, S. 10 der Beilage 1

² Vgl. Öfverholm, 1986, S. 11 der Beilage 1

- 3.5. Heizungs- und Kühlungsanlagen
- 3.6. Lüftungsanlagen
- 3.7. Sanitätsanlagen
- 3.8. Starkstromanlagen
- 3.9. Beförderungsanlagen
- 3.10. Sonstiges

- 4 Schwachstromanlagen**

- 5 Wasser und Abwasser**
(Anteile die nicht bereits unter Punkt 1.2. enthalten sind)

- 6 Abfallbeseitigung**

- 7 Schornsteinreinigung**

- 8 Versicherungen**

- 9 Sicherheitsanlagen**
(TV-Überwachung)

- 10 Steuer**

- 11 Verwaltung, Hausmeisterdienst**
(sollten möglichst auf Energie, Reinigung und Instandhaltung aufgeteilt werden)

- 12 Mobiliar**

- 13 Außenanlagen**

- 14 Sonstiges**

B.7. Lebenszyklusausgaben

Der entwickelte Lebenszyklusausgabenkatalog für Hochbau-Immobilien weist eine hierarchische Struktur mit einer maximalen Gliederungstiefe von sechs Ebenen (1. Lebenszyklusphase, 2. Ausgabenbereich, 3. Grobelement, 4. Element, 5. Elementtyp, 6. Position) auf und wird um eine Zeitachse ergänzt, deren kleinste Zeiteinheit 1 Jahr beträgt. Alle **Ausgaben**, die innerhalb des Lebenszyklus anfallen, werden einerseits anhand ihrer sachlichen Zugehörigkeit zu einem gewissen Ausgabenelement (z.B. I.0 Machbarkeitsuntersuchung, II.8 Nebenkosten, ...) vertikal, andererseits anhand des Zeitraums ihres zeitlichen Auftretens (z.B. Jahr 3, ...) horizontal in die Matrix des Lebenszyklusausgabenkataloges eingeordnet.

Tabelle B-1 – Übersicht über den Lebenszyklusausgabenkatalog

Hierarchieebenen						Zeit				
Lebenszyklusphase	Ausgabenbereich	Grobelement	Element	Elementtyp	Position	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	...
I. Objektentwicklungsausgaben										
	I.0 Machbarkeitsuntersuchung									
	I.1 Entwicklungskonzept									
	I.2 Realisierungsbedingungen									
	I.3 Sonstige Ausgaben									
	I.4 Finanzierungsausgaben für die Objektentwicklung									
II. Objekterrichtungsausgaben										
	II.0 Grund									
	II.1 Aufschließung									
	II.2 Bauwerk – Rohbau									
	II.3 Bauwerk – Technik									
	II.4 Bauwerk – Ausbau									
	II.5 Einrichtung									
	II.6 Außenanlagen									
	II.7 Honorare									
	II.8 Nebenkosten ¹									
	II.9 Reserven									
	II.10 Finanzierungsausgaben für die Objekterrichtung									
III. Objektnutzungsausgaben										
	III.0 Steuern und Abgaben									
	III.1 Verwaltung									
	III.2 Ver- und Entsorgung									
	III.3 Reinigung und Pflege									
	III.4 Aufsichtsdienste und Bedienung technischer Anlagen									
	III.5 Instandhaltung									
	III.6 Instandsetzung									
	III.7 Sonstige Ausgaben									
	III.8 Finanzierungsausgaben für die Objektnutzung									
IV. Objektbeseitigungsausgaben										
	IV.0 Vorbereitung									
	IV.1 Abbruch									
	IV.2 Entsorgung und Verwertung									
	IV.3 Sonstige Ausgaben									
	IV.4 Finanzierungsausgaben für die Objektbeseitigung									

¹ Anm.: Der Ausgabenbereich „Nebenkosten“ beinhaltet jene Ausgaben, die aufgrund allfälliger Nebenleistungen anfallen.

Lebenszyklusausgabenkatalog für eine Hochbau-Immobilie

Hierarchieebenen						Zeit (Jahresschritte)						
LZ-Phase	Ausgabenbereich	Grob-element	Element	Elementtyp	Position	1	2	3	4	5	6	...
I. Objektentwicklungsausgaben												
			I.0 Machbarkeitsuntersuchung									
			I.0A Zielsetzungen									
			I.0B Marktlage und Standort									
			I.0B.01 Marktanalyse									
			I.0B.02 Marktprognose									
			I.0B.03 Standort- und Umfeldanalyse									
			I.0B.04 Standortprognose									
			I.0C Nutzungskonzeption									
			I.0D Finanzierbarkeit									
			I.0E Umweltverträglichkeit									
			I.0Z Sonstiges									
			I.1 Entwicklungskonzept									
			I.1A Grundstückssicherung									
			I.1B Nutzerbedarfsprogramm									
			I.1C Technisches Konzept									
			I.1C.01 Funktionskonzept									
			I.1C.02 Architektonisches Grundkonzept									
			I.1C.03 Raumstruktur									
			I.1C.04 Innere und äußere Erschließung									
			I.1C.99 Sonstiges									
			I.1D Kaufmännisches Konzept									
			I.1D.01 Erster Kostenrahmen									
			I.1D.02 Erster Ertragsrahmen									
			I.1D.03 Erster Terminrahmen									
			I.1D.04 Finanzierung									
			I.1D.05 Steuerliche Aspekte									
			I.1D.99 Sonstiges									
			I.1E Organisatorisches Konzept									
			I.1E.01 Trägergesellschaft									
			I.1E.02 Projektorganisation									
			I.1E.99 Sonstiges									

LZ-Phase	Ausgabenbereich	Grob-element	Element	Elementtyp	Position	1	2	3	4	5	6	...
			I.1F Vermarktungskonzept									
			I.1F.01 Investoren									
			I.1F.02 Mieter									
			I.1F.03 Käufer									
			I.1F.99 Sonstiges									
			I.1Z Sonstiges									
			I.2 Realisierungsbedingungen									
			I.2A Rentabilitätsanalyse und -prognose									
			I.2B Risiko- und Sensitivitätsanalyse									
			I.2Z Sonstiges									
			I.3 Sonstige Ausgaben									
			I.4 Finanzierungsausgaben für die Objektentwicklung									
			I.4A Eigenfinanzierung									
			I.4A.01 Eigenkapital-Zinsen									
			I.4A.02 Eigenkapital-Entnahmen									
			I.4A.99 Sonstiges									
			I.4B Fremdfinanzierung									
			I.4B.01 Fremdkapital-Zinsen									
			I.4B.02 Fremdkapital-Tilgungen									
			I.4B.99 Sonstiges									
			II. Objektgerichtungs Ausgaben									
			II.0 Grund									
			II.0A Allgemeine Maßnahmen									
			II.0A.01 Allgemeine Maßnahmen									
			II.0A.99 Sonstiges									
			II.0B Grunderwerb									
			II.0B.01 Erwerb Grund									
			II.0B.02 Erwerb Baurecht									
			II.0B.99 Sonstiges									
			II.0C Erwerbsnebenkosten									
			II.0C.01 Vorstudien, Gutachten									
			II.0C.02 Wertermittlung/Untersuchung									
			II.0C.03 Gebühren/Steuern									
			II.0C.99 Sonstiges									
			II.0D Spezielle Maßnahmen									
			II.0D.01 Abfindungen									
			II.0D.02 Ablösen von Rechten und Lasten									

LZ-Phase	Ausgabenbereich	Großelement	Element	Elementtyp	Position	1	2	3	4	5	6	
			II.0D.99 Sonstiges									
			II.1 Aufschließung									
			II.1A Allgemeine Maßnahmen									
			II.1A.01 Allgemeine Maßnahmen									
			II.1A.99 Sonstiges									
			II.1B Baureifmachung									
			II.1B.01 Sicherungsmaßnahmen									
			II.1B.02 Abbruchmaßnahmen									
			II.1B.03 Geländeoberfläche herrichten									
			II.1B.99 Sonstiges									
			II.1C Erschließungen									
			II.1C.01 Abwasserentsorgung									
			II.1C.09 Sonstige Entsorgungen									
			II.1C.11 Wasserversorgung									
			II.1C.12 Gasversorgung									
			II.1C.13 Fernwärmeversorgung									
			II.1C.14 Stromversorgung									
			II.1C.15 Telekommunikation									
			II.1C.19 Sonstige Versorgungen									
			II.1C.21 Verkehrserschließungen									
			II.1C.29 Sonstige Erschließungen									
			II.1C.99 Sonstiges									
			II.1D Spezielle Maßnahmen									
			II.1D.01 Altlastenbeseitigung									
			II.1D.99 Sonstiges									
			II.2 Bauwerk - Rohbau									
			II.2A Allgemeine Maßnahmen									
			II.2A.01 Besondere Baustelleneinrichtung									
			II.2A.02 Sicherungsmaßnahmen									
			II.2A.03 Gerüstungen									
			II.2A.04 Schlechtwettermaßnahmen									
			II.2A.05 Baustellenrecycling									
			II.2A.99 Sonstiges									
			II.2B Erdarbeiten/Baugrube									
			II.2B.01 Baugrubenherstellung									
			II.2B.02 Baugrubenumschließung									
			II.2B.03 Wasserhaltung									
			II.2B.99 Sonstiges									

LZ-Phase	Ausgabenbereich	Grob-element	Element	Elementtyp	Position	1	2	3	4	5	6	...
			II.2C Gründungen/Bodenkonstruktionen									
			II.2C.01 Baugrundverbesserungen									
			II.2C.02 Tiefgründungen									
			II.2C.03 Flachgründungen									
			II.2C.04 Bodenkonstruktionen									
			II.2C.05 Bauwerksabdichtungen									
			II.2C.99 Sonstiges									
			II.2D Horizontale Baukonstruktionen									
			II.2D.01 Deckenkonstruktionen									
			II.2D.02 Dachkonstruktionen									
			II.2D.03 Spezielle Konstruktionen									
			II.2D.99 Sonstiges									
			II.2E Vertikale Baukonstruktionen									
			II.2E.01 Außenwandkonstruktionen									
			II.2E.02 Innenwandkonstruktionen									
			II.2E.03 Stützenkonstruktionen									
			II.2E.04 Spezielle Konstruktionen									
			II.2E.99 Sonstiges									
			II.2F Spezielle Baukonstruktionen									
			II.2F.01 Brücken									
			II.2F.02 Spezielle Fertigteile									
			II.2F.03 Kollektoren									
			II.2F.99 Sonstiges									
			II.2G Rohbau zu Bauwerk-Technik									
			II.2G.01 Abwasserentsorgung									
			II.2G.02 Rauch- und Abgasfänge									
			II.2G.09 Sonstige Entsorgungen									
			II.2G.11 Wasserversorgung									
			II.2G.12 Gasversorgung									
			II.2G.13 Fernwärmeversorgung									
			II.2G.14 Stromversorgung									
			II.2G.15 Telekommunikation									
			II.2G.99 Sonstiges									
			II.3 Bauwerk - Technik									
			II.3A Allgemeine Maßnahmen									
			II.3A.01 Besondere Baustelleneinrichtung									
			II.3A.02 Sicherungsmaßnahmen									
			II.3A.03 Gerüstungen									

LZ-Phase	Ausgabenbereich	Grob-element	Element	Elementtyp	Position	1	2	3	4	5	6	...
			II.3A.04 Schlechtwettermaßnahmen									
			II.3A.99 Sonstiges									
		II.3B Förderanlagen										
			II.3B.01 Aufzugsanlagen									
			II.3B.02 Fahrtreppen									
			II.3B.03 Befahranlagen									
			II.3B.04 Transportanlagen									
			II.3B.05 Krananlagen									
			II.3B.99 Sonstiges									
		II.3C Wärmeversorgungsanlagen										
			II.3C.01 Wärmeerzeugungsanlagen									
			II.3C.02 Wärmeverteilnetze									
			II.3C.03 Raumheizflächen									
			II.3C.99 Sonstiges									
		II.3D Klima-/Lüftungsanlagen										
			II.3D.01 Lüftungsanlagen									
			II.3D.02 Teilklimaanlagen									
			II.3D.03 Klimaanlagen									
			II.3D.04 Kälteanlagen									
			II.3D.05 Prozesslufttechnische Anlagen									
			II.3D.99 Sonstiges									
		II.3E Sanitär-/Gasanlagen										
			II.3E.01 Abwasseranlagen									
			II.3E.02 Wasseranlagen									
			II.3E.03 Gasanlagen									
			II.3E.04 Feuerlöschanlagen									
			II.3E.99 Sonstiges									
		II.3F Starkstromanlagen										
			II.3F.01 Hoch-/Mittelspannungsanlage									
			II.3F.02 Eigenstromversorgung									
			II.3F.03 Niederspannungsschaltanlagen									
			II.3F.04 Niederspannungsinallation									
			II.3F.05 Beleuchtungsanlagen									
			II.3F.06 Blitzschutzanlagen									
			II.3F.99 Sonstiges									
		II.3G Schwachstromanlagen (Informationstechnologie)										
			II.3G.01 Telekommunikationsanlagen									
			II.3G.02 Such-/Signalanlagen									

LZ-Phase	Ausgabenbereich	Großelement	Element	Elementtyp	Position	1	2	3	4	5	6	...
			II.3G.03	Zeitdienstanlagen								
			II.3G.04	Elektroakustische Anlagen								
			II.3G.05	Fernseh-/Antennenanlagen								
			II.3G.06	Gefahrenmelde-/Alarmanlagen								
			II.3G.07	Übertragungsnetze								
			II.3G.99	Sonstiges								
		II.3H		Gebäudeautomation								
			II.3H.01	Mess-, Steuer-, Regel- und Leitanlagen								
			II.3H.99	Sonstiges								
		II.3I		Spezielle Anlagen								
			II.3I.01	Maschinenanlagen								
			II.3I.99	Sonstiges								
		II.4		Bauwerk - Ausbau								
		II.4A		Allgemeine Maßnahmen								
			II.4A.01	Besondere Baustelleneinrichtung								
			II.4A.02	Sicherungsmaßnahmen								
			II.4A.03	Gerüstungen								
			II.4A.04	Schlechtwettermaßnahmen								
			II.4A.99	Sonstiges								
		II.4B		Innenverkleidungen								
			II.4B.01	Bodenbeläge								
			II.4B.02	Wandverkleidungen								
			II.4B.03	Deckenverkleidungen								
			II.4B.99	Sonstiges								
		II.4C		Außenverkleidungen								
			II.4C.01	Fassadenverkleidungen								
			II.4C.02	Dachbeläge								
			II.4C.03	Balkon- und Terrassenbeläge								
			II.4C.99	Sonstiges								
		II.4D		Spezielle Verkleidungen								
			II.4D.01	Spezielle Verkleidungen								
			II.4D.99	Sonstiges								
		II.4E		Ausbauteile innen								
			II.4E.01	Innentüren, Innenfenster								
			II.4E.02	Innenwandelemente								
			II.4E.03	Feste Einbauteile								
			II.4E.04	Schutzraumbauteile								
			II.4E.99	Sonstiges								

LZ-Phase	Ausgabenbereich	Grob-element	Element	Elementtyp	Position										
					1	2	3	4	5	6	...				
			II.4F Ausbauteile außen												
			II.4F.01 Fenster, Außentüren, Tore												
			II.4F.02 Sonnenschutz												
			II.4F.03 Dachfenster/-öffnungen												
			II.4F.04 Feste Einbauteile												
			II.4F.99 Sonstiges												
			II.4G Spezielle Ausbauteile												
			II.4G.01 Spezielle Ausbauteile innen												
			II.4G.02 Spezielle Ausbauteile außen												
			II.4G.99 Sonstiges												
			II.5 Einrichtung												
			II.5A Allgemeine Maßnahmen												
			II.5A.01 Besondere Baustelleneinrichtung												
			II.5A.02 Sicherungsmaßnahmen												
			II.5A.03 Gerüstungen												
			II.5A.04 Schlechtwettermaßnahmen												
			II.5A.99 Sonstiges												
			II.5B Betriebseinrichtungen												
			II.5B.01 Küchentechnische Anlagen												
			II.5B.02 Wäscherei-Reinigungsanlagen												
			II.5B.03 Medienversorgungsanlagen												
			II.5B.04 Medizintechnische Anlagen												
			II.5B.05 Labortechnische Anlagen												
			II.5B.06 Badetechnische Anlagen												
			II.5B.07 Kälteanlagen												
			II.5B.08 Entsorgungsanlagen												
			II.5B.09 Automationssysteme												
			II.5B.10 Zentrale Einrichtungen												
			II.5B.11 Allgemeine betriebliche Einrichtungen												
			II.5B.12 Besondere betriebliche Einrichtungen												
			II.5B.99 Sonstiges												
			II.5C Ausstattungen												
			II.5C.01 Allgemeine Ausstattung												
			II.5C.02 Besondere Ausstattung												
			II.5C.03 Leitsysteme												
			II.5C.99 Sonstiges												
			II.5D Kunst am Bau												
			II.5D.01 Kunstobjekte												

LZ-Phase	Ausgabenbereich	Groblelement	Element	Elementtyp	Position	1	2	3	4	5	6	
			II.5D.99 Sonstiges									
			II.6 Außenanlagen									
			II.6A Allgemeine Maßnahmen									
			II.6A.01 Besondere Baustelleneinrichtung									
			II.6A.02 Sicherungsmaßnahmen									
			II.6A.03 Gerüstungen									
			II.6A.04 Schlechtwettermaßnahmen									
			II.6A.05 Baustoffrecycling									
			II.6A.99 Sonstiges									
			II.6B Geländeflächen									
			II.6B.01 Geländegestaltung									
			II.6B.02 Oberbodenbearbeitung									
			II.6B.03 Sicherungsbauweisen									
			II.6B.04 Pflanzen									
			II.6B.05 Begrünung									
			II.6B.06 Begrünung									
			II.6B.07 Wasserflächen									
			II.6B.99 Sonstiges									
			II.6C Befestigte Flächen									
			II.6C.01 Wege									
			II.6C.02 Straßen									
			II.6C.03 Plätze, Stellplätze, Höfe									
			II.6C.04 Sport-/Spielplatzflächen									
			II.6C.05 Gleisanlagen									
			II.6C.99 Sonstiges									
			II.6D Bauliche Außenanlagen-Rohbau									
			II.6D.01 Besondere Baustelleneinrichtung									
			II.6D.02 Sicherungsmaßnahmen									
			II.6D.03 Gerüstungen									
			II.6D.04 Schlechtwettermaßnahmen									
			II.6D.05 Baustellenrecycling									
			II.6D.06 Baugrubenherstellung									
			II.6D.07 Baugrubenumschließung									
			II.6D.08 Wasserhaltung									
			II.6D.09 Baugrundverbesserungen									
			II.6D.10 Tiefgründungen									
			II.6D.11 Flachgründungen									
			II.6D.12 Bodenkonstruktionen									

LZ-Phase	Ausgabenbereich	Grob-element	Element	Elementtyp	Position	1	2	3	4	5	6	...
			II.6D.13	Bauwerksabdichtungen								
			II.6D.14	Deckenkonstruktionen								
			II.6D.15	Dachkonstruktionen								
			II.6D.16	Spezielle Konstruktionen								
			II.6D.17	Außenwandkonstruktionen								
			II.6D.18	Innenwandkonstruktionen								
			II.6D.19	Stützenkonstruktionen								
			II.6D.20	Spezielle Konstruktionen								
			II.6D.21	Brücken								
			II.6D.22	Spezielle Fertigteile								
			II.6D.23	Kollektoren								
			II.6D.24	Abwasserentsorgung								
			II.6D.25	Rauch- und Abgasfänge								
			II.6D.26	Sonstige Entsorgungen								
			II.6D.27	Wasserversorgung								
			II.6D.28	Gasversorgung								
			II.6D.29	Fernwärmeversorgung								
			II.6D.30	Stromversorgung								
			II.6D.31	Telekommunikation								
			II.6D.99	Sonstiges								
			II.6E	Bauliche Außenanlagen-Technik								
			II.6E.01	Besondere Baustelleneinrichtung								
			II.6E.02	Sicherungsmaßnahmen								
			II.6E.03	Gerüstungen								
			II.6E.04	Schlechtwettermaßnahmen								
			II.6E.05	Aufzugsanlagen								
			II.6E.06	Fahrtreppen								
			II.6E.07	Befahranlagen								
			II.6E.08	Transportanlagen								
			II.6E.09	Krananlagen								
			II.6E.10	Wärmeerzeugungsanlagen								
			II.6E.11	Wärmeverteilnetze								
			II.6E.12	Raumheizflächen								
			II.6E.13	Lüftungsanlagen								
			II.6E.14	Teilklimaanlagen								
			II.6E.15	Klimaanlagen								
			II.6E.16	Kälteanlagen								
			II.6E.17	Prozesslufttechnische Anlagen								

LZ-Phase	Ausgabenbereich	Grob-element	Element	Elementtyp	Position	1	2	3	4	5	6	...
			II.6E.18	Abwasseranlagen								
			II.6E.19	Wasseranlagen								
			II.6E.20	Gasanlagen								
			II.6E.21	Feuerlöschanlagen								
			II.6E.22	Hoch-/Mittelspannungsanlage								
			II.6E.23	Eigenstromversorgung								
			II.6E.24	Niederspannungsschaltanlagen								
			II.6E.25	Niederspannungsinstallation								
			II.6E.26	Beleuchtungsanlagen								
			II.6E.27	Blitzschutzanlagen								
			II.6E.28	Telekommunikationsanlagen								
			II.6E.29	Such-/Signalanlagen								
			II.6E.30	Zeitdienstanlagen								
			II.6E.31	Elektroakustische Anlagen								
			II.6E.32	Fernseh-/Antennenanlagen								
			II.6E.33	Gefahrenmelde-/Alarmanlagen								
			II.6E.34	Übertragungsnetze								
			II.6E.35	Mess-, Steuer-, Regel- und Leitanlagen								
			II.6E.36	Maschinenanlagen								
			II.6E.99	Sonstiges								
			II.6F	Bauliche Außenanlagen-Ausbau								
			II.6F.01	Besondere Baustelleneinrichtung								
			II.6F.02	Sicherungsmaßnahmen								
			II.6F.03	Gerüstungen								
			II.6F.04	Schlechtwettermaßnahmen								
			II.6F.05	Bodenbeläge								
			II.6F.06	Wandverkleidungen								
			II.6F.07	Deckenverkleidungen								
			II.6F.08	Fassadenverkleidungen								
			II.6F.09	Dachbeläge								
			II.6F.10	Balkon- und Terrassenbeläge								
			II.6F.11	Spezielle Verkleidungen								
			II.6F.12	Innentüren, Innenfenster								
			II.6F.13	Innenwandelemente								
			II.6F.14	Feste Einbauteile								
			II.6F.15	Schutzraumbauteile								
			II.6F.16	Fenster, Außentüren, Tore								
			II.6F.17	Sonnenschutz								

LZ-Phase	Ausgabenbereich	Grob-element	Element	Elementtyp	Position	1	2	3	4	5	6	
			II.6F.18 Dachfenster/-öffnungen									
			II.6F.19 Feste Einbauteile									
			II.6F.20 Spezielle Ausbauteile innen									
			II.6F.21 Spezielle Ausbauteile außen									
			II.6F.99 Sonstiges									
			II.6G Einrichtungen Außenanlagen									
			II.6G.01 Besondere Baustelleneinrichtung									
			II.6G.02 Sicherungsmaßnahmen									
			II.6G.03 Gerüstungen									
			II.6G.04 Schlechtwettermaßnahmen									
			II.6G.05 Küchentechnische Anlagen									
			II.6G.06 Wäscherei-Reinigungsanlagen									
			II.6G.07 Medienversorgungsanlagen									
			II.6G.08 Medizintechnische Anlagen									
			II.6G.09 Labortechnische Anlagen									
			II.6G.10 Badetechnische Anlagen									
			II.6G.11 Kälteanlagen									
			II.6G.12 Entsorgungsanlagen									
			II.6G.13 Automationssysteme									
			II.6G.14 Zentrale Einrichtungen									
			II.6G.15 Allgemeine betriebliche Einrichtungen									
			II.6G.16 Besondere betriebliche Einrichtungen									
			II.6G.17 Allgemeine Ausstattung									
			II.6G.18 Besondere Ausstattung									
			II.6G.19 Leitsysteme									
			II.6G.20 Kunstobjekte									
			II.6G.99 Sonstiges									
			II.6H Einfriedungen									
			II.6H.01 Einfriedungen mit Fundierung									
			II.6H.02 Einfriedungen ohne Fundierung									
			II.6H.99 Sonstiges									
			II.7 Honorare									
			II.7A Allgemeine Maßnahmen									
			II.7A.01 Allgemeine Maßnahmen									
			II.7A.99 Sonstiges									
			II.7B Vorbereitung/Objektplanung									
			II.7B.01 Untersuchungen									
			II.7B.02 Wertermittlungen									

LZ-Phase	Ausgabenbereich	Groblelement	Element	Elementtyp	Position	1	2	3	4	5	6	
			II.7B.03 Städtebauliche Leistungen									
			II.7B.04 Landschaftsplanung									
			II.7B.05 Wettbewerbe									
			II.7B.99 Sonstiges									
			II.7C Bauherrenaufgaben									
			II.7C.01 Projektleitung									
			II.7C.02 Projektsteuerung									
			II.7C.03 Betriebs-/Organisationsberatung									
			II.7C.99 Sonstiges									
			II.7D Planungsleistungen									
			II.7D.01 Gebäude									
			II.7D.02 Freianlagen									
			II.7D.03 Raumbildende Ausbauten									
			II.7D.04 Ingenieurbauwerke									
			II.7D.05 Tragwerksplanung									
			II.7D.06 Technische Ausrüstung									
			II.7D.07 Einrichtungsplanung									
			II.7D.99 Sonstiges									
			II.7E Gutachten / Beratungen									
			II.7E.01 Thermische Bauphysik									
			II.7E.02 Schallschutz/Raumakustik									
			II.7E.03 Bodenmechanik									
			II.7E.04 Vermessung									
			II.7E.05 Lichttechnik									
			II.7E.06 Technische Ausrüstung									
			II.7E.99 Sonstiges									
			II.7F Eigenleistungen									
			II.7F.01 Vorbereitung/Objektplanung									
			II.7F.02 Planungsleistungen									
			II.7F.04 Gutachten/Beratungen									
			II.7F.99 Sonstiges									
			II.8 Nebenkosten									
			II.8A Allgemeine Maßnahmen									
			II.8A.01 Allgemeine Maßnahmen									
			II.8A.99 Sonstiges									
			II.8B Baunebenkosten									
			II.8B.01 Bewilligungen, Abnahmen									
			II.8B.02 Anschlussgebühren									

LZ-Phase	Ausgabenbereich	Grob-element	Element	Elementtyp	Position	1	2	3	4	5	6	
			III. 1A.01 Personal									
			III. 1A.02 Material									
			III. 1A.03 Gesetzliche und freiwillige Prüfungen									
			III. 1A.99 Sonstiges									
			III. 1B Technische Verwaltung									
			III. 1B.01 Personal									
			III. 1B.02 Material									
			III. 1B.99 Sonstiges									
			III. 1Z Sonstiges									
			III.2 Ver- und Entsorgung									
			III. 2A Brauch- und Trinkwasserversorgung									
			III. 2B Abwasserentsorgung									
			III. 2C Energieverbrauch									
			III. 2C.01 Förderanlagen									
			III. 2C.02 Wärmeversorgungs-/Klima-/Lüftungsanlagen									
			III. 2C.03 Sanitär-/Gas-/Feuerlöschanlagen									
			III. 2C.04 Starkstromanlagen									
			III. 2C.05 Schwachstromanlagen (Informationstechnologie)									
			III. 2C.06 Gebäudeautomation									
			III. 2C.99 Sonstige Anlagen									
			III. 2D Abfallbeseitigung									
			III. 2Z Sonstiges									
			III.3 Reinigung und Pflege									
			III. 3A Bauwerk									
			III. 3A.01 Böden, Wände, Decken									
			III. 3A.02 Türen, Fenster									
			III. 3A.03 Einrichtung									
			III. 3A.04 Fassaden, Dächer									
			III. 3A.99 Sonstiges (z.B.: Tiefgarage,...)									
			III. 3B Außenanlagen									
			III. 3B.01 Reinigung/Pflege von Frühling bis Herbst									
			III. 3B.02 Reinigung/Pflege im Winter									
			III. 3B.99 Sonstiges									
			III. 3C Technische Anlagen									
			III. 3Z Sonstiges (z.B.: Schädlingsbekämpfung,...)									
			III.4 Aufsichtsdienste und Bedienung technischer Anlagen									
			III. 4A Pförtner									
			III. 4B Wachdienst									

LZ-Phase	Ausgabenbereich	Grob-element	Element	Elementtyp	Position	1	2	3	4	5	6	
			III.4C Hausbetreuung									
			III.4D Spezielle Bedienung technischer Anlagen									
			III.4D.01 Förderanlagen									
			III.4D.02 Wärmeversorgungs-/Klima-/Lüftungsanlagen									
			III.4D.03 Sanitär-/Gas-/Feuerlöschanlagen									
			III.4D.04 Starkstromanlagen									
			III.4D.05 Schwachstromanlagen (Informationstechnologie)									
			III.4D.06 Gebäudeautomation									
			III.4D.99 Sonstige Anlagen									
			III.4Z Sonstiges									
			III.5 Instandhaltung									
			III.5A Inspektion und Wartung von technischen Anlagen									
			III.5A.01 Förderanlagen									
			III.5A.02 Wärmeversorgungs-/Klima-/Lüftungsanlagen									
			III.5A.03 Sanitär-/Gas-/Feuerlöschanlagen									
			III.5A.04 Starkstromanlagen									
			III.5A.05 Schwachstromanlagen (Informationstechnologie)									
			III.5A.06 Gebäudeautomation									
			III.5A.99 Sonstige Anlagen									
			III.5B Bauliche Instandhaltung									
			III.5B.01 Bauwerk - Rohbau									
			III.5B.02 Bauwerk - Technik (inkl. zugehöriger Erschließungen)									
			III.5B.03 Bauwerk - Ausbau									
			III.5B.04 Einrichtung									
			III.5B.05 Außenanlagen									
			III.5Z Sonstiges									
			III.6 Instandsetzung									
			III.6A Bauwerk - Rohbau									
			III.6B Bauwerk - Technik (inkl. zugehöriger Erschließungen)									
			III.6C Bauwerk - Ausbau									
			III.6D Einrichtung									
			III.6E Außenanlagen									
			III.6Z Sonstiges									
			III.7 Sonstige Ausgaben									
			III.7A Versicherungen									
			III.7A.01 Haftpflichtversicherung									
			III.7A.02 Brandschadenversicherung									
			III.7A.03 Wasserschadenversicherung									

LZ-Phase	Ausgabenbereich	Groblelement	Element	Elementtyp	Position	1	2	3	4	5	6	...
			III.7A.04	Sturmschadenversicherung								
			III.7A.05	Glasbruchversicherung								
			III.7A.99	Sonstiges								
			III.7B	Restaurierung								
			III.7B.01	Bauwerk - Rohbau								
			III.7B.02	Bauwerk - Technik (inkl. zugehöriger Erschließungen)								
			III.7B.03	Bauwerk - Ausbau								
			III.7B.04	Einrichtung								
			III.7B.05	Außenanlagen								
			III.7C	Nützliche Verbesserungen								
			III.7C.01	Bauwerk - Rohbau								
			III.7C.02	Bauwerk - Technik (inkl. zugehöriger Erschließungen)								
			III.7C.03	Bauwerk - Ausbau								
			III.7C.04	Einrichtung								
			III.7C.05	Außenanlagen								
			III.7Z	Sonstiges								
			III:8	Finanzierungsausgaben für die Objektnutzung								
			III:8A	Eigenfinanzierung								
			III:8A.01	Eigenkapital-Zinsen								
			III:8A.02	Eigenkapital-Entnahmen								
			III:8A.99	Sonstiges								
			III:8B	Fremdfinanzierung								
			III:8B.01	Fremdkapital-Zinsen								
			III:8B.02	Fremdkapital-Tilgungen								
			III:8B.99	Sonstiges								
			IV	Objektbeseitigungsausgaben								
			IV.0	Vorbereitung								
			IV.0A	Objektuntersuchung, Beweissicherungen								
			IV.0B	Abbruchplanung								
			IV.0C	Entsorgungs- und Verwertungskonzept								
			IV.0Z	Sonstiges								
			IV.1	Abbruch								
			IV.1A	Sicherheitsmaßnahmen								
			IV.1A.01	Grund, Nachbargrund und -bauwerke								
			IV.1A.02	Aufschließung								
			IV.1A.03	Bauwerk - Rohbau								
			IV.1A.04	Bauwerk - Technik								

LZ-Phase	Ausgabenbereich	Groblelement	Element	Elementtyp	Position	1	2	3	4	5	6	...
			IV.1A.99 Sonstiges									
			IV.1B Rückbau (besondere Berücksichtigung der Trennung von Stoffen)									
			IV.1B.01 Einrichtung									
			IV.1B.02 Bauwerk - Ausbau									
			IV.1B.03 Bauwerk - Technik									
			IV.1B.04 Bauwerk - Rohbau									
			IV.1B.05 Aufschließung									
			IV.1B.99 Sonstiges									
			IV.1C Demolierung (keine besondere Berücksichtigung der Trennung von Stoffen)									
			IV.1C.01 Außenanlagen									
			IV.1C.02 Einrichtung									
			IV.1C.03 Bauwerk - Ausbau									
			IV.1C.04 Bauwerk - Technik									
			IV.1C.05 Bauwerk - Rohbau									
			IV.1C.06 Aufschließung									
			IV.1C.99 Sonstiges									
			IV.1Z Sonstiges									
			IV.2 Entsorgung und Verwertung									
			IV.2A Transport									
			IV.2A.01 Bodenaushub									
			IV.2A.02 Betonabbruch									
			IV.2A.03 Asphaltabbruch									
			IV.2A.04 Holzabfälle									
			IV.2A.05 Metallabfälle									
			IV.2A.06 Kunststoffabfälle									
			IV.2A.07 Baustellenabfälle									
			IV.2A.08 Mineralischer Bauschutt									
			IV.2A.09 Gefährliche Abfälle									
			IV.2A.10 Verpackungsabfälle									
			IV.2A.11 Biogene Abfälle									
			IV.2B Verwertung									
			IV.2B.01 Bodenaushub									
			IV.2B.02 Betonabbruch									
			IV.2B.03 Asphaltabbruch									
			IV.2B.04 Holzabfälle									
			IV.2B.05 Metallabfälle									
			IV.2B.06 Kunststoffabfälle									
			IV.2B.07 Baustellenabfälle									

LZ-Phase	Ausgabenbereich	Grobelement	Element	Elementtyp	Position	1	2	3	4	5	6	...
			IV.2B.08	Mineralischer Bauschutt								
			IV.2B.09	Gefährliche Abfälle								
			IV.2B.10	Verpackungsabfälle								
			IV.2B.11	Biogene Abfälle								
			IV.2C	Deponierung								
			IV.2C.01	Bodenaushub								
			IV.2C.02	Betonabbruch								
			IV.2C.03	Asphaltabbruch								
			IV.2C.04	Holzabfälle								
			IV.2C.06	Kunststoffabfälle								
			IV.2C.07	Baustellenabfälle								
			IV.2C.08	Mineralischer Bauschutt								
			IV.2C.11	Biogene Abfälle								
			IV.2Z	Sonstiges								
			IV.3 Sonstige Ausgaben									
			IV.4 Finanzierungsausgaben für die Objektbeseitigung									
			IV.4A Eigenfinanzierung									
			IV.4A.01 Eigenkapital-Zinsen									
			IV.4A.02 Eigenkapital-Entnahmen									
			IV.4A.99 Sonstiges									
			IV.4B Fremdfinanzierung									
			IV.4B.01 Fremdkapital-Zinsen									
			IV.4B.02 Fremdkapital-Tilgungen									
			IV.4B.99 Sonstiges									

B.8. Lebenszykluseinnahmen

Die Lebenszykluseinnahmen für eine Hochbau-Immobilie werden analog zu den Lebenszyklusausgaben in Form eines Kataloges erfasst. Da das Hauptaugenmerk dieser Arbeit auf den Lebenszyklusausgaben liegt, werden die Lebenszykluseinnahmen nicht detailliert aufgeschlüsselt.

Alle **Einnahmen**, die innerhalb des Lebenszyklus anfallen, werden einerseits anhand ihrer sachlichen Zugehörigkeit zu einem gewissen Einnahmenelement vertikal, andererseits anhand des Zeitraums ihres zeitlichen Auftretens horizontal in die Matrix des Lebenszykluseinnahmenkataloges eingeordnet.

Tabelle B-2 – Übersicht über den Lebenszykluseinnahmenkatalog

Hierarchieebenen						Zeit				
Lebenszyklusphase	Einnahmenbereich	Grobelement	Element	Elementtyp	Position	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	...
I. Objektentwicklungseinnahmen										
	I.0 Mittel zur Finanzierung der Objektentwicklung									
		I.0A Eigenkapital								
		I.0B Fremdkapital								
	I.1 Sonstiges									
II. Objektterrichtungseinnahmen										
	II.0 Mittel zur Finanzierung der Objektterrichtung									
		II.0A Eigenkapital								
		II.0B Fremdkapital								
	II.1 Sonstiges									
III. Objektnutzungseinnahmen										
	III.0 Mittel zur Finanzierung der Objektnutzung									
		III.0A Eigenkapital								
		III.0B Fremdkapital								
	III.1 Vermietung									
		III.1A Anteil Hauptmiete								
		III.1B Anteil Betriebskosten								
		III.1Z Sonstiges								
	III.2 Verpachtung									
		III.2A Anteil Hauptpacht								
		III.2B Anteil Betriebskosten								
		III.2Z Sonstiges								
	III.3 Sonstiges									
IV. Objektbeseitigungseinnahmen										
	IV.0 Mittel zur Finanzierung der Objektbeseitigung									
		IV.0A Eigenkapital								
		IV.0B Fremdkapital								
	IV.1 Sonstiges									

C. Öffentlich zugängliche Informationsquellen

Die nachstehend angeführten Quellen sind als Beispiele für die Art derzeit verfügbarer Informationen über immobilien-spezifische Kosten bzw. Ausgaben zu sehen und erheben keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit. Es besteht keine Werbeabsicht. Präferenzen lassen sich aus der getroffenen Auswahl ebenso wenig ableiten wie Aussagen über die Qualität der Informationen.

Da qualitativ hochwertige Informationen einen hohen Marktwert besitzen, können allgemein zugängliche, veröffentlichte Informationen nicht die eigene Erfahrung bzw. Anfragen oder das konkrete Ersuchen um Angebotslegung bei einschlägigen Unternehmen ersetzen. Während Kosten / Ausgaben der Lebenszyklusphase „Objekterrichtung“ seit längerem erhoben und veröffentlicht werden, sind aktuelle Daten über die Phasen der „Objektentwicklung“, „Objektnutzung“ bzw. „Objektbeseitigung“ nur spärlich verfügbar.¹

Neben herkömmlicher Literatur und dem Internet als Informationsplattform sei auch auf die einschlägigen Fachzeitschriften (aktuelle Untersuchungsergebnisse, ...) sowie Interessensvertretungen (Honorarordnungen, Provisionsregelungen, Branchenstatistik, ...) der einzelnen Berufsgruppen verwiesen.

Die Aussagekraft und Anwendbarkeit der veröffentlichten Daten ist jeweils im Einzelfall zu überprüfen (Erhebungsmethoden, Stichprobenumfang, Bezugsgrößen, Begriffsdefinitionen).

BKI – Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH
Bahnhofstraße 1, D-70372 Stuttgart

- BKI Baukosten 2001: Kostenkennwerte für Gebäude und Bauelemente
- BKI Objekte: Kosten abgerechneter Gebäude (Neubauten, Niedrigenergie- und Passivenergiehäuser, Altbauten, Freianlagen)

Anmerkung:

Das BKI stellt auf Basis abgerechneter Bauprojekte von ihm erarbeitete Fachinformationen zu Kostenfragen zur Verfügung. Dieser Service orientiert sich am Berufsbild des Architekten, steht aber allen am Bau Beteiligten zur Verfügung.

Literatur: Vgl. Nehm, 1996

Quelle:

Informationen online im WWW unter URL: <http://www.baukosten.de>
[Stand: 22.10.2001]

¹ Vgl. Naber, 2002, S. 39

Ing. Auer – Die Bausoftware GmbH
Franz Kreuzberger Straße 10, A-5310 Mondsee

Richtpreisdateien zu den Leistungsbüchern

- Hochbau (Baumeisterarbeiten, Schwarzdeckerarbeiten, Asphaltierungsarbeiten, Zimmermeister, Trockenausbau)
- Wiener Wohnbau
- Holzbau
- Siedlungswasserbau
- Brückenbau, Steiermärkischer Brückenbau
- Straßenbau, Wiener Straßenbau
- Tunnelbau
- Bahnbau

Anmerkung:

Die Richtpreisdateien (Format gemäß ÖNORM B 2063), die bereits mit Preisen (Lohn und Sonstiges) versehen sind, eignen sich nach Herstellerangabe vor allem für Kostenschätzungen.

Literatur: Vgl. Auer, 1998

Quelle:

Informationen online im WWW unter URL: <http://www.bausoftware.at>
[Stand: 05.01.2002]

Jones Lang LaSalle GmbH – Immobilien- und Facility Management
Kaistraße 5, D-40221 Düsseldorf

Das Beratungsunternehmen Jones Lang LaSalle veröffentlicht seit 1996 jährlich unter dem Titel OSCAR (Office Service Charge Analysis Report) eine Analyse von Büronebenkosten in Deutschland. Dabei wird versucht, die Aussagekraft des OSCAR jährlich mit Zunahme der Anzahl der betrachteten Objekte zu steigern (1999: 145 Objekte, 2002: 373 Objekte). Als Bezugsgröße dient die Nettogrundfläche (NGF).

Folgende Definitionen kommen zur Anwendung:

„Nebenkosten“:	Auf den Mieter umlegbare Kosten der Flächenbereitstellung und Bewirtschaftung
„Vollkosten“	Kosten, die dem Eigentümer durch das Eigentum am Grundstück oder durch den bestimmungsgemäßen Gebrauch des Gebäudes und den dazugehörigen Anlagen unmittelbar vom Beginn bis zum Ende der Nutzung entstehen
„Bürokosten“	Kosten der Büronutzung, bestehend aus Mietpreis und Nebenkosten

Literatur: Vgl. Jones Lang LaSalle, 1999 bis 2002

Quelle:

Informationen online im WWW unter URL: <http://www.joneslanglasalle.de> bzw. <http://www.jll.de>
[Stand: 19.09.2002]

Literaturangaben – Beispiel: Bauhandbuch

Österreichische Bau-Zeitung: „Bauhandbuch 2001“, Wien, Österreichischer Wirtschaftsverlag, 2001

Das Bauhandbuch wird von der Österreichischen Bau-Zeitung in Zusammenarbeit mit der Bundesinnung der Baugewerbe und dem Fachverband der Bauindustrie herausgegeben. Es beinhaltet neben aktuellen Übersichten über die Baukalkulation, Baukostenindizes u.dgl. auch Mitgliederverzeichnisse.

Literaturangaben – Beispiel: Modernisierung und Instandsetzung

Schmitz, Heinz et al.: „Bauteilkosten – Modernisierung und Instandsetzung“, 2. Auflage, Essen, Verlag für Wirtschaft und Verwaltung Hubert Wingen, 1985

Der vorgestellte Bauteilkatalog enthält ca. 1.450 komplett kalkulierte Bauteil-Kostenwerte für die üblicherweise bei der Modernisierung und Instandsetzung auszuführenden Bauleistungen. Die Kostenwerte sind als Mittelwert und Bandbreite angegeben und auf einen einheitlichen Preisstand bezogen.

Mittag, Martin

Martin Mittag ist Autor bzw. Herausgeber einer ganzen Reihe von Büchern und Nachschlagewerken, die die Bereitstellung von Kostendaten für die Errichtung bzw. Instandsetzung von Bauwerken zum Ziel haben. Die Daten sind in der Regel nach DIN aufbereitet und auch in digitaler Form verfügbar.

Literatur (Beispiele):

- Mittag, Martin: „Aktuelle Baupreise in Kurzform mit Einheitspreisen, Lohn- und Materialanteil und Kostengruppenzuordnung DIN 276“, Augsburg, WEKA, 1999
- Mittag, Martin: „Aktuelles Arbeits- und Kontrollhandbuch zur Planung und Kostenermittlung von Neubauten“, Augsburg, WEKA, 1999
- Mittag, Martin: „Aktuelle Bauelementpreise und Komplettleistungen, Massenbedarf und Wägungsanteile der Bauelemente, Kostenkennwerte zur Gebäudetechnik“, Augsburg, WEKA, 2000
- Mittag, Martin: „Ausschreibungshilfe Rohbau – Standardleistungsbeschreibungen, Baupreise, Firmenverzeichnis“, Wiesbaden, Vieweg, 2002
- Mittag, Martin: „Ausschreibungshilfe Technische Anlagen – Standardleistungsbeschreibungen, Baupreise, Firmenverzeichnis“, Wiesbaden, Vieweg, 2002
- Mittag, Martin: „Ausschreibungshilfe Ausbau – Standardleistungsbeschreibungen, Baupreise, Firmenverzeichnis“, Wiesbaden, Vieweg, 2002

R & S Software

Peter Pattererweg 20, A-9560 Feldkirchen

Informationsdatenbank für Liegenschaftsbewertung, Immobilien, Wohnbaufinanzierung und Steuerservice

- Grundpreise
- Baupreise
- Immobilienpreisspiegel
- Betriebskosten
- Marktpreisübersichten für Wohnungen, Büro- und Gewerbeimmobilien, Geschäftslokale usw.
- Technische Lebensdauer von baulichen Anlagen und Bauteilen
- ...

Anmerkung:

Die Informationsdatenbank stellt eine Zusammenfassung von Informationen dar, die ausschließlich aus Sekundärquellen stammen. Die Datenbank eignet sich im Besonderen für allgemein mit Immobilien befassende Personen wie z.B. Makler, Sachverständige für Liegenschaftsbewertung usw.

Literatur: Vgl. Kranewitter, 1998, Raunika / Schabus, 2002

Quelle:

Informationen online im WWW unter URL: <http://www.rs-software.at>
[Stand: 05.01.2002]

sirAdos – Online

P.I.B. Privates Institut für Baupreisforschung GmbH, Wilhelm-Maigatter-Weg 1, D-85221 Dachau
Edition AUM GmbH, Wilhelm-Maigatter-Weg 1, D-85221 Dachau

sirAdos – Online ist nach Eigendefinition ein Online-Service für Architekten, Bauingenieure und Sachverständige. Es stehen ständig über 30.000 aktuelle Ausschreibungstexte, 85.000 Baupreise, 1.200 Kostenelemente und vieles mehr zur Verfügung.

Von registrierten Benutzern können (kostenpflichtig) Ausschreibungstexte sowie Kostendaten über das Internet bezogen werden, z. B. (Preise: Stand: 1.12.1999):

- Kosten pro Position mit Kurztext: 0,29 DM (= 0,148 EUR)
- Kosten pro Element mit Langtext: 0,99 DM (= 0,506 EUR)

Anmerkung:

Neben den Online-Diensten stehen u.a. auch Baupreishandbücher mit Kurztexten und „von-mittel-bis“ – Preisen (z.B. für Neubau, Altbau, Haustechnik, Industriebau, ...) sowie Datenbanken auf CD-ROM zur Verfügung.

Quelle:

Informationen online im WWW unter URL: <http://www.sirados.de> bzw. <http://www.aum.de>
[Stand: 13.05.2002]

Zeitschriften (Österreich)

- BAUspezial
 - Österreichische Bau-Zeitung (Österreichischer Wirtschaftsverlag GmbH, Wien)
 - TGA spezial: Facility Management (WEKA GmbH, Wien)
 - TGA Technische Gebäudeausrüstung (WEKA GmbH, Wien)
 - Gewinn
 - Trend
 - Immobilienmagazin
 - BauMagazin (technopress FachzeitschriftenverlagsGmbH, Klosterneuburg)
 - ...
 - ...
-

D. Liegenschaftsbewertung

D.1. Ablaufschema der Verkehrswertermittlung bebauter Liegenschaften im Sachwertverfahren (vereinfacht)¹

Bodenwert	Ermittlung im Vergleichswertverfahren Evtl. Abschlag wegen Minderausnutzung
Bauwert des Gebäudes	Ermittlung des Herstellungswerts des Gebäudes Wertminderung wegen Baumängel und Bauschäden Wertminderung wegen Alters Abschläge wegen besonderer wertbeeinflussender Umstände
Bauwert der Außenanlagen	Ermittlung des Herstellungswerts der Außenanlagen Wertminderung wegen Baumängel und Bauschäden Wertminderung wegen Alters Abschläge wegen besonderer wertbeeinflussender Umstände
Bodenwert + Bauwert des Gebäudes + Bauwert der Außenanlagen – Abschläge zur Anpassung an den Verkehrswert – Barwert von Leibrenten und Nutzungsrechten – <u>Abschlag wegen eingeschränkter Verwertbarkeit aus Nutzungsrechten und Ausgedinge</u> = <u>Verkehrswert im Sachwertverfahren</u>	

D.2. Ablaufschema der Verkehrswertermittlung bebauter Liegenschaften im Ertragswertverfahren (vereinfacht)²

Bodenwert	Ermittlung im Vergleichswertverfahren Evtl. Abschlag wegen Minderausnutzung
Bauwert des Gebäudes	Ermittlung des Jahresrohertrages abzüglich Bewirtschaftungskosten abzüglich Verzinsung des Bodenwerts Vervielfältiger (lt. Kapitalisierungszinssatz, Restnutzungsdauer) Wertminderung wegen Baumängel und Bauschäden
Bauwert der Außenanlagen	Ermittlung analog zum Bauwert des Gebäudes, sofern nicht ohnehin im Bauwert des Gebäudes enthalten
Bodenwert + Bauwert des Gebäudes + Bauwert der Außenanlagen – Abschläge zur Anpassung an den Verkehrswert – Barwert von Leibrenten und Nutzungsrechten – <u>Abschlag wegen eingeschränkter Verwertbarkeit aus Nutzungsrechten und Ausgedinge</u> = <u>Verkehrswert im Ertragswertverfahren</u>	

Anmerkung:

Kann der Verkehrswert sowohl im Sach- als auch im Ertragswertverfahren sinnvoll ermittelt werden (z.B. bei Büroimmobilien, die vermietet werden können), so ist der Verkehrswert aus Sach- und Ertragswert durch Gewichtung zu eruieren.³

¹ Vgl. Kranewitter, 1998, S. 85

² Vgl. Kranewitter, 1998, S. 103

³ Vgl. Kranewitter, 1998, S. 108

D.3. Zuordnung von Begriffen der ÖNORM B1801-1, ÖNORM B 1802 und des Liegenschaftsbewertungsgesetzes¹

Tabelle D-1 - Zuordnung von Begriffen in der Liegenschaftsbewertung

Liegenschaftsbewertungsgesetz ²	ÖNORM B 1802 ³	ÖNORM B 1801-1 ⁴
Bodenwert		0 Grund
		1 Aufschließung
Herstellungswert	Neubauwert	2 Bauwerk – Rohbau
		3 Bauwerk – Technik
		4 Bauwerk – Ausbau
		7 Honorare (anteilig)
Sonstige Bestandteile und Zubehör		8 Nebenkosten (anteilig)
		5 Einrichtung
		6 Außenanlagen
		7 Honorare (anteilig)
		8 Nebenkosten (anteilig)

¹ Vgl. ÖNORM B 1802, S. 12

² Österreichisches Liegenschaftsbewertungsgesetz, BGBl. Nr. 150/1992, §6 Abs. 1 und 3

³ Vgl. ÖNORM B 1802, S. 4f (Sachwertverfahren)

⁴ Vgl. ÖNORM B 1801-1, S. 7 (Kostenbereiche, jedoch ohne Kostenbereich „9 Reserven“)

E. Beispiele für Rechenmodelle

E.1. Stochastisch optimiertes Lebenszyklusmodell für Gasturbinen

Sageder¹ stellt ein Verfahren vor, das sich mit stochastisch optimierten Lebenszyklusmodellen für Risikoanalysen in Kraftwerksmodellen beschäftigt. Ziel seiner Arbeit ist die Entwicklung eines neuen Ansatzes der Wirtschaftlichkeitsrechnung unter Berücksichtigung von stochastischen Verfahren für Entscheidungsprozesse in der Energiewirtschaft. Konkret geht es um die Entwicklung einer Wirtschaftlichkeitsberechnung für den Einsatz von Gasturbinen in Kraftwerken.

Das Modell von Sageder stellt sich wie folgt dar:

A. Deterministische Phase

- Abbildung der kausalen Relationen des Projekts, herkömmliche Berechnung
- Am Ende ergeben sich der Kapitalwert (NPV, net present value), der interne Zinsfuß (IRR, internal rate of return) und die Amortisationsdauer (POT, period of time until NPV = 0, pay back period).

B. Stochastische Phase

- B.1. Analyse der Empfindlichkeit des deterministischen Modells in Bezug auf eine Variation der Eingabeparameter
- B.2. Auswahl der Modulationsparameter (MP)
- B.3. Anpassung der Verteilungsfunktionen der Modulationsparameter an den speziellen Anwendungsfall, wobei jeweils eine Gauß-Funktion angenommen wird und die Standardabweichung sowie die gewünschte Wahrscheinlichkeitsabdeckung (DPC, desired probability coverage) festgelegt werden. Die DPC gibt an, wie viele der möglichen Naturzustände durch die Verteilungsfunktion erfasst werden.
- B.4. Berechnung: Alle möglichen (durch DPC eingeschränkten) Kombinationen der MP (diskrete Schritte!) werden gebildet. Die Werte werden sodann in die herkömmliche Berechnung eingesetzt, sodass sich für jede Kombination NPV, IRR und POT ergeben. Da jede Kombination mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit auftritt, werden NPV, IRR und POT mit dieser Wahrscheinlichkeit multipliziert. Die Ergebnisse aller Kombinationen werden am Ende summiert, sodass sich totalNPV, totalIRR und totalPOT ergeben.
- B.5. Risikoberechnung: Das Risiko errechnet sich aus den DPCs. 100% Risiko bedeutet, dass kein möglicher Naturzustand in der Berechnung berücksichtigt worden ist, 0% Risiko bedeutet, dass alle möglichen Naturzustände in der Berechnung berücksichtigt worden sind.
- B.6. EVSS-Berechnung: Berechnung des erwarteten Wertes der stochastischen Lösung (expected value of stochastic solution).

¹ Vgl. Sageder, 1998, S. 3-7

C. Ergebnis

- Das Modell berechnet einen optimierten (maximierten) Kapitalwert (NPVmax) bei festgehaltenem Risiko unter der gewählten Anzahl von Modulationsparametern.

Kommentar:

Obwohl sich die Arbeit im Speziellen mit Gasturbinen-Kraftwerken auseinandersetzt, ist es interessant, die Einbeziehung der Stochastik zu analysieren. Ein stochastisches Modell geht nicht mehr davon aus, dass der Wert eines Parameters bekannt ist, sondern davon, dass die Verteilung bekannt ist. **Die Risikobeurteilung hängt jedoch stark davon ab, was man als „Risiko“ im Speziellen bezeichnet und wie dieses „Risiko“ ermittelt wird.**

Die erforderlichen Rechenzeiten sind beachtlich. Bei Wahl von 5 Parametern, deren Verteilung in jeweils 8 Intervalle unterteilt werden können (z.B.: 1: 0-5%, 2: 5-15%, 3: 15-30%, 4: 30-50%, 5: 50-70%, 6: 70-85%, 8: 85-95%, 8: 95-100%), ergeben sich beim vorliegenden Modell $8^5 = 32.768$ Möglichkeiten an Kombinationen.

Sageder konnte nachweisen, dass in seinem Fall klassische Mittelwert-Modelle nicht nur ungenauere, sondern auch „risikoreichere“ Ergebnisse vorhersagen, d.h. Ergebnisse, die höheren Profit aufweisen, aber unwahrscheinlicher sind. Die Abweichung erfolgt meist auf der unsicheren Seite, wenn mit Mittelwert-Modellen operiert wird. Dies rechtfertigt seiner Aussage nach die Beschäftigung mit stochastischen Modellen. Die Art der Implementierung der Stochastik in ein Rechenmodell muss jedoch sorgfältig gewählt werden, um nicht frühzeitig an die Grenzen der Numerik bzw. Rechenkapazitäten zu stoßen.

Die von Sageder verwendete Art der Risikodefinition trifft nur eine Aussage über den Umfang der mathematischen Berechnung, d.h. „Sageder’s Risiko“ ist umso höher, je weniger mögliche Naturzustände in der Berechnung erfasst werden.

Sageder stellt dar, dass die Kosten oder der Nutzen oder was auch immer nicht für sich allein betrachtet werden dürfen, ohne das zugehörige Risiko ins Auge zu fassen. Ansonsten läuft man Gefahr, sich für ein hochprofitables Investment zu entscheiden, das aber nur geringe Realisierungschancen aufweist (weil es viele Naturzustände gibt, die gar nicht in die Berechnung eingeflossen sind).

E.2. BLCC – Programm

Nachstehende Auszüge von Informationen zum US-amerikanischen BLCC-Programm unter Beibehaltung der Originalsprache dienen in erster Linie zur Gewinnung eines Eindrucks über Umfang, Möglichkeiten und Herkunft des Programms, das im Internet frei erhältlich ist.¹

1. The NIST Building Life-cycle Cost Program - version 4.9-01 (April 2001)

1.1. Basics:

The NIST Building Life-Cycle Cost (BLCC) computer program provides economic analysis of proposed capital investments that are expected to reduce long-term operating costs of buildings or building systems.

It is especially useful for evaluating the costs and benefits of energy conservation projects in buildings. Two or more competing designs can be evaluated to determine which has the lowest life-cycle cost. Or a project can be compared against a "do-nothing" base case where no capital improvements are made to reduce future costs.

Economic measures, including net savings, savings-to-investment ratio (SIR), adjusted internal rate of return (AIRR), and years to payback can be calculated for one alternative relative to the base case or to another related alternative.

1.2. BLCC can perform LCC analysis for the following analysis types:

- Federal Analysis: Energy Conservation Projects (FEMP)
- Federal Analysis: Project subject to OMB Circular A-94 Guidelines
- Private Sector: Projects with tax analysis
- Private Sector: Owner-occupied houses (limited tax deductions)
- General LCC Analysis: public and private sector analyses without tax analysis or special LCC evaluation criteria
- MILCON--Military Construction: Energy-related Projects
- MILCON--Military Construction: Non-energy-related Projects

1.3. Input Data for a BLCC Analysis:

An input data file has to be created for each project alternative to be evaluated. The input data file contains

- basic LCC assumptions for the analysis
- initial costs
- operating, maintenance, and repair (OM&R) costs
- capital replacement costs
- energy costs
- resale value and
- (where relevant) data related to taxes and mortgage analysis

The general structure of this input data file is shown below.

¹ Vgl. Petersen, 1995, S. 1ff

Generalized data input structure for BLCC:**Project Data:**

Basic LCC Assumptions
Tax Related Data (private sector only)

Capital Investment Data (may be divided into 6 major components):

Initial Cost Data
Cost Phasing (if Planning/Construction period specified)
Depreciation Data (where relevant)
Annually Recurring Costs
Non-annually Recurring Costs
Replacements:
 Timing and Cost
 Depreciation Data (where relevant)

Energy and Water Cost Data:

Types, Annual Usage, and Cost
Monthly kWh usage (optional)
Maximum Monthly kW demand (optional)
Escalation Rate Projections
Energy and Water Use Indexes

Mortgage Data:

Temporary Construction Financing (if any)
Permanent Financing at Occupancy

1.4. Present Value and Annual Value Costs

The life-cycle cost calculations are presented in two forms: present value and annual value.

Most of the time you will be interested in the present-value calculation, in which all project-related costs have been discounted from the time of occurrence to the base date of the analysis, using the designated discount rate. However, some analysts prefer to use annual-value calculations. The annual-value calculation is the equivalent uniform annual cost of the project over the entire study period (including the planning/construction period, if any), with interest accruing at the discount rate. If you discount each of the annual values over the study period to present value (using the designated discount rate) and sum these, the result will be the same as the corresponding present-value calculation from BLCC.

2. Contacts

Linde Fuller, Economist
Tel: 301-975-6134, Fax: 301-975-5337
e-mail: sieglinde.fuller@nist.gov

Amy Boyles, Computer Specialist
Tel: 301-975-6136, Fax: 301-975-5337
e-mail: amy.boyles@nist.gov

National Institute of Standards and Technology
Building and Fire Research Laboratory
Office of Applied Economics
100 Bureau Drive, Stop 8603
Gaithersburg, MD 20899

Location of BLCC and associated programs on DOE web site:
<http://www.eren.doe.gov/femp> - Technical Assistance - Analytical Software Tools.

F. Finanzmathematik

F.1. Wertminderung von Immobilien

Wie bereits unter Punkt 3.3.5. angeführt, ist die Tilgungsdauer von Darlehen zur Finanzierung eines Immobilienobjektes auf die im Zuge des Lebenszyklus der Immobilie auftretende Wertminderung abzustimmen. Hierbei besteht ein erheblicher Unterschied, ob die Wertminderung aus technischer, steuerrechtlicher oder wirtschaftlicher Sicht betrachtet wird.

a) Technische Wertminderung

Tabelle F-1 – Technische Lebensdauer von Hochbauten¹

Mittlere technische Lebensdauer	Hochbautypus
Wohn- und Verwaltungsbauten	
100 – 200 Jahre	bessere städtische Ausführung (Sonderfall), massiv oder Fachwerk
150 Jahre	monumentale städtische Ausführung (Ausnahmefall), massiv
100 Jahre	normale städtische Ausführung, massiv oder Fachwerk
80 – 100 Jahre	einfache ländliche Ausführung, massiv oder Fachwerk
Besondere Hochbauten (Fabrik-, Lager-, Molkerei-, Tankstellengebäude; Kühl-, Trocken-, Transformatoren-, Badehäuser, Hallenbäder usw.)	
80 Jahre	Massivgebäude und Gebäude in Stahl- oder Stahlbetonskelettkonstruktion
60 Jahre	Holzfachwerkgebäude mit Ziegelsteinausmauerung
50 Jahre	Holzgebäude und Holzfachwerkgebäude mit Lehmfachung oder mit Verschalung, Massivgebäude aus großformatigen Betonplatten (Fertigteile)
40 Jahre	Massivschuppen, Stahlfachwerkgebäude mit Plattenverkleidung, Gebäude in leichter Bauart, bei denen die Außenmauern – ohne Putz gemessen – weniger als 20 cm stark sind (ausgenommen Skelettbauten und Rahmenbauten), Fertigteilbauten aus Holz
30 Jahre	Holzgebäude in Tafelbauart mit massiven Fundamenten
20 Jahre	Wellblechschuppen, Holzschuppen, Holzgebäude in Tafelbauart ohne massive Fundamente

Über den Verlauf der technischen Wertminderung bzw. den Verlauf des Restwertes einer Immobilie existieren verschiedenste Theorien, wobei im Einzelfall Art und Intensität der Nutzung speziell zu berücksichtigen sind. Nachstehende Abbildung zeigt Beispiele typischer Annahmen über die Entwicklung des Restwerts von Neubauten.²

¹ Vgl. Raunikar / Schabus, 2002: Kapitel „Technische Lebensdauer von ...“

² Vgl. Raunikar / Schabus, 2002: Kapitel „Technische Wertminderung – Abschreibungstabellen“

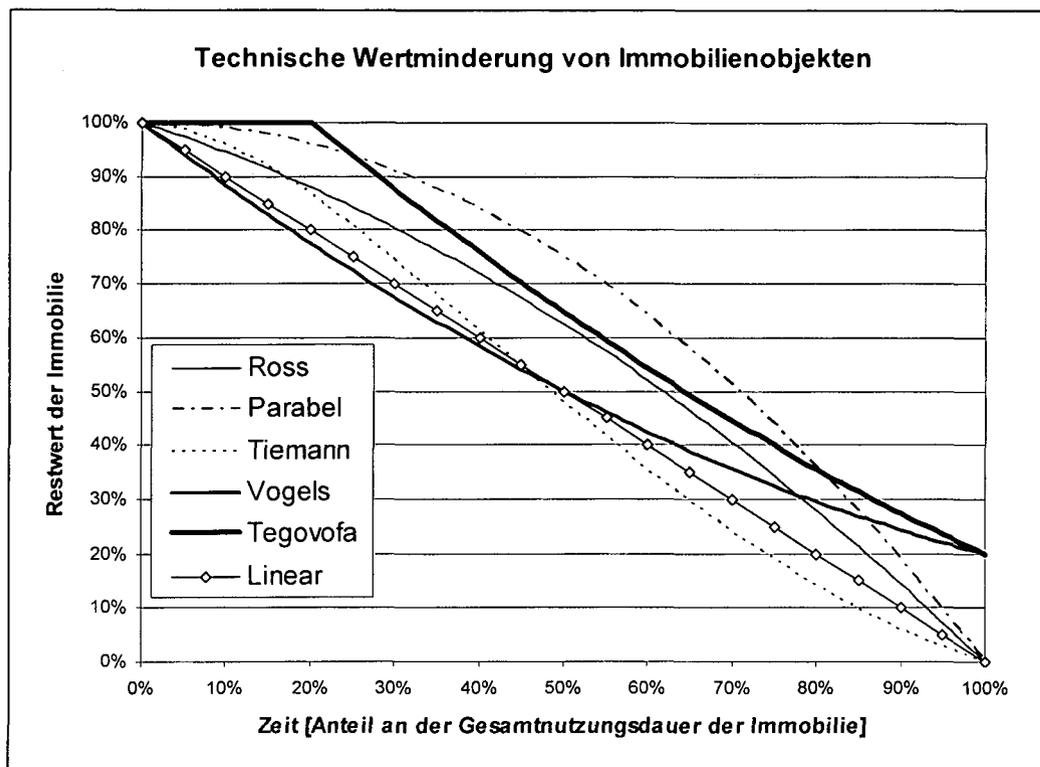


Abbildung F-1 – Technische Wertminderung von Immobilienobjekten

b) Steuerrechtliche Wertminderung (Absetzung für Abnutzung, AfA)

Die steuerrechtliche Wertminderung wird durch die Absetzung für Abnutzung (AfA) beschrieben. Seit 1.1.1989 kann die jährliche AfA in Österreich nur mehr konstant angesetzt werden. Der Restwert der Immobilie sinkt daher linear ab.

Tabelle F-2 – Absetzung für Abnutzung (AfA) in Österreich¹

Hochbautypus	AfA p.a.	Zeitraum
Bank- und Versicherungsgebäude, die zu mindestens 80% dem Kundenverkehr dienen	max. 4,0%	mind. 25,0 Jahre
Gebäude, die mindestens zu 80% unmittelbar der Betriebsausübung eines Land- und Forstwirtschaftes oder Gewerbetreibenden dienen	max. 3,0%	mind. 33,3 Jahre
Bank- und Versicherungsgebäude, die zu weniger als 80% dem Kundenverkehr dienen	max. 2,5%	mind. 40,0 Jahre
Andere Betriebsgebäude	max. 2,0%	mind. 50,0 Jahre
Gebäude, die der Erzielung von Einkünften aus Vermietung und Verpachtung dienen, jedoch nicht Teil eines Betriebsvermögens sind	1,5%	66,7 Jahre

¹ Vgl. Österreichisches Einkommenssteuergesetz (EStG 1998, BGBl. Nr. 400/1988): §§ 7, 8 und 16.
Anm.: Absetzungen für außergewöhnliche technische oder wirtschaftliche Abnutzung sind möglich.

c) Tilgungsdauer von Darlehen zur Finanzierung von Immobilien

Im Kapitel 3.3.5. wurde die Finanzierung eines Immobilienobjektes so weit abstrahiert, dass sie sich im Rahmen des vorgestellten Rechenmodells stets als Kombination von Darlehen mit konstanten Annuitäten darstellen lässt. Bei Fremdfinanzierung wird das Kapital hierbei unter dem Titel der „Fremdkapital-Tilgungen“, bei Eigenfinanzierung unter dem Titel der „Eigenkapital-Entnahmen“ an den/die Kapitalgeber zurückbezahlt. Fremd- und Eigenfinanzierung müssen in der Praxis aufeinander abgestimmt werden.

Aus wirtschaftlichen Gründen müssen die Tilgungen von Fremdkapital bzw. die Entnahmen von Eigenkapital mindestens im selben Ausmaß erfolgen, wie der Wert der Immobilie im Lauf der Zeit sinkt. Dadurch wird sichergestellt, dass der Restwert der Immobilie nie kleiner ist, als die Summe der ausstehenden Restdarlehen.

Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass gewisse Teile einer Immobilie (z.B. das Grundstück) in der Regel keiner Abnutzung / Wertminderung unterliegen und dass Immobilien bei Vorliegen entsprechender Standortqualitäten sowie laufender Erhaltung meist eine längere Lebensdauer aufweisen als bei ihrer Entwicklung / Errichtung angenommen worden ist, ergibt sich nach Ausfinanzierung der Immobilie noch ein gewisser Restwert, der jedoch nicht in das Rechenmodell einfließt. Durch eine geschickte Wahl der Finanzierung sollte daher dieser Restwert der Immobilie möglichst gering (aber keinesfalls negativ) ausfallen, damit es zu keiner merklichen Verfälschung der Lebenszyklusanalyse durch Bildung „stiller Reserven“ kommt.

Die „geschickte Wahl“ der Finanzierung erfolgt in diesem Zusammenhang insbesondere über die Interpretation der Bereitstellung von Eigenkapital, die grundsätzlich in zweierlei Hinsicht möglich ist:

- Interpretation 1: Das Eigenkapital wird „tilgungsfrei“ zur Verfügung gestellt, d.h. es sind keine Eigenkapital-Entnahmen zu berücksichtigen. Der Eigenkapitalgeber erhält jedoch über einen gewissen Zeitraum n_{Tilg} (z.B. 80 Jahre) Eigenkapital-Zinsen zum Sollzinssatz s_1 (z.B. 3,3% p.a.). Da kein Eigenkapital entnommen wird, steht es (zusätzlich zu allfälligen Restdarlehen) als Gegenwert zum Restwert der Immobilie zur Verfügung.
- Interpretation 2: Das Eigenkapital wird in Form von konstanten Annuitäten (Annuitätssatz = $s_1 = 3,3\%$ p.a.) über die Darlehenslaufzeit n_{Tilg} (z.B. 80 Jahre) an den Eigenkapitalgeber zurückbezahlt, wobei der Sollzinssatz s_2 (z.B. 3,0% p.a.) beträgt und der ergänzende Teil der Annuität als Eigenkapital-Entnahme deklariert wird. Der Restwert der Immobilie „darf“ somit im Ausmaß der Eigenkapital-Entnahme (und Tilgung von Darlehen) sinken.

Beispiel:

70% „Fremdfinanzierung“: Darlehen #1 mit konstanter Annuität:

Fremdkapital-Sollzinssatz: 6,0 % p.a.

Fremdkapital-Tilgungsdauer: 20 Jahre

30% „Eigenfinanzierung“: Darlehen #2 mit konstanter Annuität:

Eigenkapital-Sollzinssatz: 3,0 % p.a.

Eigenkapital-Entnahmedauer: 100 Jahre

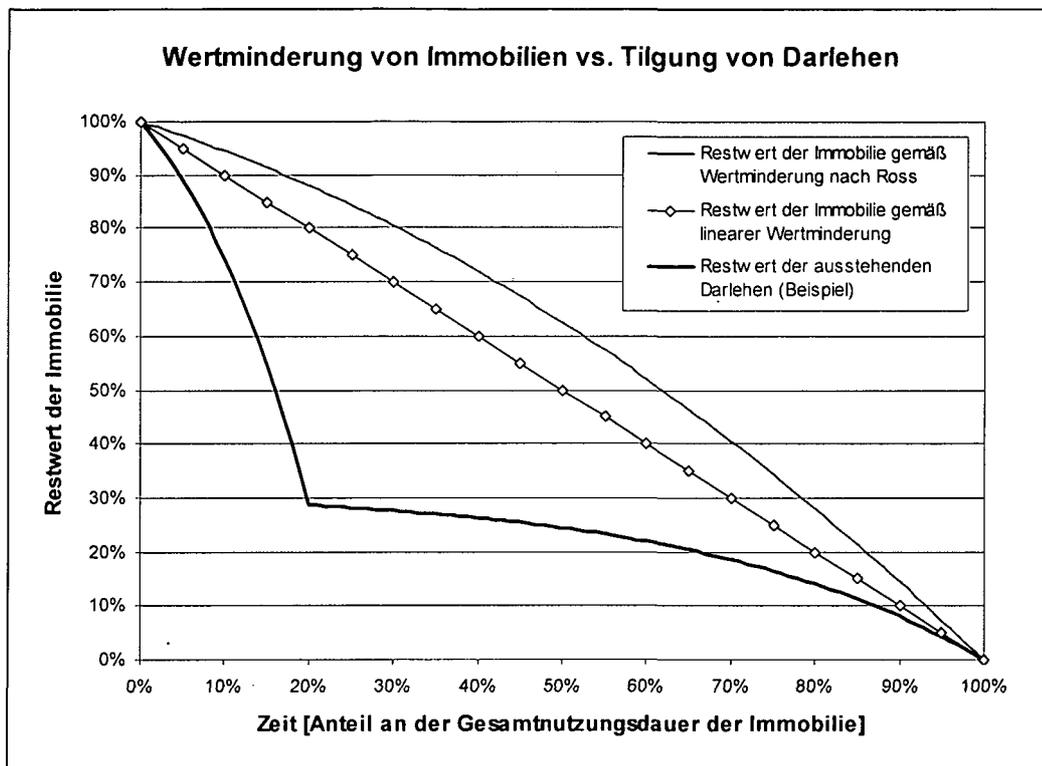


Abbildung F-2 – Wertminderung von Immobilien vs. Tilgung von Darlehen

F.2. Tilgungsdarlehen mit konstanter Annuität

Bei Tilgungsdarlehen mit konstanter Annuität lässt sich der Zusammenhang zwischen Annuität(ssatz), Sollzinssatz und Tilgungsdauer – wie bereits unter Punkt 3.3.5e angeführt – gemäß Beziehung (3.013) darstellen.

$$a = s + t_0 = s + \frac{q_s - 1}{q_s^{n_{\text{Tilg}}} - 1} \cdot 100 = s \cdot \frac{q_s^{n_{\text{Tilg}}}}{q_s^{n_{\text{Tilg}}} - 1} \quad (3.013)$$

- mit a Jährlicher Annuitätssatz in [%]
 s Jährlicher Sollzinssatz in [%]
 q_s Sollzinsfaktor (Hilfsgröße) $q_s = 1 + s/100$
 n_{Tilg} Tilgungsdauer des Darlehens in Jahren
 t_0 Anfangstilgungssatz in [%]

Mit steigender Tilgungsdauer nähert sich der jährliche Annuitätssatz asymptotisch dem jährlichen Sollzinssatz an. Dieser Effekt tritt umso stärker auf, je größer der Sollzinssatz ist, wie anhand obiger Formel abgeleitet werden kann.

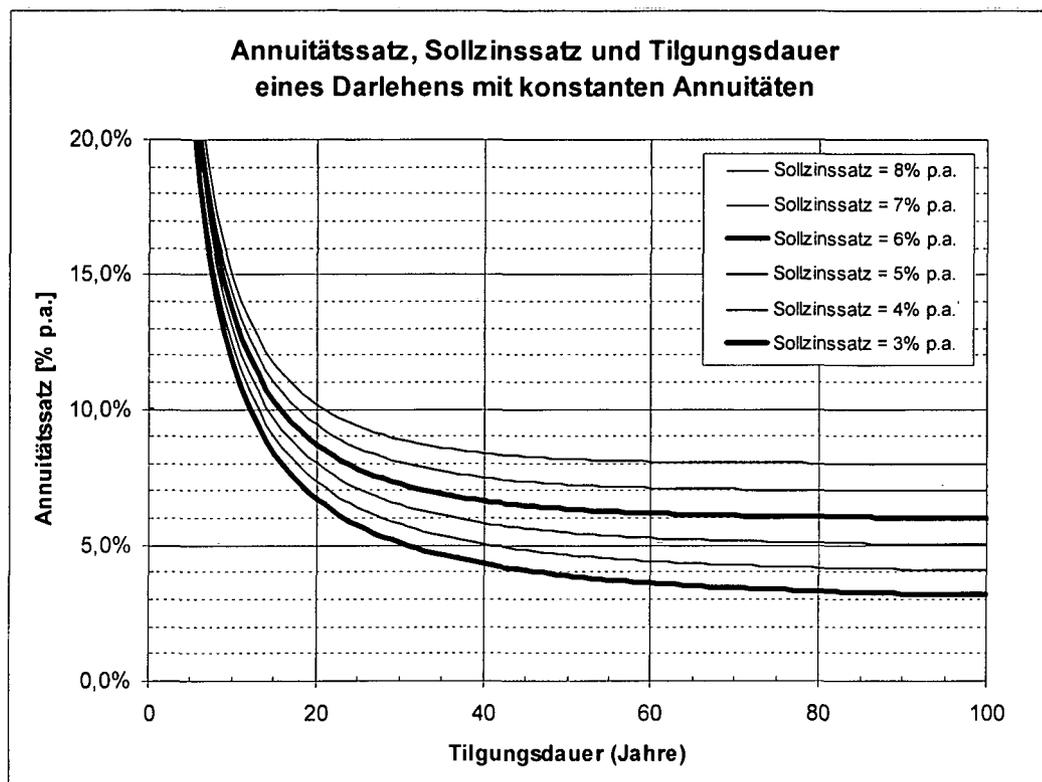


Abbildung F-3 – Zusammenhang zwischen dem Annuitätssatz, dem Sollzinssatz und der Tilgungsdauer eines Darlehens mit konstanten Annuitäten

Tabelle F-3 – Annuitätssatz in Abhängigkeit von Tilgungsdauer und Sollzinssatz

Annuitätssatz für Tilgungsdarlehen mit konstanten Annuitäten						
n_{Tilg}	$s = 3\%$	$s = 4\%$	$s = 5\%$	$s = 6\%$	$s = 7\%$	$s = 8\%$
5	21,84%	22,46%	23,10%	23,74%	24,39%	25,05%
10	11,72%	12,33%	12,95%	13,59%	14,24%	14,90%
15	8,38%	8,99%	9,63%	10,30%	10,98%	11,68%
20	6,72%	7,36%	8,02%	8,72%	9,44%	10,19%
25	5,74%	6,40%	7,10%	7,82%	8,58%	9,37%
30	5,10%	5,78%	6,51%	7,26%	8,06%	8,88%
35	4,65%	5,36%	6,11%	6,90%	7,72%	8,58%
40	4,33%	5,05%	5,83%	6,65%	7,50%	8,39%
45	4,08%	4,83%	5,63%	6,47%	7,35%	8,26%
50	3,89%	4,66%	5,48%	6,34%	7,25%	8,17%
55	3,73%	4,52%	5,37%	6,25%	7,17%	8,12%
60	3,61%	4,42%	5,28%	6,19%	7,12%	8,08%
65	3,51%	4,34%	5,22%	6,14%	7,09%	8,05%
70	3,43%	4,27%	5,17%	6,10%	7,06%	8,04%
75	3,37%	4,22%	5,13%	6,08%	7,04%	8,02%
80	3,31%	4,18%	5,10%	6,06%	7,03%	8,02%
85	3,26%	4,15%	5,08%	6,04%	7,02%	8,01%
90	3,23%	4,12%	5,06%	6,03%	7,02%	8,01%
95	3,19%	4,10%	5,05%	6,02%	7,01%	8,01%
100	3,16%	4,08%	5,04%	6,02%	7,01%	8,00%

F.3. Habenzinssatz und Sollzinssatz

Die Festlegung des Habenzinssatzes p (Systemparameter der Lebenszyklusausgaben-ermittlung) sowie des Sollzinssatzes s eines Tilgungsdarlehens gemäß Kapitel 3.3.5 erfolgt unter Berücksichtigung der Sekundärmarkttrendite des Landes, das für die Finanzierung der Immobilie maßgebend ist.

Nachstehende Abbildung zeigt die Entwicklung der Sekundärmarkttrendite in Österreich von Jänner 1966 bis Jänner 2003 (Sekundärmarkttrendite aller Emittenten, Angabe in %).¹

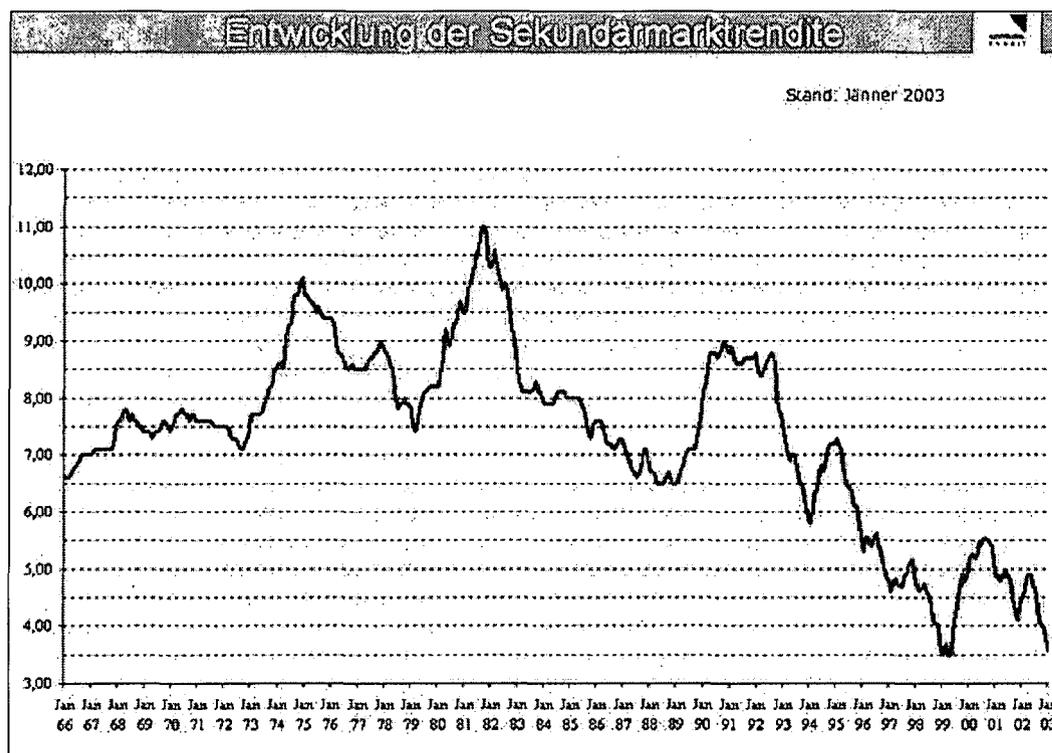


Abbildung F-4 – Entwicklung der Sekundärmarkttrendite in Österreich ab 1966

Der Habenzinssatz ist als jährliche nominelle Nettorendite zu verstehen, die über den gesamten Lebenszyklus der Immobilie hinweg durch Anlage von Kapital mindestens erzielt werden kann. Kapitalertragssteuern u.dgl. sind dementsprechend zu berücksichtigen. Auf Basis des aktuellen Informationsstandes über die Minima der Sekundärmarkttrendite in Österreich in den vergangenen Jahren wird vorgeschlagen, bei Lebenszyklusbetrachtungen von Immobilien den Habenzinssatz in einem Bereich von 3% p.a. bis maximal 5% p.a. deterministisch festzulegen.

Je höher der Systemparameter „Habenzinssatz“ gewählt wird, umso „unvorsichtiger“ ist eine darauf aufbauende Berechnung einzustufen, weil das Kapital auf dem fiktiven Objektkonto in diesem Fall eine entsprechend hohe Verzinsung aufweisen muss.

¹ Online im WWW unter URL <http://www.kommunalkredit.at> [Stand: 29.3.2003]

Weiters führt ein hoher Habenzinssatz dazu, dass jene Ausgaben, die erst in Zukunft auftreten werden, bei der Ermittlung von Barwerten stark abgezinst werden und das Ergebnis der Lebenszyklusausgabenermittlung somit weniger beeinflussen als im Falle eines niedrigen Habenzinssatzes. Dies folgt aus dem unter Punkt 3.3.3 vorgestellten Formelapparat.

Die Höhe der Sollzinssätze von Darlehen hängt – ausgehend vom festgelegten Habenzinssatz – in erster Linie vom (subjektiv bewerteten) Risiko ab, das der Kapitalgeber bei der Investition in ein Immobilienobjekt sieht. Dieses Risiko kann in Form eines prozentuellen Zuschlages auf den (risikolosen) Habenzinssatz quantifiziert werden. Eigenkapitalgeber stufen das Risiko in der Regel geringer ein als Fremdkapitalgeber. Bei Liebhaberei ist sogar kein bzw. ein negativer Risikozuschlag vorstellbar. Darüber hinaus muss ein Kapitalgeber Kapitalsteuern u.dgl. berücksichtigen, was den Sollzinssatz zusätzlich erhöht.

Summa summarum ergeben sich aus diesen Überlegungen heraus unter Berücksichtigung der für den Habenzinssatz genannten Werte derzeit für Österreich Sollzinssätze in einer Größenordnung

- von 3% p.a. (Eigenfinanzierung bei minimalem Risiko)
- bis 9% p.a. (Fremdfinanzierung bei relativ hohem Risiko).

Anmerkung:

Inflation bzw. Deflation werden im Rahmen der technischen Modellkomponente berücksichtigt. Sie sind daher bei der Festlegung der Haben- und Sollzinssätze nicht einzukalkulieren.

G. Wahrscheinlichkeitstheorie

G.1. Mathematische Grundlagen der wahrscheinlichkeitstheoretischen Modellkomponente

G.1.1. Definitionen

Ereignis: Ein Ereignis ist ein inhaltlich beliebiger Sachverhalt.¹
z.B.: Ereignis E = „Die Baukosten betragen 10 Mio. Euro.“

P(E) Wahrscheinlichkeit des Ereignisses E mit $0 \leq P(E) \leq 1$:
Die Definition hängt von der verwendeten Interpretation der Wahrscheinlichkeit ab.²
z.B. „klassisch“: P(E) ist das Verhältnis der Anzahl der günstigen Fälle (also jener Fälle, in denen E eintritt) zur Anzahl aller möglichen Fälle.
z.B. „frequentistisch, Variante 1“: P(E) ist die relative Häufigkeit von E in einer unendlich langen Zufallsversuchsreihe.
z.B. „frequentistisch, Variante 2“: P(E) ist der beste Schätzwert, den man für die relative Häufigkeit in einer langen Zufallsversuchsreihe angeben kann.
z.B. „logisch“: P(E) ist der Grad, in dem E eintritt bzw. zutrifft.
z.B. „subjektiv“: P(E) ergibt sich aus der subjektiven Einschätzung eines Individuums, das die Möglichkeit des Eintretens des Ereignisses E beurteilt.

P(E | H) Bedingte Wahrscheinlichkeit: Wahrscheinlichkeit des Ereignisses E sofern Ereignis H gegeben ist.

P(EH) Wahrscheinlichkeit, dass die Ereignisse E und H eintreten

P(E∪H) Wahrscheinlichkeit, dass Ereignis E oder Ereignis H eintritt

Variable

Größe Größe, die verschiedene Werte annehmen kann und somit durch eine Verteilung von Werten gekennzeichnet ist.³ Im Rahmen des vorgestellten Rechenmodells werden nur diskrete variable Größen verwendet, stetige variable Größen müssen durch Bildung von Wertebereichen diskretisiert werden.

Das Auftreten eines gewissen Wertebereiches (Index i) entspricht einem Ereignis, dem eine Wahrscheinlichkeit zugeordnet werden kann. Betrachtet man die Wertebereiche einer variablen Größe mit ihren

¹ Vgl. Spies, 1993, S. 26

² Vgl. Scheid, 2000, S. 669ff sowie Spies, 1993, S. 30ff

³ Anm.: In der Literatur wird in der Regel der Begriff „Zufallsgröße“ verwendet (vgl. Gellert / Kästner / Neuber, 1978, S. 614). Um jedoch im Zusammenhang mit der Ermittlung von Kosten bzw. Ausgaben missliebige Assoziationen aufgrund des Begriffes „Zufall“ von vornherein auszuschließen, wird die Bezeichnung „variable Größe“ in dieser Arbeit bevorzugt.

zugeordneten Wahrscheinlichkeiten, muss für die Summe der Wahrscheinlichkeiten $0 < \sum p_i \leq 1$ gelten.

Wenn $\sum p_i < 1$ ist, bedeutet das, dass die variable Größe nicht vollständig charakterisiert ist und Ereignisse u.a. außerhalb der angeführten Wertebereiche möglich sind.

z.B.: Variable Größe $X =$ „Höhe der Baukosten“

Ereignis $E_1 =$ „Die Baukosten betragen 10 (inkl.) bis 15 (exkl.) Mio. Euro.“ mit $P(E_1) = 0,2 = p_1$

Ereignis $E_2 =$ „Die Baukosten betragen 15 (inkl.) bis 20 (exkl.) Mio. Euro.“ mit $P(E_2) = 0,5 = p_2$

Ereignis $E_3 =$ „Die Baukosten betragen 20 (inkl.) bis 25 (exkl.) Mio. Euro.“ mit $P(E_3) = 0,2 = p_3$

Ereignis $E_4 =$ „Die Baukosten betragen 25 (inkl.) bis 30 (exkl.) Mio. Euro.“ mit $P(E_4) = 0,05 = p_4$

$$\sum p_i = 0,95 < 1$$

In der praktischen Anwendung muss durch Angabe einer hinreichenden Anzahl von Wertebereichen darauf geachtet werden, dass $\sum p_i = 1$ ist oder zumindest $\sum p_i \approx 1$ gilt, da ansonsten bei Überlagerung mehrerer variabler Größen mit derartigen Eigenschaften die Aussagekraft des Ergebnisses stark abnimmt.

z.B. 100 variable Größen mit $\sum p_i = 0,95$, die voneinander unabhängig sind, werden überlagert. Für die Ergebnisgröße gilt damit $\sum p_i = 0,95^{100} = 0,00592$.

G.1.2. Theoreme

a) Unvereinbare Ereignisse¹

THEOREM: Im Falle unvereinbarer Ereignisse (E_1, E_2, \dots, E_n) muss die Wahrscheinlichkeit des Summenereignisses ($E = E_1 + E_2 + \dots + E_n$) mit der Summe der Wahrscheinlichkeiten koinzidieren.

$$P(E) = P(E_1) + P(E_2) + \dots + P(E_n) \quad (\text{G.001})$$

z.B.: $E_1 \dots$ Die Baukosten des Gebäudes betragen 10 Mio. Euro.

$E_2 \dots$ Die Baukosten des Gebäudes betragen 20 Mio. Euro.

$E \dots$ Die Baukosten des Gebäudes betragen 10 **oder** 20 Mio. Euro.

$$P(E_1) = 0,50; P(E_2) = 0,40; \rightarrow P(E) = 0,50 + 0,40 = 0,90$$

THEOREM: Im Falle einer Einteilung, in der das Summenereignis ($E = E_1 + E_2 + \dots + E_n$) alle möglichen Ereignisse beinhaltet, muss die Wahrscheinlichkeit des Summenereignisses 1 betragen.

$$P(E) = P(E_1) + P(E_2) + \dots + P(E_n) = 1 \quad (\text{G.002})$$

¹ Vgl. De Finetti, 1981, S. 126

- z.B.: E_1 ... Die Baukosten betragen 10 (inkl.) bis 15 (exkl.) Mio. Euro.
 E_2 ... Die Baukosten betragen 15 (inkl.) bis 20 (exkl.) Mio. Euro.
 E_3 ... Die Baukosten betragen 20 (inkl.) bis 25 (exkl.) Mio. Euro.
 E ... Die Baukosten betragen sicher zwischen 10 (inkl.) und 25 (exkl.) Mio. Euro. Andere Möglichkeiten sind ausgeschlossen.
 $P(E_1) = 0,7; P(E_2) = 0,2; P(E_3) = 0,1; \rightarrow P(E) = 0,7 + 0,2 + 0,1 = 1,0$

THEOREM: Die Wahrscheinlichkeiten zweier entgegengesetzter Ereignisse (E_1, E_2) müssen komplementär sein.

$$P(E_1) = 1 - P(E_2) \quad (\text{G.003})$$

b) Vereinbare Ereignisse¹

THEOREM: Im Falle vereinbarere Ereignisse (E_1, E_2, \dots, E_n) muss die Wahrscheinlichkeit des Summenereignisses ($E = E_1 + E_2 + \dots + E_n$) kleiner oder gleich der Summe der Wahrscheinlichkeiten sein.

$$P(E) \leq P(E_1) + P(E_2) + \dots + P(E_n) \quad (\text{G.004})$$

- z.B.: E_1 ... Die Baukosten betragen 10 (inkl.) bis 15 (exkl.) Mio. Euro.
 E_2 ... Die Baukosten betragen 12 (inkl.) bis 17 (exkl.) Mio. Euro.
 E ... Die Baukosten betragen zwischen 10 (inkl.) und 17 (exkl.) Mio. Euro.
 $P(E_1) = 0,70; P(E_2) = 0,50; \rightarrow P(E) \leq 1,20$

c) Theorem der zusammengesetzten Wahrscheinlichkeiten²

THEOREM: Die Wahrscheinlichkeit, dass zwei Ereignisse E und H auftreten, ist gleich der Wahrscheinlichkeit, dass

- H auftritt, multipliziert mit der Wahrscheinlichkeit, dass E auftritt, sofern H auftritt bzw.
- E auftritt, multipliziert mit der Wahrscheinlichkeit, dass H auftritt, sofern E auftritt.

$$P(EH) = P(H) \cdot P(E|H) = P(E) \cdot P(H|E) \quad (\text{G.005})$$

THEOREM: Die beiden Ereignisse E und H sind dann „nicht korreliert“, wenn $P(E) = P(E|H)$ bzw. $P(H) = P(H|E)$ gilt. Im Falle der Nicht-Korrelation lässt sich die Wahrscheinlichkeit, dass E und H eintreten, durch Multiplikation der einzelnen Wahrscheinlichkeiten $P(H)$ und $P(E)$ berechnen.³

$$P(EH) = P(H) \cdot P(E) \quad (\text{G.006})$$

¹ Vgl. De Finetti, 1981, S. 127f

² Vgl. De Finetti, 1981, S. 169

³ Vgl. De Finetti, 1981, S. 200ff

THEOREM: Die beiden Ereignisse E und H sind dann „korreliert“, wenn die durch das Ereignis H bedingte Wahrscheinlichkeit des Ereignisses E, d.h. $P(E|H)$ kleiner oder größer als die Wahrscheinlichkeit des Ereignisses E ist.

- Bei negativer Korrelation zwischen E und H, d.h. wenn $P(E|H) < P(E)$ bzw. $P(H|E) < P(H)$ gilt, ist die Wahrscheinlichkeit, dass E und H auftreten, d.h. $P(EH)$, kleiner als im Fall der Nicht-Korrelation.
- Bei positiver Korrelation zwischen E und H, d.h. wenn $P(E|H) > P(E)$ bzw. $P(H|E) > P(H)$ gilt, ist die Wahrscheinlichkeit, dass E und H auftreten, d.h. $P(EH)$, größer als im Fall der Nicht-Korrelation.

z.B.: E ... Die Honorarkosten betragen 150.000 Euro.

H ... Die Baukosten betragen 10 Mio. Euro.

$P(E) = 0,90$; $P(H) = 0,80$;

➔ Keine Korrelation zwischen E und H: $P(EH) = 0,9 * 0,8 = 0,72$

➔ Negative Korrelation zwischen E und H: $P(EH) < 0,72$

➔ Positive Korrelation zwischen E und H: $P(EH) > 0,72$

d) Theorem von Bayes¹

Aus Gleichung (G.005) folgt für den Fall, dass $P(H) \neq 0$ gilt:

$$P(E|H) = P(E) \cdot P(H|E) \cdot \frac{1}{P(H)} \quad (\text{G.007})$$

Gleichung (G.007) kann dahingehend interpretiert werden, dass E ein Ereignis ist, dessen Wahrscheinlichkeit aufgrund der „ursprünglich“ vorliegenden Informationen $P(E)$ beträgt. Durch das Auftreten der zusätzlichen Information H ergibt sich eine genauere Angabe für die Wahrscheinlichkeit von E – und zwar $P(E|H)$. $P(H|E)$ wird in diesem Zusammenhang als „Mutmaßlichkeit“ bzw. „Likelihood“ bezeichnet und $1/P(H)$ als Proportionalitätsfaktor.

G.1.3. Statistische Eigenschaften einer variablen Größe

Im Rahmen des Rechenmodells werden variable Größen durch eine Auflistung von Wertebereichen (definiert durch w_{l_i} ... Wert linke Grenze; w_{r_i} ... Wert rechte Grenze; p_i ... Beitrag zur Wahrscheinlichkeit) charakterisiert. Für die Ermittlung der statistischen Eigenschaften variabler Größen ist es zweckmäßig,

- eine äquidistante Teilung einzuführen, sodass stets $w_{r_i} - w_{l_i} = \text{konstant}$ gilt und jeder Wertebereich i eindeutig durch einen Wert w_i (z.B.: w_{l_i} , w_{r_i} oder $(w_{l_i} + w_{r_i})/2$) identifiziert werden kann sowie
- sicherzustellen, dass die Wertebereiche der Größe nach (gemäß w_{l_i}) aufgelistet werden und keine Überlappungen aufweisen (Darstellungsart C).

¹ Vgl. De Finetti, 1981, S. 173ff

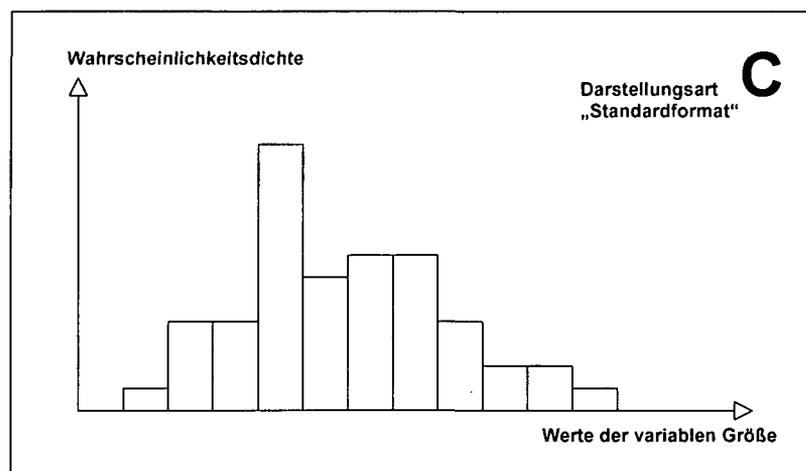


Abbildung G-1 – Darstellung variabler Größen, Darstellungsart C (vgl. Kap. 3.4.3)

Die Formeln zur Ermittlung statistischer Kenngrößen von variablen Größen können in Anlehnung an die beschreibende Statistik für Versuchsreihen mit Grundgesamtheiten („Populationen“) angegeben werden.¹

a) Mittelwert (Erwartungswert)

μ ... **Mittelwert einer Grundgesamtheit** (N ... Anzahl der Versuche, x_i ... Wert der Größe bei Versuch Nr. i):

$$\mu = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N x_i \quad (\text{G.008})$$

E(X) ... **Erwartungswert einer variablen Größe X** (n ... Anzahl der Wertebereiche, w_i ... stellvertretender Wert für den Wertebereich, $P(w_i)$... Wahrscheinlichkeit für das Ereignis, dass die variable Größe innerhalb des durch w_i charakterisierten Wertebereiches liegt):

$$E(X) = \sum_{i=1}^n (w_i \cdot P(w_i)) \quad (\text{G.009})$$

Mittelwert μ bzw. Erwartungswert $E(X)$ besitzen dieselbe Einheit wie die jeweiligen Werte x_i bzw. w_i (z.B. € ... Euro).

¹ Vgl. Evans, 2002, S. 64ff sowie Bartsch, 1989, S. 516ff

Anm.: Wenn bei statistischen Untersuchungen empirischer Daten anstelle von Grundgesamtheiten lediglich Stichproben vorliegen (was in der Regel der Fall ist), sind insbesondere die angeführten Formeln zur Ermittlung von Varianz, Schiefe und Kurtosis entsprechend den Angaben der Fachliteratur zu modifizieren. Der Bezug auf Grundgesamtheiten erfolgt hier nur zur besseren Darstellung der Analogien im Aufbau der Formeln.

b) Varianz und Standardabweichung **σ^2 ... Varianz einer Grundgesamtheit:**

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2 \quad (\text{G.010})$$

 $\sigma^2(\mathbf{X})$... Varianz einer variablen Größe \mathbf{X} :

$$\sigma^2(\mathbf{X}) = \sum_{i=1}^n [(w_i - E(\mathbf{X}))^2 \cdot P(w_i)] \quad (\text{G.011})$$

Die Standardabweichung σ ergibt sich als (positive) Quadratwurzel der (stets positiven) Varianz σ^2 und besitzt dieselbe Einheit wie die jeweiligen Werte x_i bzw. w_i (z.B. € ... Euro). Diese Aussage gilt sinngemäß für $\sigma(\mathbf{X})$ und $\sigma^2(\mathbf{X})$.

c) Variabilität, auch als Variationskoeffizient bezeichnet (dimensionslos)

$$v = \frac{\sigma}{\mu} \quad \text{bzw.} \quad v(\mathbf{X}) = \frac{\sigma(\mathbf{X})}{E(\mathbf{X})} \quad (\text{G.012})$$

d) Schiefe (dimensionsloses Maß für die Asymmetrie einer Verteilung) **γ ... Schiefe einer Grundgesamtheit:**

$$\gamma = \frac{1}{N} \cdot \frac{1}{\sigma^3} \cdot \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^3 \quad (\text{G.013})$$

 $\gamma(\mathbf{X})$... Schiefe einer variablen Größe \mathbf{X} :

$$\gamma(\mathbf{X}) = \frac{1}{\sigma^3} \cdot \sum_{i=1}^n [(w_i - E(\mathbf{X}))^3 \cdot P(w_i)] \quad (\text{G.014})$$

Ausgehend von einer Verteilung mit einem „Gipfel“ gilt:

- $\gamma(\mathbf{X}) > 0$: Gipfel eher im Bereich kleiner Werte w_i (Verteilung „linkslastig“)
- $\gamma(\mathbf{X}) = 0$: symmetrische Verteilung
- $\gamma(\mathbf{X}) < 0$: Gipfel eher im Bereich großer Werte w_i (Verteilung „rechtslastig“)

e) Kurtosis bzw. Exzess (dimensionsloses Maß für die Wölbung einer Verteilung) **κ ... Kurtosis einer Grundgesamtheit:**

$$\kappa = \frac{1}{N} \cdot \frac{1}{\sigma^4} \cdot \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^4 - 3 \quad (\text{G.015})$$

$\kappa(X)$... Kurtosis einer variablen Größe X:

$$\kappa(X) = \frac{1}{\sigma^4} \cdot \sum_{i=1}^n [(w_i - E(X))^4 \cdot P(w_i)] - 3 \quad (\text{G.016})$$

Ausgehend von einer Verteilung mit einem „Gipfel“ gilt:

- $\kappa(X) > 0$: schmale Verteilung, spitzer Gipfel
- $\kappa(X) = 0$: Kurtosis der Normalverteilung¹
- $\kappa(X) < 0$: breite Verteilung, flacher Gipfel

G.1.4. Korrelation zwischen zwei variablen Größen

Von der bereits angeführten Korrelation zwischen zwei Ereignissen E und H (vgl. Kap. G.1.2) muss die Korrelation zwischen zwei variablen Größen X und Y unterschieden werden, deren Stärke sich durch den Korrelationskoeffizienten $\rho_{X,Y}$ beschreiben lässt:

- $-1 \leq \rho_{X,Y} < 0$ negative Korrelation („Wenn X einen kleinen Wert annimmt, nimmt Y im Gegensatz dazu einen großen Wert an usw.“)
- $\rho_{X,Y} = 0$ keine Korrelation
- $0 < \rho_{X,Y} \leq 1$ positive Korrelation („Wenn X einen kleinen Wert annimmt, nimmt auch Y einen kleinen Wert an usw.“)

Wenn $|\rho_{X,Y}| = 1$ ist, besteht ein streng linearer Zusammenhang zwischen den Größen X und Y in der Form $X = a \cdot Y + b$ mit reellen Konstanten a und b.²

Liegen für zwei variable Größen X und Y Versuchsreihen mit Grundgesamtheiten vor, bei denen jedem Wert von X (x_j) eindeutig ein Wert von Y (y_j) zugeordnet ist, ergibt sich bei einer Anzahl von N Versuchen ($N = N_X = N_Y$) der Korrelationskoeffizient gemäß Gleichung (G.017).³

$$\rho_{X,Y} = \frac{1}{N} \cdot \frac{1}{\sigma_X \cdot \sigma_Y} \cdot \sum_{i=1}^N [(x_i - \mu_X) \cdot (y_i - \mu_Y)] \quad (\text{G.017})$$

Wenn für zwei variable Größen X und Y lediglich Wahrscheinlichkeitsverteilungen vorliegen, ist die Ermittlung des Korrelationskoeffizienten nicht möglich, da die zugeordneten Wertepaare (x_i, y_i) fehlen. Werden die Wahrscheinlichkeitsverteilungen für X und Y allerdings gemäß Darstellungsart D (vgl. Kap. 3.4.3) in Einzelereignisse mit identen Wahrscheinlichkeitsbeiträgen Δp unterteilt und erfolgt in weiterer Folge eine eindeutige Zuordnung zwischen den gleichwahrscheinlichen Einzelereignissen von X und Y, kann der Korrelationskoeffizient aus der Beziehung (G.018) eruiert werden.

$$\rho(X, Y) = \frac{\Delta p}{\sigma(X) \cdot \sigma(Y)} \cdot \sum_{i=1}^n [(w_{X,i} - E(X)) \cdot (w_{Y,i} - E(Y))] \quad (\text{G.018})$$

¹ Vgl. Gellert / Kästner / Neuber, 1978, S. 384f

² Vgl. Gellert / Kästner / Neuber, 1978, S. 299f

³ Vgl. Evans, 2002, S. 66

G.2. Algorithmen für Rechenoperationen mit variablen Größen

G.2.1. Voneinander unabhängige variable Größen

Die Berechnung erfolgt wie in Kapitel 3.4.4. dargestellt, indem aus jeweils zwei variablen Größen X und Y die Ergebnisgröße ERG durch Bildung aller möglichen Kombinationen von finiten Elementen der Größen X und Y ermittelt wird.

Die Anzahl der zu berechnenden Kombinationen und damit die Anzahl der sich ergebenden finiten Elemente für die Ergebnisgröße ERG (n_{ERG}) entspricht dem Produkt der Anzahl der finiten Elemente von X (n_X) und Y (n_Y). Die finiten Elemente von X werden mit j , jene von Y mit k und jene von ERG mit i als Indexnummer bezeichnet.

$$n_{ERG} = n_X \cdot n_Y \quad (G.019)$$

wobei $1 \leq i \leq n_{ERG}; 1 \leq j \leq n_X; 1 \leq k \leq n_Y$

Für jede Kombination ergibt sich der resultierende Beitrag zur Wahrscheinlichkeit für die Größe ERG ($p_{ERG,i}$) gemäß Gleichung (G.020).

$$p_{ERG,i} = p_{X,j} \cdot p_{Y,k} \quad (G.020)$$

Die Ermittlung der resultierenden Wertebereichsgrenzen der einzelnen finiten Elemente der Ergebnisgröße ERG ($w_{l_{ERG,i}}; w_{r_{ERG,i}}$) hängt von der anzuwendenden Rechenoperation ab:

Addition ($ERG = X + Y$)

$$w_{l_{ERG,i}} = w_{l_{X,j}} + w_{l_{Y,k}} \quad (G.021)$$

$$w_{r_{ERG,i}} = w_{r_{X,j}} + w_{r_{Y,k}} \quad (G.022)$$

Subtraktion ($ERG = X - Y$)

$$w_{l_{ERG,i}} = w_{l_{X,j}} - w_{r_{Y,k}} \quad (G.023)$$

$$w_{r_{ERG,i}} = w_{r_{X,j}} - w_{l_{Y,k}} \quad (G.024)$$

Multiplikation ($ERG = X * Y$)

Formeln für den Standardfall ($X > 0$ und $Y > 0$)

$$w_{l_{ERG,i}} = w_{l_{X,j}} \cdot w_{l_{Y,k}} \quad (G.025)$$

$$w_{r_{ERG,i}} = w_{r_{X,j}} \cdot w_{r_{Y,k}} \quad (G.026)$$

Formeln allgemein

Je nachdem welche Vorzeichen $w_{l_{X,j}}$, $w_{r_{X,j}}$, $w_{l_{Y,k}}$ und $w_{r_{Y,k}}$ aufweisen, ergeben sich $w_{l_{ERG,i}}$ und $w_{r_{ERG,i}}$ auf unterschiedliche Art und Weise. Anstatt mit Fallunterscheidungen zu arbeiten, werden alle vier Kombinationsmöglichkeiten gebildet und $w_{l_{ERG,i}}$ als Minimum sowie $w_{r_{ERG,i}}$ als Maximum der Ergebnisse eruiert.

$$w_{-l_{ERG,i}} = \text{Min} \{ (w_{-l_{X,j}} \cdot w_{-l_{Y,k}}), (w_{-l_{X,j}} \cdot w_{-r_{Y,k}}), (w_{-r_{X,j}} \cdot w_{-l_{Y,k}}), (w_{-r_{X,j}} \cdot w_{-r_{Y,k}}) \} \quad (\text{G.027})$$

$$w_{-r_{ERG,i}} = \text{Max} \{ (w_{-l_{X,j}} \cdot w_{-l_{Y,k}}), (w_{-l_{X,j}} \cdot w_{-r_{Y,k}}), (w_{-r_{X,j}} \cdot w_{-l_{Y,k}}), (w_{-r_{X,j}} \cdot w_{-r_{Y,k}}) \} \quad (\text{G.028})$$

Division (ERG = X / Y)

Formeln für den Standardfall (X > 0 und Y > 0)

$$w_{-l_{ERG,i}} = \frac{w_{-l_{X,j}}}{w_{-r_{Y,k}}} \quad (\text{G.029})$$

$$w_{-r_{ERG,i}} = \frac{w_{-r_{X,j}}}{w_{-l_{Y,k}}} \quad (\text{G.030})$$

Formeln allgemein

$$w_{-l_{ERG,i}} = \text{Min} \{ (w_{-l_{X,j}}/w_{-l_{Y,k}}), (w_{-l_{X,j}}/w_{-r_{Y,k}}), (w_{-r_{X,j}}/w_{-l_{Y,k}}), (w_{-r_{X,j}}/w_{-r_{Y,k}}) \} \quad (\text{G.031})$$

$$w_{-r_{ERG,i}} = \text{Max} \{ (w_{-l_{X,j}}/w_{-l_{Y,k}}), (w_{-l_{X,j}}/w_{-r_{Y,k}}), (w_{-r_{X,j}}/w_{-l_{Y,k}}), (w_{-r_{X,j}}/w_{-r_{Y,k}}) \} \quad (\text{G.032})$$

Potenzen (ERG = X^Y)

Formeln für den Standardfall (X ≥ 1 und Y ≥ 1)

$$w_{-l_{ERG,i}} = w_{-l_{X,j}}^{w_{-l_{Y,k}}} \quad (\text{G.033})$$

$$w_{-r_{ERG,i}} = w_{-r_{X,j}}^{w_{-r_{Y,k}}} \quad (\text{G.034})$$

Formeln allgemein

$$w_{-l_{ERG,i}} = \text{Min} \{ (w_{-l_{X,j}}^{w_{-l_{Y,k}}}), (w_{-l_{X,j}}^{w_{-r_{Y,k}}}), (w_{-r_{X,j}}^{w_{-l_{Y,k}}}), (w_{-r_{X,j}}^{w_{-r_{Y,k}}}) \} \quad (\text{G.035})$$

$$w_{-r_{ERG,i}} = \text{Max} \{ (w_{-l_{X,j}}^{w_{-l_{Y,k}}}), (w_{-l_{X,j}}^{w_{-r_{Y,k}}}), (w_{-r_{X,j}}^{w_{-l_{Y,k}}}), (w_{-r_{X,j}}^{w_{-r_{Y,k}}}) \} \quad (\text{G.036})$$

Formeln für weitere Rechenoperationen können prinzipiell analog zu den dargestellten angegeben werden, wobei stets die Bedingung erfüllt sein muss, dass $w_{-l_{ERG,i}}$ dem Minimum und $w_{-r_{ERG,i}}$ dem Maximum der bei einer Kombination finiter Elemente möglichen Werte entspricht.

Dies gilt auch für jene Fälle, in denen eine der beiden Größen X oder Y deterministisch im Modell abgebildet ist bzw. in jenen Fällen, bei denen allgemeine mathematische Operationen auf variable Größen angewendet werden. Bei letzteren ist hierbei besonderes Augenmerk darauf zu legen, ob die mathematische Operation Unstetigkeiten in der Ergebnisgröße erzeugt bzw. Fallunterscheidungen notwendig macht.

Beispiel: Sinusfunktion (ERG = sin(X))

$$w_{-l_{ERG,i}} = \text{Min} \{ \sin(w_{-l_{X,j}}), \sin(w_{-r_{X,j}}) \} \quad (\text{G.037})$$

$$w_{-r_{ERG,i}} = \text{Max} \{ \sin(w_{-l_{X,j}}), \sin(w_{-r_{X,j}}) \} \quad (\text{G.038})$$

G.2.2. Voneinander abhängige variable Größen

Stellvertretend für die Vielfalt möglicher Abhängigkeitsbeziehungen wird das unter Punkt 3.4.5d erwähnte Beispiel näher erläutert.

Problemstellung:

Die Ausgaben für ein Produkt ergeben sich durch Multiplikation der variablen Größen M („Menge“) und K („Ausgaben pro Mengeneinheit“). Die Wahrscheinlichkeitsverteilung für die Größe K kann aber nicht eindeutig angegeben werden, da nur folgende Tatsachen bekannt sind:

- Wenn die „Menge“ den Wert M_A annimmt, dann bewegen sich die „Ausgaben pro Mengeneinheit“ im Bereich von K_{A1} bis K_{A2} .
- Wenn die „Menge“ hingegen den Wert M_B annimmt, dann bewegen sich die „Ausgaben pro Mengeneinheit“ im Bereich von K_{B1} bis K_{B2} .
- Zwischenwerte dürfen linear gemäß nachstehender Abbildung interpoliert werden.

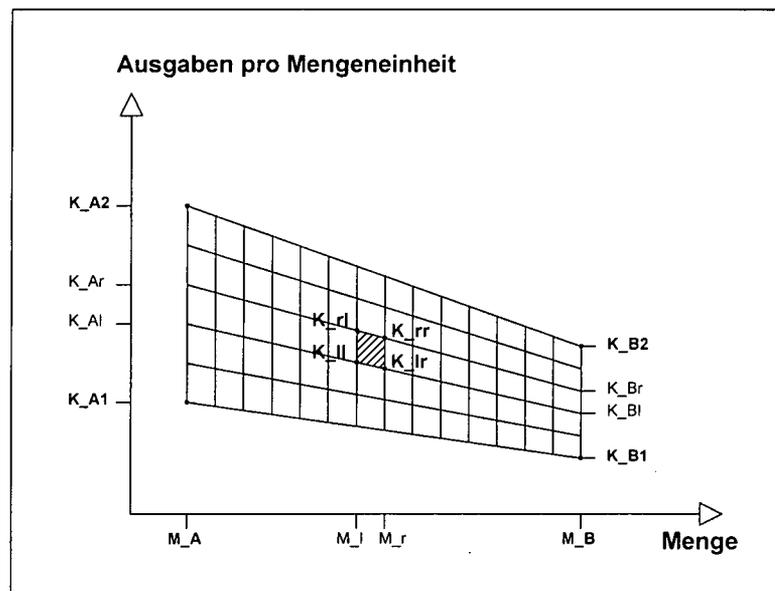


Abbildung G-2 – Vereinfachte Abhängigkeitsbeziehung zwischen den variablen Größen „Menge“ und „Ausgaben pro Mengeneinheit“

Lösung:

Da keine genaueren Angaben zu den Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Größen M und K vorliegen, wird für M eine gleichförmige Verteilung zwischen M_A und M_B und für K eine gleichförmige Verteilung zwischen den jeweiligen Grenzen (K_{A1} , K_{A2} usw.) unter Berücksichtigung einer vollständigen Charakterisierung der variablen Größen angenommen.¹

Die Wertebereiche werden äquidistant unterteilt (n_M Abschnitte bei Größe M , n_K Abschnitte bei Größe K). Im dargestellten Beispiel wurde $n_M = 14$ und $n_K = 5$ gewählt.

¹ Vgl. Evans, 2002, S. 71

Für die Ergebnisgröße ERG ($ERG = M \cdot K$) ergeben sich n_{ERG} ($n_{ERG} = n_M \cdot n_K$) gleichwahrscheinliche finite Elemente, die im gewählten Koordinatensystem durch vier Eckpunkte definiert sind.

Pro finitem Element i der Ergebnisgröße ERG ($1 \leq i \leq n_{ERG}$) gilt:

- Eckpunkt 1: (M_{l}, K_{ll}) gemäß linearer Interpolation
- Eckpunkt 2: (M_{r}, K_{lr}) gemäß linearer Interpolation
- Eckpunkt 3: (M_{r}, K_{rr}) gemäß linearer Interpolation
- Eckpunkt 4: (M_{l}, K_{rl}) gemäß linearer Interpolation
- Beitrag zur Wahrscheinlichkeit: $p_{ERG,i} = 1/(n_M \cdot n_K) = 1/n_{ERG} = \text{konstant}$
- Wert linke Bereichsgrenze: $w_{l,ERG,i} = \text{Min}\{(M_{l}.K_{ll}), (M_{r}.K_{lr})\}$
- Wert rechte Bereichsgrenze: $w_{r,ERG,i} = \text{Max}\{(M_{r}.K_{rr}), (M_{l}.K_{rl})\}$

Nach Berechnung aller finiten Elemente stellt sich die Ergebnisgröße ERG als deren Auflistung gemäß dem im Kapitel 3.4.3. angeführten Speicherformat dar. Zur Darstellung bzw. Weiterverarbeitung wird die variable Größe ERG durch Einführung einer äquidistanten Teilung in Darstellungsart C transformiert.

Anmerkung:

Wenn $K_{A1} = K_{B1}$, $K_{A2} = K_{B2}$ und somit stets $K_{ll} = K_{lr}$ und $K_{rr} = K_{rl}$ erfüllt ist, verändert sich die in der obigen Abbildung dargestellte Abhängigkeitsbeziehung zu einem Rechteck. Die Größen K und M gelten in diesem Fall als voneinander unabhängig (sofern alle anderen Parameter unverändert beibehalten werden).

G.2.3. Anmerkung zur Ableitung von Formeln

Bei der Ableitung von Formeln ist stets zu unterscheiden, ob die beteiligten variablen Größen voneinander abhängig sind oder nicht. Bei deterministischen Rechenmodellen sind mitunter Vereinfachungen möglich, die jedoch bei wahrscheinlichkeitstheoretischen Modellen nicht erlaubt sind. Dieses Phänomen wird anhand zweier Beispiele illustriert.

a) Beispiel: Flächeninhalt eines allgemeinen Rechtecks

Gegeben ist eine rechteckförmige Fläche, deren Seitenlängen allerdings nur in Form variabler Größen X und Y dargestellt werden können. Die Wahrscheinlichkeitsdichte wird sowohl für die Größe X als auch die Größe Y konstant innerhalb des Wertebereiches von 15m bis 18m angenommen, da nähere Informationen fehlen.

Weil es sich wirklich um ein „Rechteck“ handelt, bei dem die Seitenlängen nicht ident sein müssen, ergibt sich die Fläche zu $A = X \cdot Y$, d.h. durch Multiplikation der beiden (voneinander unabhängigen) Größen X und Y . Falsch wäre es, aufgrund der identen Wahrscheinlichkeitsverteilungen vereinfacht $X = Y$ zu setzen und die Fläche als $A = X^2$ bzw. $A = Y^2$ zu berechnen. Obwohl X und Y durch idente Eigenschaften beschrieben werden können, handelt es sich um zwei eigenständige Größen.

b) Beispiel: Kostensteigerung durch Inflation

Vom Wirtschaftsforschungsinstitut XYZ wird bekannt gegeben, dass die Inflation in Österreich innerhalb der nächsten 5 Jahre jeweils zwischen 1% und 4% pro Jahr betragen wird. Pro Jahr beträgt der Steigerungsfaktor zur Berücksichtigung der Inflation somit 1,01 bis 1,04. Dieser Faktor F wird als variable Größe dargestellt.

Der Gesamtfaktor G ergibt sich als Produkt von 5 variablen Größen, die allesamt idente Eigenschaften aufweisen, d.h. $G = F * F * F * F * F$. Genau genommen ist F jedoch für jedes Jahr unterschiedlich anzusetzen, somit $G = F_1 * F_2 * F_3 * F_4 * F_5$. Falsch wäre es hingegen, den Gesamtfaktor als $G = F^5$ zu berechnen, da diese Formel unterstellt, dass F für fünf Jahre lang gleich bleiben wird.

G.2.4. XOR – Beziehungen

Variable Größen stehen in manchen Fällen in einer „Entweder – Oder – Beziehung“ zueinander („XOR-Beziehung“¹). Sofern diese Größen thematisch eng zusammenhängen und insbesondere in derselben Einheit angegeben werden, können sie zu ei-
ner variablen Größe zusammengesetzt werden. Ob diese Möglichkeit allerdings tatsächlich besteht, muss anhand des konkreten Einzelfalls festgestellt werden.

a) Schreibweise

Syntax:

$$\text{ERG} = \left\langle \begin{array}{c} A \otimes P(A) \\ B \otimes P(B) \\ C \otimes P(C) \\ \vdots \end{array} \right\rangle$$

Bedeutung:

Die variablen Größen A , B , C usw. stehen in einer „XOR – Beziehung“ zueinander, d.h. entweder tritt die Größe A auf, oder B , oder C usw. Ein gemeinsames Auftreten ist ausgeschlossen. Die Eintrittswahrscheinlichkeiten der Größen A , B , C ,... betragen $P(A)$, $P(B)$, $P(C)$,... und ergeben in Summe maximal den Wert von 1,0. Diese gesamte Information lässt sich in der variablen Größe ERG zusammenfassen.

b) Berechnungsvorgang

Die Berechnung erfolgt in zwei Schritten.

- Zunächst werden alle mithilfe der XOR – Beziehung zu verknüpfenden (variablen) Größen mit der jeweiligen Eintrittswahrscheinlichkeit skaliert, d.h.

¹ Anm.: „XOR“ steht für „exclusive or“, d.h. für das ausschließende Oder

die Beiträge zur Wahrscheinlichkeit aller finiten Elemente der Größe A werden mit $P(A)$, jene von B mit $P(B)$ usw. multipliziert (Symbol \otimes).

- Die finiten Elemente der so skalierten variablen Größen werden anschließend in einer Tabelle entsprechend dem unter Punkt 3.4.3b erläuterten Speicherformat aufgelistet (Symbol $\langle \rangle$) und stellen damit bereits die variable Ergebnisgröße ERG gemäß Darstellungsart „A“ dar. Transformationen in andere Darstellungsarten sind in weiterer Folge möglich.

c) Beispiel

Gegeben sind zwei variable Größen X und Y mit den zugehörigen Eintrittswahrscheinlichkeiten $P(X) = 0,2$ und $P(Y) = 0,8$, die in einer XOR-Beziehung zueinander stehen. Gesucht ist die Ergebnisgröße gemäß $ERG = XOR(A, B; P(A), P(B))$.

Tabelle G-1 – Beispiel zur XOR – Verknüpfung, Ausgangsdaten X und Y

Variable Größe X			Variable Größe Y		
$w_{l_{x,j}}$	$w_{r_{x,j}}$	$p_{x,j}$	$w_{l_{y,k}}$	$w_{r_{y,k}}$	$p_{y,k}$
10	20	0,25	49	51	0,30
20	22	0,60	63	65	0,10
22	25	0,15	77	81	0,10
			100	110	0,50

1. Lösungsschritt: Skalierung der Beiträge zur Wahrscheinlichkeit

Tabelle G-2 – Beispiel zur XOR – Verknüpfung, Skalierung

Variable Größe X			Variable Größe Y		
$w_{l_{x,j}}$	$w_{r_{x,j}}$	$p_{x,j}$	$w_{l_{y,k}}$	$w_{r_{y,k}}$	$p_{y,k}$
10	20	0,05	49	51	0,24
20	22	0,12	63	65	0,08
22	25	0,03	77	81	0,08
			100	110	0,40

2. Lösungsschritt: Zusammenfassung zu einer variablen Ergebnisgröße

Tabelle G-3 – Beispiel zur XOR – Verknüpfung, Zusammenfassung

Variable Größe ERG			
$w_{l_{ERG,j}}$	$w_{r_{ERG,j}}$	$p_{ERG,j}$	Anmerkung
10	20	0,05	Lt. variabler Größe X
20	22	0,12	
22	25	0,03	
49	51	0,24	Lt. variabler Größe Y
63	65	0,08	
77	81	0,08	
100	110	0,40	

G.3. Untersuchung zur EDV-technischen Umsetzbarkeit der wahrscheinlichkeitstheoretischen Modellkomponente

G.3.1. Referenz – EDV-Ausstattung

Notebook:	ACER TravelMate 529ATXV mit Intel Pentium III Prozessor (900 MHz), 256 MB RAM
Betriebssystem:	Microsoft Windows 2000
Programmiersprache:	Borland Delphi 6.0 Personal

G.3.2. Berechnungsprozeduren

Zur Durchführung der Berechnungen wurden Prozeduren programmiert, die mit verschiedensten Tabellenkalkulationen (z.B.: Microsoft Excel XP) zusammenarbeiten können, da der Datenaustausch an den Schnittstellen über universell einsetzbare CSV-Dateien erfolgt.

CSV-Dateien sind Textdateien, die Werte enthalten, die durch Listentrennzeichen getrennt sind.¹ Im gegenständlichen Fall wurde das Semikolon (;) als Listentrennzeichen gewählt.

Grundprinzip des Berechnungsvorgangs:

- Eingabe von variablen Größen in der Tabellenkalkulationssoftware. Die Spezifika des unter Punkt 3.4.3b angeführten Speicherformats sind einzuhalten.
- Jeweils eine variable Größe wird in eine CSV-Datei exportiert.
- Durchführung der Berechnungen mithilfe von in Delphi programmierten Prozeduren, wobei zur Zwischenspeicherung variabler Größen ein speicherplatzschonender Dateityp zur Anwendung kommt.
- Jede Ergebnisgröße bzw. Zwischenergebnisgröße kann bei Bedarf wieder in eine CSV-Datei exportiert und weiters von einer Tabellenkalkulationssoftware eingelesen werden.
- In der Tabellenkalkulation können die Daten weiterverarbeitet bzw. graphisch dargestellt werden.

a) Prozedur CSVData Analyse

Die Prozedur CSVData_Analyse liest die Daten einer CSV-Datei ein und schreibt sie in eine double-Datei, die von den übrigen Delphi-Prozeduren leichter weiterverarbeitet werden kann. Eine double-Datei besteht aus einer Aneinanderreihung von 8-Byte-Einheiten, die jeweils eine Zahl im Format „double“ repräsentieren. Dieses Format erlaubt die Darstellung von reellen Zahlen bis zu einem Betrag von $1,7 \cdot 10^{308}$ mit 15 signifikanten Stellen.²

¹ Vgl. Microsoft Corporation, 1992, S. 111

² Vgl. Doberstein / Rauter, 2001, S. 208

Quellcode:

```

PROCEDURE CSVData_Analyse(Name_Quelle,Name_Ziel:string);
VAR
  quelle : text;
  ziel   : file of double;
  zeile, teil1, teil2, help : string;
  zeichen: string[1];
  i,komma,sem1,sem2 : byte;
  wert_l, wert_r, P : double;
  L, Code : integer;

BEGIN
  {$I-}
  AssignFile(quelle,Name_Quelle);
  Reset(quelle);
  {$I+}
  if IOResult <> 0 then
  begin
    writeln('Fehler bei Datei: ',Name_Quelle);
    exit;
  end;
  {$I-}
  AssignFile(ziel,Name_Ziel);
  Rewrite(ziel);
  {$I+}
  if IOResult <> 0 then
  begin
    writeln('Fehler bei Datei: ',Name_Ziel);
    exit;
  end;

  while not EOF(quelle) do
  begin
    readln(Quelle,zeile);
    {---- Ersten Wert der Zeile als Wert_L einlesen ----}
    i:=0;
    repeat
      inc(i);
      zeichen:= Copy(zeile,i,1);
    until (zeichen = ',' ) OR (zeichen = ';');

    if zeichen = ','
    then begin
      komma:=i;
      repeat
        inc(i);
        zeichen:= Copy(zeile,i,1);
      until zeichen = ';';
      sem1:=i;
    end
    else begin
      sem1:=i;
      komma:=0;
    end;

    case komma of
      0 : begin
          teil1:=Copy(zeile,1,sem1-1);
          Val(teil1,Wert_L,Code);
        end;
      1 : begin
          teil1:=Copy(zeile,2,sem1-2);
          help:='0.'+teil1;
          Val(help,Wert_L,Code);
        end
      else begin
          teil1:=Copy(zeile,1,komma-1);
          teil2:=Copy(zeile,komma+1,sem1-komma-1);
          help:=teil1+'.'+teil2;
          Val(help,Wert_L,Code);
        end;
    end;
    {---- Zweiten Wert der Zeile als Wert_R einlesen ----}
    repeat
      inc(i);
      zeichen:= Copy(zeile,i,1);
    until (zeichen = ',' ) OR (zeichen = ';');

    if zeichen = ','
    then begin
      komma:=i;
      repeat
        inc(i);

```

```

    zeichen:= Copy(zeile,i,1);
    until zeichen = ',';
    sem2:=i;
end
else begin
    sem2:=i;
    komma:=0;
end;

case komma of
0 : begin
    teill:=Copy(zeile,sem1+1,sem2-sem1-1);
    Val(teill,Wert_R,Code);
end;
1 : begin
    teill:=Copy(zeile,sem1+2,sem2-sem1-2);
    help:='0.'+teill;
    Val(help,Wert_R,Code);
end
else begin
    teill:=Copy(zeile,sem1+1,komma-sem1-1);
    teil2:=Copy(zeile,komma+1,sem2-komma-1);
    help:=teill+'.'+teil2;
    Val(help,Wert_R,Code);
end;
end;
{---- Dritten Wert der Zeile als P einlesen ----}
L:=length(zeile);
repeat
    inc(i);
    zeichen:= Copy(zeile,i,1);
until (zeichen = ',') OR (i=L);

if zeichen = ','
then komma:=i
else komma:=0;

case komma of
0 : begin
    teill:=Copy(zeile,sem2+1,L-sem2);
    Val(teill,P,Code);
end;
1 : begin
    teill:=Copy(zeile,sem2+2,L-sem2-2);
    help:='0.'+teill;
    Val(help,P,Code);
end
else begin
    teill:=Copy(zeile,sem2+1,komma-sem2-1);
    teil2:=Copy(zeile,komma+1,L-komma);
    help:=teill+'.'+teil2;
    Val(help,P,Code);
end;
end;
end;
{---- Werte in die Datei zur Bearbeitung schreiben ----}
write(Ziel,Wert_L,Wert_R,P);
end;
CloseFile(quelle);
CloseFile(ziel);
END;

```

b) Prozedur CSVData Create

Die Prozedur CSVData_Create liest die Daten einer double-Datei ein und schreibt sie in eine CSV-Datei, die unter anderem von Tabellenkalkulationsprogrammen importiert werden kann. Beim Import der Daten in eine Tabelle ist von der Formatierung her zu beachten, dass in der CSV-Datei

- Werte durch Semikolons (;) getrennt sind,
- ein Punkt (.) als Dezimaltrennzeichen verwendet wird,
- kein Tausendertrennzeichen zur Anwendung kommt sowie
- negative Werte durch kein nachstehendes Minus (–) gekennzeichnet sind.

Quellcode:

```

PROCEDURE CSVData_Create(Name_Quelle,Name_Ziel:string);
VAR
  quelle : file of double;
  ziel   : text;
  wert_l, wert_r, P : double;
BEGIN
  {$I-}
  AssignFile(quelle,Name_Quelle);
  Reset(quelle);
  {$I+}
  if IOResult <> 0 then
  begin
    writeln('Fehler bei Datei: ',Name_Quelle);
    exit;
  end;
  {$I-}
  AssignFile(ziel,Name_Ziel);
  Rewrite(ziel);
  {$I+}
  if IOResult <> 0 then
  begin
    writeln('Fehler bei Datei: ',Name_Ziel);
    exit;
  end;

  while not EOF(quelle) do
  begin
    read(Quelle,Wert_L,Wert_R,P);
    writeln(Ziel,Wert_L:14,',',Wert_R:14,',',P:14);
  end;
  CloseFile(Quelle);
  CloseFile(Ziel);
END;

```

c) Prozedur DAT 2 Combine

Die Prozedur DAT_2_Combine kombiniert zwei double-Dateien nach einer anzugebenden Rechenoperation und erzeugt daraus eine Ergebnisdatei. Die hier abgedruckte Prozedur berücksichtigt nur die Addition sowie die Multiplikation für den Standardfall gemäß Punkt G.2.1.

Quellcode:

```

PROCEDURE DAT_2_Combine(Name1,Name2:string;Art:char;Name_Ziel:string);
TYPE
  bereich = array[1..3] of double;
VAR
  qu1,qu2,ziel : file of double;
  wert_l, wert_r, P : double;
  A, B : array of bereich;
  sizeA, sizeB,i,j: cardinal;
BEGIN
  {$I-}
  AssignFile(qu1,Name1);
  Reset(qu1);
  {$I+}
  if IOResult <> 0 then
  begin
    writeln('Fehler bei Datei: ',Name1);
    exit;
  end;
  {$I-}
  AssignFile(qu2,Name2);
  Reset(qu2);
  {$I+}
  if IOResult <> 0 then
  begin
    writeln('Fehler bei Datei: ',Name2);
    exit;
  end;
  {$I-}
  AssignFile(ziel,Name_Ziel);

```

```

Rewrite(ziel);
{$I+}
if IOResult <> 0 then.
begin
  writeln('Fehler bei Datei: ',Name_Ziel);
  exit;
end;
{--- Ermittlung der Größe der Dateien für die Array-Festlegungen ---}
SizeA:=FileSize(qu1) div 3; {SizeA gibt die Anzahl der Bereiche an}
Setlength(A,SizeA);
SizeB:=FileSize(qu2) div 3; {SizeB gibt die Anzahl der Bereiche an}
Setlength(B,SizeB);
{--- Werte aus den Quell-Dateien in die dynamischen Arrays schreiben ---}
{ Quelle 1 }
i:=0;
while not EOF(qu1) do
begin
  read(qu1,Wert_L,Wert_R,P);
  A[i,1]:=Wert_L;
  A[i,2]:=Wert_R;
  A[i,3]:=P;
  i:=i+1;
end;
CloseFile(Qu1);
{ Quelle 2 }
i:=0;
while not EOF(qu2) do
begin
  read(qu2,Wert_L,Wert_R,P);
  B[i,1]:=Wert_L;
  B[i,2]:=Wert_R;
  B[i,3]:=P;
  i:=i+1;
end;
CloseFile(Qu2);
{--- Bilden der Kombinationen ---}
if art = '+' then
begin
  for i:=0 to SizeA-1 do
  begin
    for j:=0 to SizeB-1 do
    begin
      Wert_L:=A[i,1]+B[j,1];
      Wert_R:=A[i,2]+B[j,2];
      P:=A[i,3]*B[j,3];
      write(ziel,Wert_L,Wert_R,P);
    end; {j-Schleife}
  end; {i-Schleife}
end; {art = '+'}
if art = '*' then
begin
  for i:=0 to SizeA-1 do
  begin
    for j:=0 to SizeB-1 do
    begin
      Wert_L:=A[i,1]*B[j,1];
      Wert_R:=A[i,2]*B[j,2];
      P:=A[i,3]*B[j,3];
      write(ziel,Wert_L,Wert_R,P);
    end; {j-Schleife}
  end; {i-Schleife}
end; {art = '*'}
CloseFile(ziel);
END;

```

d) Prozedur DAT Compress

Die Prozedur DAT_Compress organisiert eine double-Datei um, indem einheitliche Klassen durch Einführung einer äquidistanten Teilung geschaffen werden. Zur Eruerung der kleinsten untersten sowie größten obersten zu berücksichtigenden Wertbereichsgrenze (d.h. $\text{Min}\{w_l\}$ sowie $\text{Max}\{w_r\}$) werden nur jene finiten Elemente herangezogen, deren Beitrag zur Wahrscheinlichkeit mindestens $0,000.000.001 = 10^{-9}$ beträgt.

Die ausgeklammerten Randbereiche werden ignoriert, was sich im Zuge weiterer Berechnungsschritte aus numerischen Gründen als sinnvoll erweist.¹ Durch diese Maßnahme wird die Summe aller Beiträge zur Wahrscheinlichkeit allerdings in minimalem Ausmaß verändert. Bei jedem finiten Element ist daher der Beitrag zur Wahrscheinlichkeit mithilfe eines Faktors zu korrigieren, sodass die Summe aller Beiträge zur Wahrscheinlichkeit der komprimierten variablen Größe jener der unkomprimierten variablen Größe entspricht.

Als Berechnungsparameter wird die „Teilung“, d.h. die Anzahl der äquidistanten Klassen, verwendet. Die Einträge der double-Datei werden in die neuen Klassen eingeordnet und damit gleichzeitig sortiert. Das Resultat ist eine variable Größe in Form einer neuen, „komprimierten“ double-Datei, wobei die Anzahl der finiten Elemente dieser variablen Größe der zuvor gewählten „Teilung“ entspricht.

Quellcode:

```

PROCEDURE DAT_Compress(Name_Quelle,Name_Ziel:string;Teilung:cardinal);
TYPE
  bereich = array[1..3] of double;
VAR
  quelle,ziel : file of double;
  wert_l, wert_r, P,mini,maxi,delta,dichte,help,SP1,SP2 : double;
  ERG : array of bereich;
  i:cardinal;
BEGIN
  SetLength(ERG,Teilung);
  {$I-}
  AssignFile(quelle,Name_Quelle);
  Reset(quelle);
  {$I+}
  if IOResult <> 0 then
  begin
    writeln('Fehler bei Datei: ',Name_Quelle);
    exit;
  end;
  {$I-}
  AssignFile(ziel,Name_Ziel);
  Rewrite(ziel);
  {$I+}
  if IOResult <> 0 then
  begin
    writeln('Fehler bei Datei: ',Name_Ziel);
    exit;
  end;
  {Datei nach Minimum und Maximum absuchen}
  repeat
    read(quelle,Wert_L,Wert_R,P);
  until P >= 0.000000001;
  mini:=Wert_L;
  maxi:=Wert_R;
  while not EOF(quelle) do
  begin
    read(quelle,Wert_L,Wert_R,P);
    if P >= 0.000000001 then
    begin
      if Wert_L < mini then mini:=Wert_L;
      if Wert_R > maxi then maxi:=Wert_R;
    end;
  end;
  Reset(Quelle); {Zeiger wieder auf Dateiursprung setzen}
  {---Bereichsteilung festlegen---}
  delta:=(maxi-mini)/Teilung; {delta = kleinste Schrittweite}
  ERG[0,1]:=mini;
  ERG[0,2]:=mini+delta;
  ERG[0,3]:=0;
  for i:=1 to Teilung-1 do
  begin
    Wert_L:=ERG[i-1,2];
    ERG[i,1]:=Wert_L;
    Wert_R:=ERG[i,1]+delta;
    ERG[i,2]:=Wert_R;
  end;

```

¹ siehe G.3.4c

```

    ERG[i,3]:=0;
end;
{--- Quelldatei sukzessive auslesen und Werte in die Bereiche einsortieren ---}
{---Es wird ein konstanter Verlauf der Wahrscheinlichkeitsdichte angenommen---}
SP1:=0;
while not EOF(quelle) do
begin
    read(quelle,Wert_L,Wert_R,P);
    SP1:=SP1+P;
    dichte:=P/(Wert_R-Wert_L);
    for i:=0 to Teilung-1 do
    begin
        {Var1...keine Änderung}
        {Var2...Teilbereich von links}
        if (Wert_L <= ERG[i,1]) AND (Wert_R > ERG[i,1]) AND (Wert_R <= Erg[i,2])
        then begin
            help:=ERG[i,3];
            ERG[i,3]:=help + dichte*(Wert_R-ERG[i,1]);
        end; {if-Var2}
        {Var3...innerhalb}
        if (Wert_L > ERG[i,1]) AND (Wert_R <= Erg[i,2])
        then begin
            help:=ERG[i,3];
            ERG[i,3]:=help + dichte*(Wert_R-Wert_L);
        end; {if-Var3}
        {Var4...Teilbereich von rechts}
        if (Wert_L >= ERG[i,1]) AND (Wert_L < ERG[i,2]) AND (Wert_R > Erg[i,2])
        then begin
            help:=ERG[i,3];
            ERG[i,3]:=help + dichte*(ERG[i,2]-Wert_L);
        end; {if-Var4}
        {Var5...keine Änderung}
        {Var6...umfassend}
        if (Wert_L < ERG[i,1]) AND (Wert_R > Erg[i,2])
        then begin
            help:=ERG[i,3];
            ERG[i,3]:=help + dichte*delta;
        end; {if-Var6}
    end; {Ende for-Schleife}
end; {Ende while-Schleife}
CloseFile(quelle);
{Vorläufige Summe der Wahrscheinlichkeit}
SP2:=0;
for i:=0 to Teilung-1 do SP2:=SP2+ERG[i,3];
{---Ergebnisse in eine Datei schreiben---}
for i:=0 to Teilung-1 do
begin
    Wert_L:=ERG[i,1];
    Wert_R:=ERG[i,2];
    P:=ERG[i,3]*SP1/SP2; {Korrektur der Wahrscheinlichkeit}
    write(ziel,Wert_L,Wert_R,P);
end;
CloseFile(ziel);
END;

```

G.3.3. Messung des Zeitbedarfs zur Überlagerung variabler Größen

Zur Messung des Zeitbedarfs für die Überlagerung von variablen Größen (einschließlich der zugehörigen Komprimierungsschritte, d.h. Transformationen in Darstellungsart C) wurden Testberechnungen durchgeführt. Dazu wurde eine variable Größe „t1“ mit gleichmäßiger Wahrscheinlichkeitsverteilung zwischen den Grenzen 0 und 1000 erstellt und als CSV-Datei (t1.csv) abgespeichert.

Tabelle G-4 – Messung des Zeitbedarfs: Variable Größe t1

w_{l_i}	w_{r_i}	p_i
0	1000	1

Die variable Größe „t1“ wird zunächst durch Einführung einer gewissen äquidistanten Teilung „ttt“ diskretisiert, wobei „ttt“ der Anzahl der äquidistanten Klassen entspricht. Ohne Beschränkung der Allgemeinheit der Aufgabenstellung wird die Größe „t1“ wieder und wieder mit sich selbst addiert, wobei „aaa“ die Anzahl der Überlagerungsschritte (= Additionen) angibt. Zwischenergebnisse werden durch neue Zwischenergebnisse überschrieben und nicht dauerhaft gespeichert.

Die Berechnung erfolgt nach dem unter Punkt 3.4.6a dargestellten Lösungsweg #3 („sukzessive Berechnung“), wobei die Zeit nach jeweils 1000 Additionen gemessen wird. Die Messergebnisse werden nur sekundengenau angegeben, da eine übermäßige Genauigkeit fehl am Platz erscheint¹. Aus den Ergebnissen werden in induktiver Art und Weise jene Formeln zur Prognose des Zeitbedarfes wahrscheinlichkeitstheoretischer Berechnungen abgeleitet, die als Gleichungen (3.034) bis (3.036) unter Punkt 3.4.6a angeführt sind.

a) Quellcode

```
PROGRAM Zeitmessung;
{$APPTYPE CONSOLE}
USES
  SysUtils;
VAR
  aaa : cardinal;
  ttt : word;

  {--- Einbindung der benötigten Prozeduren (nicht abgedruckt) ---}

BEGIN
  ttt:=100; { wird jeweils variabel gewählt }
  writeln('Startzeit: ',TimeToStr(Time));
  CSVData_Analyse('C:\t1.csv','C:\t1.dat');
  DAT_Compress('C:\t1.dat','C:\Xt1.dat',ttt);
  DAT_Compress('C:\t1.dat','C:\Yt1.dat',ttt);
  writeln('1. Zwischenzeit: ',TimeToStr(Time));
  for aaa:=1 to 11000 do
  begin
    DAT_2_Combine('C:\Xt1.dat','C:\Yt1.dat','+', 'C:\tXYerg.cbn');
    DAT_Compress('C:\tXYerg.cbn','C:\Yt1.dat',ttt);
    if (aaa mod 1000) = 0
    then begin
      writeln(aaa, ' Überlagerungen berechnet');
      writeln('Zwischenzeit: ',TimeToStr(Time));
    end;
  end;
  writeln('Endzeit: ',TimeToStr(Time));
  readln;
END.
```

b) Messergebnisse

Die Testberechnungen wurden mit unterschiedlichen Werten für die äquidistante Teilung, d.h. mit einer unterschiedlichen Anzahl finiter Elemente pro variabler Größe durchgeführt („ttt“ = $n_{FE} = \{16, 32, 50, 64, 100, 128\}$).

¹ Aufgrund der Multitasking-Umgebung von Windows 2000 mit aktiver Programmierentwicklungsumgebung werden Hardwareressourcen (in geringem Umfang und unregelmäßig) auch anderen Programmen zur Verfügung gestellt.

Tabelle G-5 – Zeitbedarfsmessung: Messergebnisse

Zeitbedarf (in Sekunden) zur Durchführung von Überlagerungen						
Überlagerungen	Finite Elemente pro variable Größe (n_{FE})					
	16	32	50	64	100	128
1.000	11	36	86	136	344	580
2.000	21	73	172	272	688	1157
3.000	32	108	257	407	1031	1734
4.000	42	145	343	544	1374	2312
5.000	53	181	429	679	1714	2888
6.000	63	217	515	819	2057	3463
7.000	74	253	601	954	2398	4041
8.000	84	289	687	1091	2740	4616
9.000	94	326	773	1228	3082	5194
10.000	105	362	859	1365	3426	5771

Kennzahlen						
t_{1000} [sec]	Ø 10,5	Ø 36,2	Ø 85,9	Ø 136,5	Ø 342,6	Ø 577,1
t_{1000} / n_{FE}^2 [sec]	0,041016	0,035352	0,034360	0,033325	0,034260	0,035223

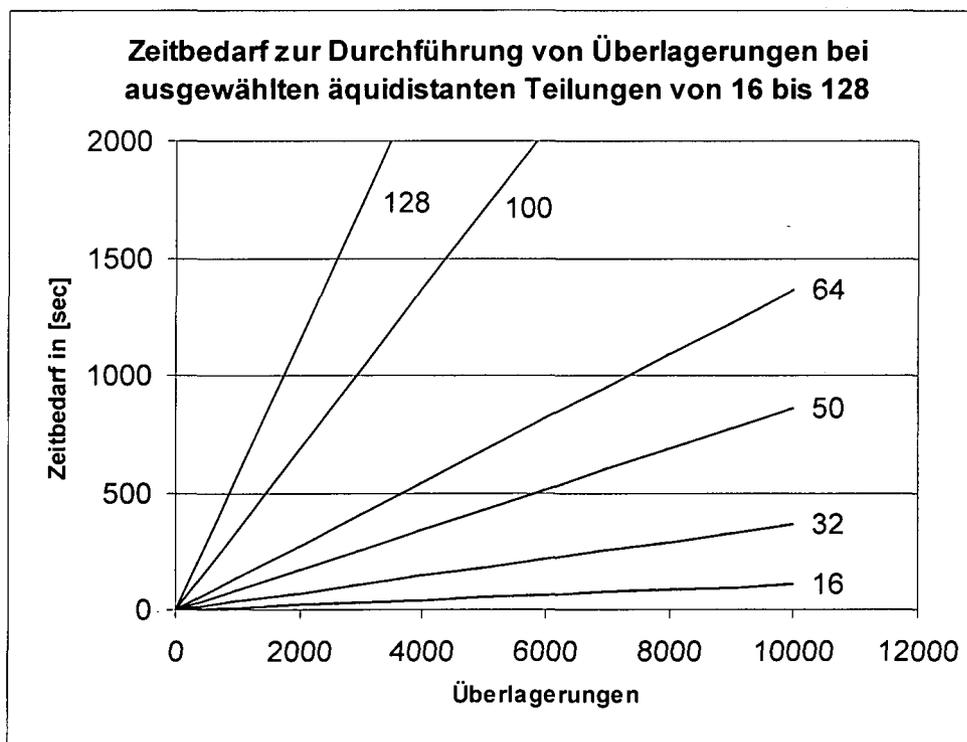


Abbildung G-3 – Zeitbedarfsmessung: Abhängigkeit von der Anzahl der Überlagerungen

Aus den Messergebnissen ist ersichtlich, dass der Zeitbedarf direkt proportional zur Anzahl der durchzuführenden Überlagerungen ist (Abhängigkeit linear) und überproportional mit der Feinheit der äquidistanten Teilung „ n_{FE} “ ansteigt (Abhängigkeit quadratisch). Schwankungen bei den Messergebnissen sind auf die Spezifika der Multitasking-Umgebung zurückzuführen, die anderen Programmen erlaubt, im

Hintergrund zu agieren und temporär Rechenzeit zu beanspruchen. Darüber hinaus ergeben sich Schwankungen durch die nur sekundengenaue Angabe der gemessenen Zeiten.

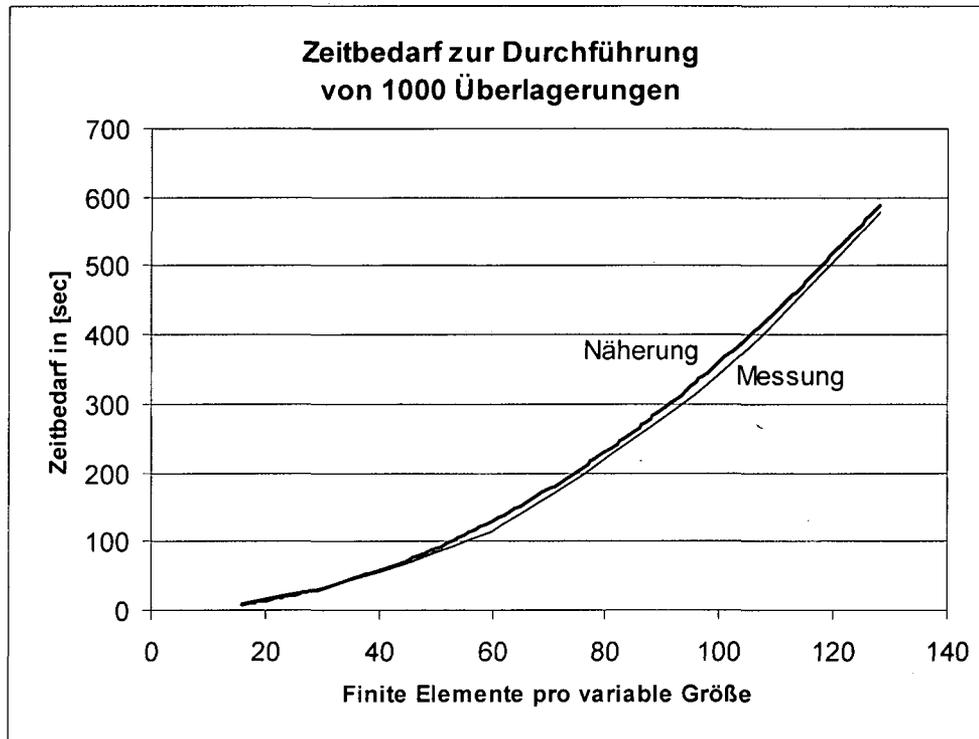


Abbildung G-4 – Zeitbedarfsmessung: Abhängigkeit von der Anzahl der finiten Elemente pro variabler Größe, d.h. der Genauigkeit der Diskretisierung

Die Kennzahl „ t_{1000} “ beschreibt den durchschnittlichen Zeitbedarf zur Durchführung von 1000 Überlagerungen, „ t_{1000}/n_{FE}^2 “ den Parameter einer quadratischen Funktion. Abgesehen von Berechnungen mit einer geringen Anzahl finiter Elemente pro variabler Größe (z.B.: $n_{FE} = 16$) ist t_{1000}/n_{FE}^2 bei allen anderen Berechnungsergebnissen stets kleiner als 0,036. Dieser Wert wird in weiterer Folge als Näherung für t_{1000}/n_{FE}^2 eingeführt.

c) Abgeleitete Formeln

Nachstehende Formeln gelten für die näherungsweise Ermittlung des Zeitbedarfs zur Berechnung einer gewissen Anzahl von Überlagerungen (Additionen) bei Verwendung der angeführten Referenz – EDV-Ausstattung und Berechnungsprozeduren:¹

$$\text{Zeitbedarf in Sekunden} = n_{FE}^2 \cdot (n_{VAR} - 1) \cdot 0,036 \cdot 10^{-3} \quad (\text{G.039})$$

¹ siehe dazu auch die Erläuterungen zur Ableitung der Gleichung (3.033) in Kapitel 3.4.6a

$$\text{Zeitbedarf in Minuten} = n_{\text{FE}}^2 \cdot (n_{\text{VAR}} - 1) \cdot 6 \cdot 10^{-7} \quad (\text{G.040})$$

$$\text{Zeitbedarf in Stunden} = n_{\text{FE}}^2 \cdot (n_{\text{VAR}} - 1) \cdot 10^{-8} \quad (\text{G.041})$$

mit n_{VAR} ... Anzahl der variablen Größen
 $n_{\text{VAR}} - 1$... Anzahl der Verknüpfungsschritte, d.h. Überlagerungen
 n_{FE} ... Anzahl der finiten Elemente einer variablen Größe

Die Formeln (G.039) bis (G.041) gelten insbesondere für die Durchführung von Additionen bei der in dieser Arbeit favorisierten Anzahl finiter Elemente ($n_{\text{FE}} = 100$).

- Bei geringen Werten von n_{FE} (z.B.: $n_{\text{FE}} = 16$) sind die Formeln nicht gültig, wobei allerdings hinzuzufügen ist, dass geringe Werte von n_{FE} im Hinblick auf die erforderliche Genauigkeit im Rahmen des Rechenmodells nicht zur Anwendung kommen.
- Bei einer sehr hohen Anzahl finiter Elemente pro variabler Größe (z.B.: $n_{\text{FE}} = 1000$) kann es zu Verzögerungen in der Berechnung durch verstärkte Beanspruchung von Speichermedien (Festplatte) kommen.¹

Werden andere Rechenoperationen als Additionen durchgeführt (z.B. Multiplikationen, Potenzen, ..., Umwandlung von Zwischenergebnissen in CSV – Dateien, statistische Analysen), ergibt sich ein entsprechend höherer Zeitbedarf als in den Formeln (G.039) bis (G.041) angegeben.

G.3.4. Genauigkeit des Berechnungsverfahrens

a) Genauigkeit der Darstellung einer variablen Größe

Beispiel a.1: Dreieckförmige Wahrscheinlichkeitsverteilung

Gegeben ist eine variable Größe mit symmetrischer, dreieckförmiger Wahrscheinlichkeitsverteilung zwischen dem Minimalwert $w_{\text{min}} = 0$ und dem Maximalwert $w_{\text{max}} = 2000$. Die Größe ist vollständig charakterisiert, d.h. die Fläche unter der Kurve der Wahrscheinlichkeitsdichte ist gleich 1.

Die Diskretisierung dieser variablen Größe erfolgt in mehreren Schritten:²

- Festlegung der Anzahl der finiten Elemente n_{FE} , in die die Größe äquidistant unterteilt werden soll (z.B. $n_{\text{FE}} = 16$).
- Ermittlung der einheitlichen Klassenbreite Δw :

$$\Delta w = (w_{\text{max}} - w_{\text{min}}) / n_{\text{FE}} \quad (\text{G.042})$$

- Berechnung der Wertbereichsgrenzen der n_{FE} finiten Elemente. Für das i -te finite Element gilt:

$$w_{\text{li}} = w_{\text{min}} + (i-1) \cdot \Delta w \quad \text{sowie} \quad w_{\text{ri}} = w_{\text{li}} + \Delta w$$

mit $i = 1, 2, 3, \dots, n_{\text{FE}}$ (G.043)

¹ Anm.: Bei $n_{\text{FE}} = 1.000$ ergeben sich 1.000.000 Kombinationen und somit 1.000.000 finite Elemente für die Zwischenergebnisgröße Z vor der Komprimierung. Da für jedes finite Element 24 Byte Speicherplatz benötigt werden, beansprucht Z rd. 24 MB auf der Festplatte des Referenz-EDV-Systems.

² Anm.: Die dargestellte Vorgangsweise zur Diskretisierung variabler Größen ist universell anwendbar und nicht etwa auf dreieckförmige Wahrscheinlichkeitsverteilungen beschränkt.

- Anhand der Wahrscheinlichkeitsverteilung der gegebenen, „tatsächlichen“ variablen Größe wird für jeden Wertebereich (der von w_{l_i} einschließlich bis w_{r_i} ausschließlich reicht) eruiert, wie groß der zugehörige Beitrag zur Wahrscheinlichkeit (d.h. p_i) ist.

$$p_i = \int_{w=w_{l_i}}^{w=r_i} d(w)dw \quad (\text{G.044})$$

mit $d(w) =$ Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der variablen Größe

- Bei der Diskretisierung wird für jedes finite Element i eine konstante Wahrscheinlichkeitsdichte (d.h. d_i) gewählt, die sich als $d_i = p_i / \Delta w$ berechnen lässt. Diese Näherung beeinflusst die graphische Darstellung und mathematische Weiterverarbeitung der variablen Größe.

Die Genauigkeit der Diskretisierung wird anhand der Standardabweichung beurteilt, die einerseits für die tatsächliche Größe ($\sigma_{\text{tatsächlich}}$), andererseits für die diskretisierte Größe gemäß G.1.3. bei unterschiedlichen n_{FE} ($\sigma_{\text{diskretisiert}}$) gebildet wird.¹ Die tatsächliche Standardabweichung ergibt sich im vorliegenden Beispiel nach Gleichung (G.045).²

$$\sigma_{\text{tatsächlich}} = \frac{w_{\text{max}} - w_{\text{min}}}{\sqrt{24}} \quad (\text{G.045})$$

Als Maß für die Genauigkeit wird das Verhältnis der Standardabweichungen $\text{VDS} = \sigma_{\text{diskretisiert}} / \sigma_{\text{tatsächlich}}$ herangezogen.

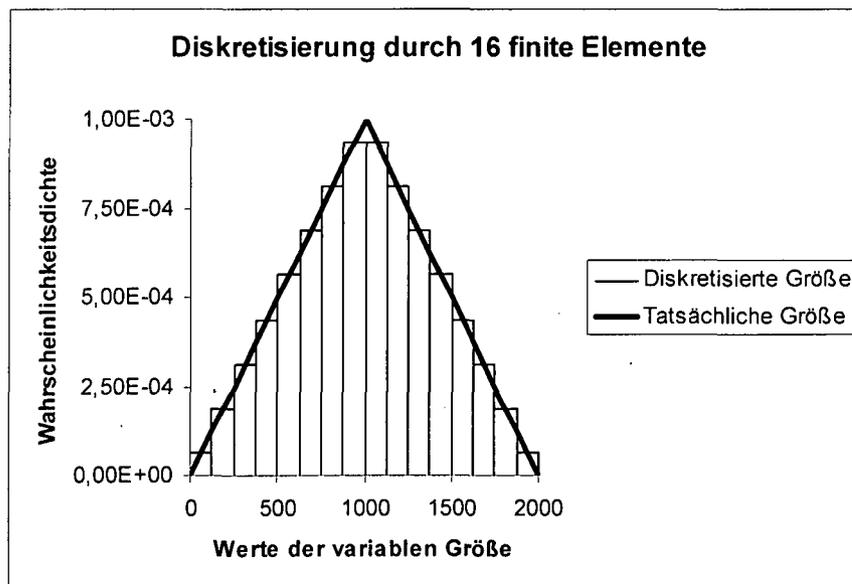


Abbildung G-5 – Diskretisierung einer variablen Größe (Beispiel a.1)

¹ Anm.: Der Erwartungswert verändert sich im angeführten Beispiel durch die Diskretisierung nicht.

² Vgl. Evans, 2002, S. 73f

Die analytische Auswertung des Beispiels a.1 zeigt, dass VDS durch eine einfache Formel als Funktion von n_{FE} ausgedrückt werden kann.

$$\frac{\sigma_{\text{diskretisiert}}}{\sigma_{\text{tatsächlich}}} = \text{VDS}(n_{FE}) = \sqrt{1 + \frac{2}{n_{FE}^2}} \quad (\text{G.046})$$

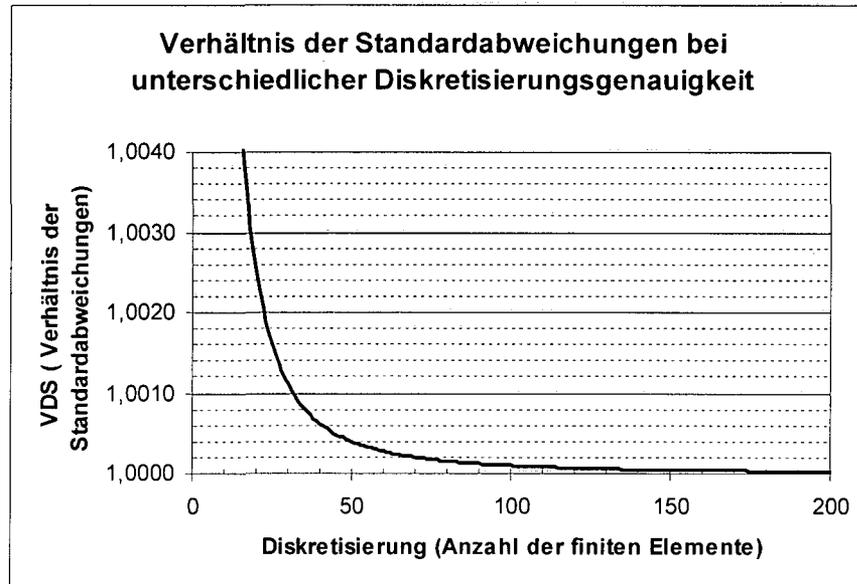


Abbildung G-6 – Verhältnis der Standardabweichungen (Beispiel a.1)

Beispiel a.2: Beta-verteilte Wahrscheinlichkeit

Gegeben ist eine variable Größe mit Beta-verteilter Wahrscheinlichkeit zwischen dem Minimalwert $w_{\min} = 0$ und dem Maximalwert $w_{\max} = 2000$.

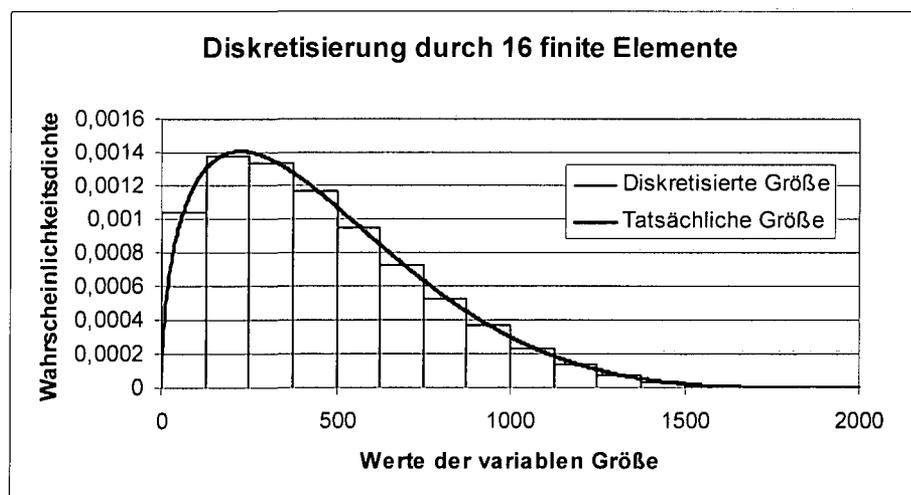


Abbildung G-7 – Diskretisierung einer variablen Größe (Beispiel a.2)

Als Parameter der Beta-Verteilung werden $\alpha = 1,5$ und $\beta = 5,0$ gewählt.¹ Die Größe ist vollständig charakterisiert, d.h. die Fläche unter der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion ist gleich 1,0. Die Diskretisierung erfolgt analog zu Beispiel a.1.

Im Unterschied zu Beispiel a.1 weicht bei Beispiel a.2 neben der Standardabweichung auch der Erwartungswert der diskretisierten Größe vom korrekten Wert der tatsächlichen Größe ab.

- Sinngemäß wird daher neben dem Verhältnis der Standardabweichungen (VDS) ein Verhältnis der Erwartungswerte (VDE) gebildet, wobei jeweils der Kennwert der diskretisierten Größe auf jenen der tatsächlichen Größe bezogen wird, d.h.

$$VDS = \sigma_{\text{diskretisiert}} / \sigma_{\text{tatsächlich}} \quad VDE = E(X)_{\text{diskretisiert}} / E(X)_{\text{tatsächlich}}$$

- Die Formeln für den tatsächlichen Erwartungswert bzw. die tatsächliche Standardabweichung können der Fachliteratur zu entnommen werden.² Die Ermittlung der Kenngrößen für diskretisierte Größen erfolgt gemäß Punkt G.1.3.

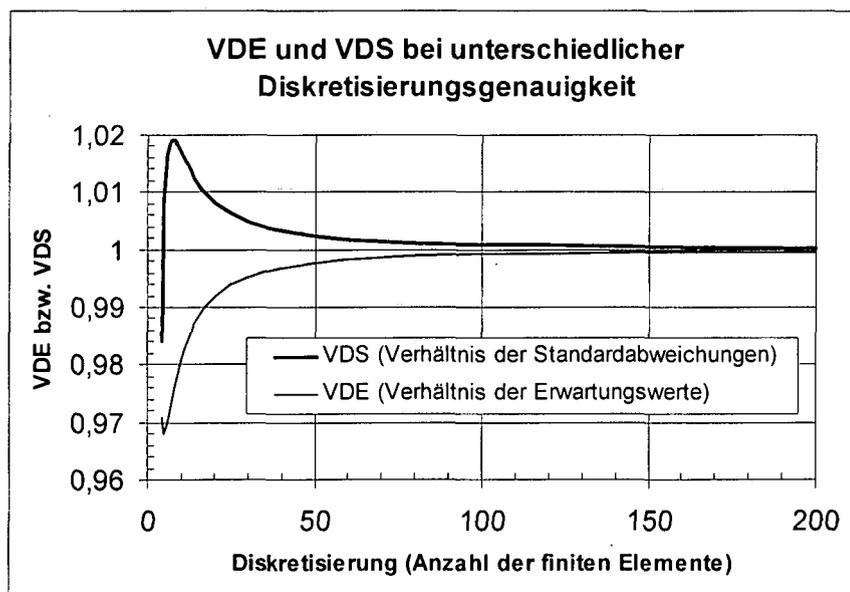


Abbildung G-8 – Verhältnis der Erwartungswerte und Standardabweichungen (Beispiel a.2)

Schlussfolgerungen

- Die Anzahl der finiten Elemente zur Diskretisierung einer variablen Größe muss mindestens so groß gewählt werden, dass die grundsätzliche Form der Wahrscheinlichkeitsverteilung (d.h. die Anzahl und Situierung der „Spitzen“)

¹ Anm.: Details zu den Eigenschaften der Beta-Verteilung können der Fachliteratur entnommen werden. z.B.: Evans, 2002, S. 79f, McLaughlin, 2001, S. A9f

² Vgl. Evans, 2002, S. 79f

abgebildet werden kann. Die Mindestanzahl finiter Elemente beträgt im Beispiel a.1 drei, im Beispiel a.2 acht.

- Bei weiterer Erhöhung der Anzahl der finiten Elemente nähern sich die statistischen Kenngrößen der diskretisierten Größe systematisch in asymptotischer Art und Weise den tatsächlichen Werten an. Der Zugewinn an Genauigkeit sinkt jedoch sukzessive, sodass eine allzu große Anzahl finiter Elemente – unter Berücksichtigung des Zeitbedarfs zur Durchführung von Berechnungen – unzumutbar erscheint.
- Im Sinne einer pragmatischen Vorgangsweise wird daher empfohlen, in Standardfällen die Anzahl der finiten Elemente zur Diskretisierung einer variablen Größe gemäß Darstellungsart C mit 100 festzusetzen.

b) Genauigkeit der Überlagerung mehrerer variabler Größen

Beispiel b.1: Addition mehrerer variabler Größen

Gegeben sind mehrere variable, voneinander unabhängige Größen, die allesamt idente Eigenschaften aufweisen. Die Wahrscheinlichkeitsdichte ist jeweils konstant zwischen dem Minimalwert $w_{\min} = 0$ und dem Maximalwert $w_{\max} = 1000$ verteilt. Die Fläche unter der Kurve der Wahrscheinlichkeitsdichte ist gleich 1,0. Die Anzahl der addierten variablen Größen wird mit „ n_{VAR} “ bezeichnet.

Die Durchführung der Additionen erfolgt entsprechend dem in Kapitel 3.4.6a vorgestellten Lösungsweg #3 nach den unter Punkt 3.4.6b erläuterten Vorgangsweisen der seriellen bzw. gruppenweisen Überlagerung. Zur Darstellung des Einflusses der Diskretisierung werden die Berechnungen mit verschiedenen äquidistanten Teilungen ($n_{\text{FE}} = 50, 100, 200$ bzw. 1000) durchgeführt.

Zur Beurteilung der Genauigkeit der Berechnungen werden Erwartungswert, Standardabweichung und Variabilität ermittelt und mit den tatsächlichen Werten verglichen. Letztere werden im vorliegenden Beispiel entsprechend der Angaben in der Fachliteratur¹ anhand der Gleichungen (G.047) bis (G.049) eruiert.

$$E(X)_{\text{tatsächlich}} = 500 \cdot n_{\text{VAR}} \quad (\text{G.047})$$

$$\sigma(X)_{\text{tatsächlich}} = \frac{500}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{n_{\text{VAR}}} \quad (\text{G.048})$$

$$v(X)_{\text{tatsächlich}} = \frac{1}{\sqrt{3 \cdot n_{\text{VAR}}}} \quad (\text{G.049})$$

Analog zu den Beispielen unter Punkt G.3.4a werden das Verhältnis der Erwartungswerte (VDE), das Verhältnis der Standardabweichungen (VDS) sowie das Verhältnis der Variationskoeffizienten (VDV) gebildet, wobei jeweils der Kennwert der diskretisierten Größe auf jenen der tatsächlichen Größe bezogen wird.

¹ z.B.: Strehl, 1983, S. 35f

Der Erwartungswert wird – nahezu unabhängig von der gewählten Diskretisierung, der Anzahl der zu überlagernden Größen bzw. der Überlagerungsart – durch das Rechenmodell sehr genau abgebildet, sodass stets $VDE \approx 1,0$ gilt.¹

Im Gegensatz dazu weicht das Ergebnis für die Standardabweichung umso stärker vom tatsächlichen Wert ab, je geringer n_{FE} und je größer n_{VAR} ist. VDS entfernt sich damit immer mehr vom Wert 1,0. Dieser Effekt wirkt sich direkt auf den Variationskoeffizienten aus, wodurch auch VDV umso mehr vom Wert 1,0 abweicht, je geringer n_{FE} und je größer n_{VAR} ist.

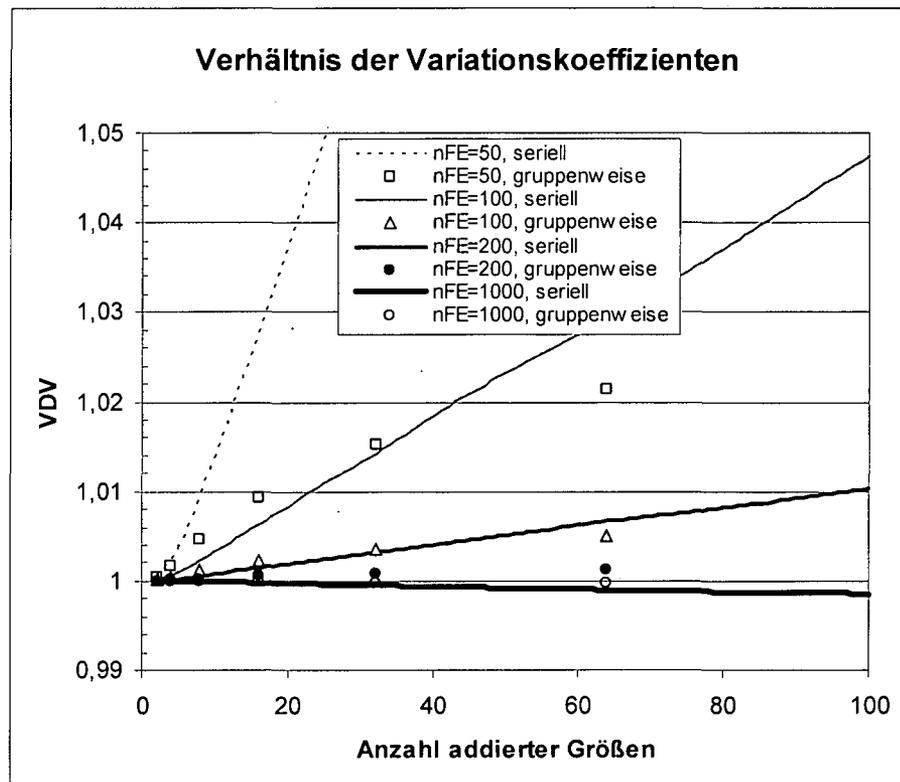


Abbildung G-9 – VDV bei geringer Anzahl variabler Größen (Beispiel b.1)

Dieser Effekt der Fehlerfortpflanzung tritt insbesondere bei serieller Überlagerung variabler Größen auf und kann durch Anwendung der gruppenweisen Überlagerungsart stark minimiert werden. Dies ist vor allem dann von entscheidender Bedeutung für die Genauigkeit der Ergebnisse, wenn eine große Anzahl variabler Größen überlagert werden soll.

Allerdings zeigt sich im angeführten Beispiel, dass das Rechenmodell eher einen größeren Wert für die Standardabweichung (und damit für den Variationskoeffizienten bzw. die Variabilität) liefert, als dies tatsächlich der Fall ist.² Darauf aufbauende wahrscheinlichkeitstheoretische Aussagen können in der Regel als „vorsichtiger“ bzw. „auf der sicheren Seite liegend“ bezeichnet werden.

¹ Anm.: Lediglich die numerische Notwendigkeit, Zahlen auf eine gewisse Anzahl von Stellen runden zu müssen, führt dazu, dass VDE nicht exakt gleich 1,0 ist.

² Anm.: Dies ist ebenso bei Beispiel a.1 und a.2 der Fall.

Je genauer die Diskretisierung durchgeführt wird, umso besser wird das Ergebnis, wobei allerdings der Zugewinn an Genauigkeit mit steigendem Parameter n_{FE} sukzessive abnimmt. Ab einer gewissen Anzahl finiter Elemente (im angeführten Beispiel: $n_{FE} = 1.000$) lässt sich die Genauigkeit nicht mehr weiter steigern und sinkt aus numerischen Gründen – wenn auch marginal – ab.

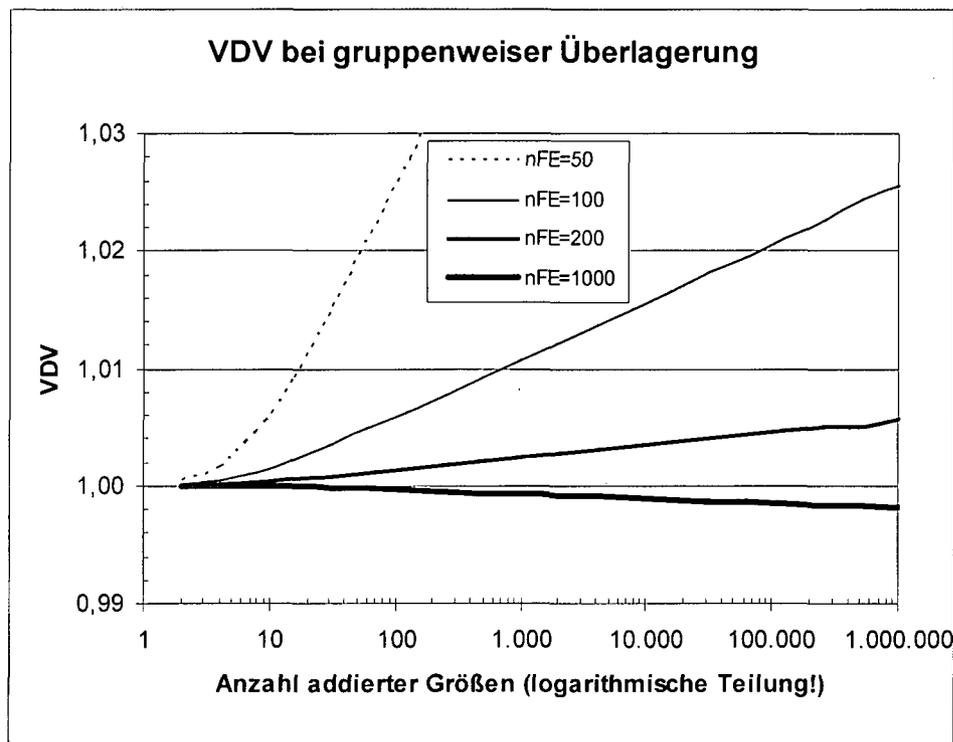


Abbildung G-10 – VDV bei hoher Anzahl variabler Größen (Beispiel b.1)

Beispiel b.2: Multiplikation mehrerer variabler Größen

Gegeben sind mehrere variable, voneinander unabhängige Größen, die allesamt idente Eigenschaften aufweisen. Die Wahrscheinlichkeitsdichte ist jeweils konstant zwischen dem Minimalwert $w_{\min} = 1,01$ und dem Maximalwert $w_{\max} = 1,05$ verteilt. Die Fläche unter der Kurve der Wahrscheinlichkeitsdichte ist gleich 1,0. Die Anzahl der multiplizierten variablen Größen wird mit „ n_{VAR} “ bezeichnet.

Die statistischen Eigenschaften der einzelnen variablen Ausgangsgrößen ergeben sich entsprechend den Formeln der Fachliteratur.¹

$$E(X) = \frac{w_{\max} + w_{\min}}{2} = 1,03 \quad (G.050)$$

$$\sigma(X) = \frac{w_{\max} - w_{\min}}{\sqrt{12}} = \frac{0,04}{\sqrt{12}} \quad (G.051)$$

¹ Vgl. Evans, 2002, S. 71

$$v(X) = \frac{\sigma(X)}{E(X)} = \frac{0,04}{\sqrt{12}} \cdot \frac{1}{1,03} \quad (\text{G.052})$$

Die Durchführung der Multiplikationen erfolgt analog zu dem in Kapitel 3.4.6a vorgestellten Lösungsweg #3 nach der unter Punkt 3.4.6b erläuterten Vorgangsweise der seriellen Überlagerung. Zur Darstellung des Einflusses der Diskretisierung werden die Berechnungen mit verschiedenen äquidistanten Teilungen ($n_{FE} = 50, 100, 200$ bzw. 1000) durchgeführt.

Zur Beurteilung der Genauigkeit der Berechnungen werden Erwartungswert, Standardabweichung und Variabilität ermittelt und mit den tatsächlichen Werten verglichen. Letztere werden im vorliegenden Beispiel anhand der Gleichungen (G.053) bis (G.055) eruiert. Die Gleichungen können anhand der einheitlichen statistischen Eigenschaften der Ausgangsgrößen abgeleitet werden.

$$E(X)_{\text{tatsächlich}} = 1,03^{n_{VAR}} \quad (\text{G.053})$$

$$\sigma(X)_{\text{tatsächlich}} = \frac{0,04}{\sqrt{12}} \cdot \sqrt{n_{VAR}} \cdot 1,03^{n_{VAR}-1} \quad (\text{G.054})$$

$$v(X)_{\text{tatsächlich}} = \frac{0,04}{\sqrt{12}} \cdot \sqrt{n_{VAR}} \cdot \frac{1}{1,03} \quad (\text{G.055})$$

Analog zu Beispiel b.1 werden das Verhältnis der Erwartungswerte (VDE), das Verhältnis der Standardabweichungen (VDS) sowie das Verhältnis der Variationskoeffizienten (VDV) gebildet, wobei jeweils der Kennwert der diskretisierten Größe auf jenen der tatsächlichen Größe bezogen wird.

Der Erwartungswert wird – nahezu unabhängig von der gewählten Diskretisierung bzw. der Anzahl der zu überlagernden Größen – durch das Rechenmodell sehr genau abgebildet, sodass stets $VDE \approx 1,0$ gilt.

Im Gegensatz dazu weicht das Ergebnis für die Standardabweichung umso stärker vom tatsächlichen Wert ab, je geringer n_{FE} und je größer n_{VAR} ist. VDS entfernt sich damit immer mehr vom Wert 1,0. Dieser Effekt wirkt sich direkt auf den Variationskoeffizienten aus, wodurch auch VDV umso mehr vom Wert 1,0 abweicht, je geringer n_{FE} und je größer n_{VAR} ist. Dasselbe Phänomen ergibt sich auch bei Beispiel b.1, weshalb die Interpretation der Ergebnisse von Beispiel b.2 grundsätzlich analog zu Beispiel b.1 verläuft.¹

Eine Besonderheit des Beispiels besteht darin, dass durch die multiplikative Überlagerung der symmetrischen, gleichverteilten variablen Ausgangsgrößen Ergebnisgrößen entstehen, die eine positive Schiefe aufweisen. Je mehr Größen überlagert werden, umso größer wird die Schiefe und umso stärker weicht der Erwartungswert von jenem Wert ab, der den Ort der „Spitze“ der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion angibt (w_{mid}).

¹ Anm.: Daher werden z.B. die Verbesserungsmöglichkeiten durch Anwendung der gruppenweisen Überlagerung für Beispiel b.2 nicht näher ausgeführt.

Bei Multiplikation von 100 variablen Größen ($n_{\text{VAR}} = 100$) und Verwendung von 100 finiten Elementen pro variabler Größe bei der Durchführung der numerischen Berechnung ($n_{\text{FE}} = 100$) ergibt sich für die Ergebnisgröße beispielsweise ein Erwartungswert von $E(X) = 19,221$, während der Ort der Spitze der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion bei $w_{\text{mid}} = 18,764$ liegt.¹

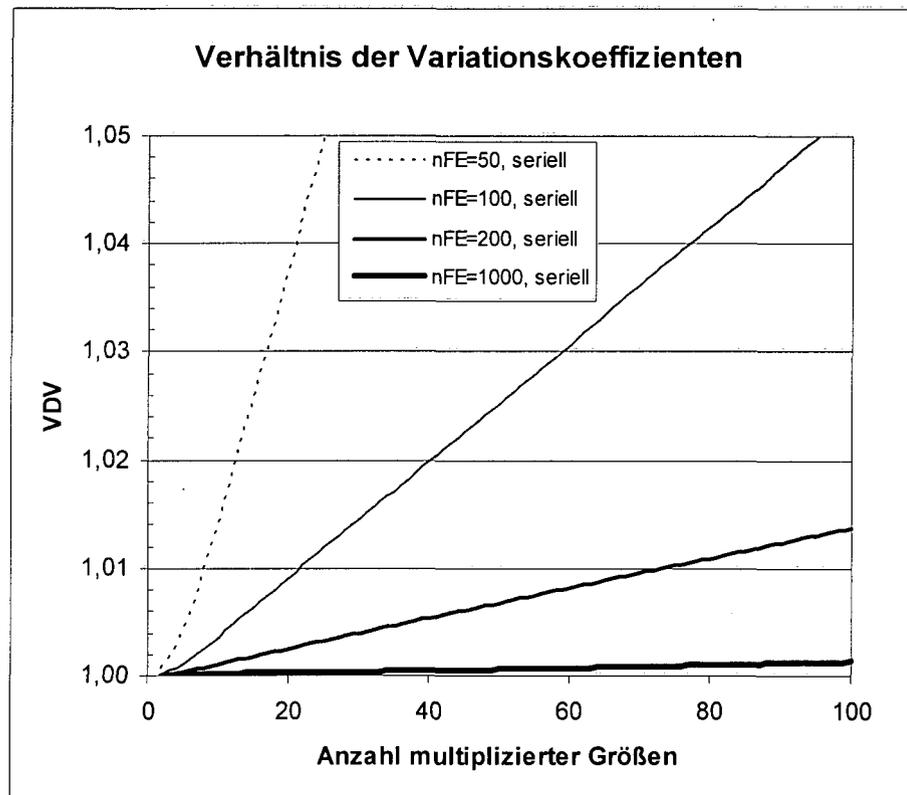


Abbildung G-11 – Verhältnis der Variationskoeffizienten (Beispiel b.2)

Aufgrund der Entwicklung des Verhältnisses der Variationskoeffizienten (VDV), das sich bei steigender Anzahl der zu überlagernden Größen immer mehr vom Idealwert 1,0 entfernt (vgl. Abbildung G-11), ist es zweckmäßig, die Genauigkeit des Rechenmodells neben einem Vergleich statistischer Eigenschaften auch anhand der berechneten Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion zu beurteilen.

Wie anhand von Abbildung G-12 ersichtlich ist, wirkt sich die gewählte Anzahl finiter Elemente (n_{FE}), d.h. die Genauigkeit der Diskretisierung, im Wesentlichen auf die Ausprägung der Spitze der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion aus. Ferner lässt sich aus dem Vergleich der Kurven für $n_{\text{FE}} = 50, 100$ und 200 deutlich erkennen, dass eine weitere Steigerung von n_{FE} (und damit des Zeitbedarfs zur Durchführung der Berechnungen) nur mehr zu einer geringfügigen Verbesserung der Genauigkeit führt. Die Kurve für $n_{\text{FE}} = 1000$ wurde in diesem Zusammenhang nicht in die Abbildung aufgenommen, weil sie sich mit der Kurve für $n_{\text{FE}} = 200$ in der dargestellten Skalierung praktisch deckt und nur eine marginal höhere Spitze aufweist.

¹ Anm.: Auf analytischem Wege ergibt sich $E(X) = 19,219$.

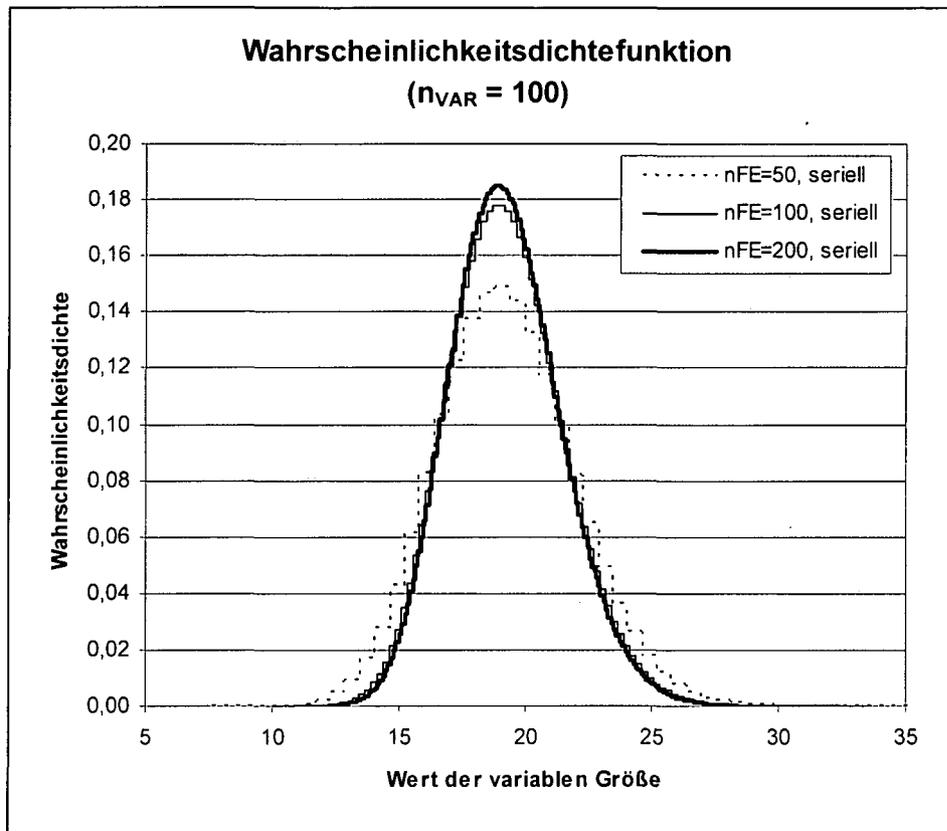


Abbildung G-12 – Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion für $n_{VAR} = 100$ (Beispiel b.2)

Anmerkung:

Bei Überlagerung von 100 variablen Größen der angegebenen Art ergibt sich der minimale Wert der Ergebnisgröße zu $w_{\min_{ERG}} = 1,01^{100} \approx 2,7$ und der maximale Wert zu $w_{\max_{ERG}} = 1,05^{100} \approx 131,5$. Anhand der wahrscheinlichkeitstheoretischen Berechnung wurde jedoch festgestellt, dass der tatsächliche Wert mit 98%iger Wahrscheinlichkeit zwischen rd. „14,2“ und rd. „24,8“ liegt¹, wobei der Erwartungswert rd. „19,2“ beträgt. Die Randwerte $w_{\min_{ERG}}$ und $w_{\max_{ERG}}$ sind praktisch bedeutungslos.

Schlussfolgerungen

Die wahrscheinlichkeitstheoretische Modellkomponente birgt im Wesentlichen zwei Hauptfehlerquellen in sich, die jedoch vom Anwender aktiv beeinflusst und damit weitgehend kontrolliert werden können.

Erste Hauptfehlerquelle

Die Diskretisierung variabler Größen durch eine gewisse Anzahl finiter Elemente (n_{FE}) stellt eine Näherung dar. Von vornherein wird nicht mit den „kor-

¹ Anm.: Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Wert unterhalb „14,2“ bzw. oberhalb „24,8“ liegt, beträgt jeweils 1%.

rekten“, sondern mit „genäherten“ variablen Größen gerechnet. Je mehr Größen zu überlagern sind, umso stärker können die ermittelten Ergebnisse daher von den korrekten Ergebnissen abweichen.

Da n_{FE} im Sinne eines Systemparameters vom Anwender gewählt wird, kann die Genauigkeit des Rechenmodells aktiv beeinflusst werden. Durch den Vergleich von Berechnungen mit unterschiedlichem Systemparameter n_{FE} können Rückschlüsse auf die Fehlerhaftigkeit der Ergebnisse gezogen werden.

Generell gilt somit, dass der Systemparameter n_{FE} umso größer zu wählen ist, je mehr Größen überlagert werden sollen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass eine Verdopplung von n_{FE} mindestens eine Vervierfachung des Zeitbedarfs zur Durchführung der Berechnungen ergibt.

Zweite Hauptfehlerquelle

Die Überlagerungsprozedur beinhaltet Näherungen. Einerseits wird für jedes finite Element ein konstanter Verlauf der Wahrscheinlichkeitsdichte angenommen und andererseits stets eine Komprimierung der Zwischenergebnisgrößen vorgenommen. Je mehr solche „näherungsweisen“, „nicht exakten“ Überlagerungsschritte durchgeführt werden, umso stärker können die ermittelten Ergebnisse daher von den korrekten Ergebnissen abweichen.

Folglich ist die Anzahl der Überlagerungsschritte $n_{MÜS}$ zu minimieren, was durch vermehrte gruppenweise Überlagerung – insbesondere bei hoher Anzahl der zu überlagernden Größen – in effizienter Art und Weise möglich ist.

G.4. Psychologie und subjektive Wahrscheinlichkeit

Menschen sind in der Regel nicht darin geübt, in mathematisch korrekten Wahrscheinlichkeiten zu denken.¹ In diesem Zusammenhang hat sich eine Reihe von Psychologen mit der Messung von Einstellungen von Personen beschäftigt und entsprechende Techniken entwickelt, die u.a. helfen sollen, ein unverfälschtes Bild der Einstellung eines Individuums zu gewinnen.²

G.4.1. Sprachliche / mathematische Formulierung von Wahrscheinlichkeiten

In bezug auf Wahrscheinlichkeitsbegriffe hat sich herausgestellt, dass Menschen zwar einerseits – z.B. bei der Einschätzung der Wahrscheinlichkeit eines Lottogewinns, eines Flugzeugabsturzes oder eines verregneten Wochenendes – gerne von „hohen“ oder „niedrigen“ Wahrscheinlichkeiten sprechen, dass sie aber mitunter äußerst un-

¹ Vgl. Hagstrom, 2000, S. 144f

² Vgl. Dawes, 1977, S. 15ff; Coombs, 1975, S. 32ff

terschiedliche Vorstellungen darüber haben, welchen Zahlenwerten diese Aussagen im Einzelfall entsprechen.

Der Zusammenhang zwischen der sprachlichen und mathematischen Formulierung von Wahrscheinlichkeiten schwankt stark in Abhängigkeit

- vom betroffenen Fachgebiet (z.B. Atomphysik, Medizin, Bauwesen, ...),
- von der Formulierung der Fragestellung (z.B. Betonung des „Nutzens“ oder des „Schadens“) und
- von der aktuellen persönlichen Befindlichkeit (z.B. optimistische oder pessimistische Lebenseinstellung, aktuelle Laune) der beurteilenden Person.

Die Frage, welchen mathematischen Wahrscheinlichkeiten z.B. Begriffe wie „sehr wahrscheinlich“ oder „ziemlich unwahrscheinlich“ entsprechen, kann daher nicht allgemeingültig beantwortet werden. Einigkeit herrscht nur darüber, dass einem unmöglichen Ereignis die Wahrscheinlichkeit 0 und einem sicheren Ereignis die Wahrscheinlichkeit 1 zugeordnet wird. Daher wird nicht empfohlen, von sprachlichen Wahrscheinlichkeitsbegriffen auf Zahlenwerte zu schließen, sondern von vornherein in Zahlenwerten zu denken.

G.4.2. Überlegungen zur Interpretation einer Wahrscheinlichkeitsverteilung

Nachstehende Punkte geben Hinweise dazu, welche Überlegungen zur Interpretation einer Wahrscheinlichkeitsverteilung angestellt werden können. Die Aufstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und ist rein informativ zu sehen.

- **Allgemeine Unterteilung der „mathematischen“ Wahrscheinlichkeitsverteilung in einzelne Ereignisse**
Frage: Stimmen die Relationen zwischen den einzelnen Ereignissen? Ist es z.B. wirklich gleich wahrscheinlich, dass Ereignis A doppelt so wahrscheinlich ist, wie Ereignis B und C zusammengenommen? Welches Ereignis ist am wahrscheinlichsten, welches am wenigsten wahrscheinlich? Welche Rangordnung der Ereignisse ergibt sich?
- **Unterteilung der „mathematischen“ Wahrscheinlichkeitsverteilung in Ereignisse mit gleichen Wahrscheinlichkeiten**
Frage: Ist es wirklich gleich wahrscheinlich, dass „dieses“ oder „jenes“ Ereignis eintritt?
- **Kontrolle der vollständigen Charakterisierung einer variablen Größe**
Frage: Wie wahrscheinlich ist es, dass ein Ereignis eintritt, das in der Wahrscheinlichkeitsverteilung nicht berücksichtigt worden ist?
- **Kontrolle des Erwartungswerts $E(X)$ sowie des Minimal- und Maximalwerts (w_{\min} und w_{\max}) der Wahrscheinlichkeitsverteilung**
Frage: Welcher Wert würde in einem deterministischen Rechenmodell anstelle der Wahrscheinlichkeitsverteilung angenommen werden?

Welcher Minimal- bzw. Maximalwert ergibt sich bei einer „worst case / best case“ – Untersuchung?

Welche „Abweichungen“ vom Erwartungswert werden von den beteiligten verantwortlichen Personen toleriert bzw. durch entsprechende Maßnahmen verhindert?

- **Statistische Interpretation**

Frage: Stimmt die Analogie, dass – wenn hinreichend viele Versuche möglich sind – zum Beispiel ein Ereignis mit der Wahrscheinlichkeit 0,01 statistisch gesehen in 1 von 100 Fällen auftritt?

- **Interpretation anhand einer Wette**

Frage: Stimmt die Analogie, dass zum Beispiel ein Ereignis mit der Wahrscheinlichkeit 0,01 einer Wette mit der Quote 99/1 entspricht, d.h. dass die Gewinnchance 1 zu 99 beträgt bzw. dass bei einem Einsatz von 1 der faire Gewinn 99 beträgt?

G.5. Wahrscheinlichkeitsverteilungen

Wenn der Informationsstand über die wahrscheinlichkeitstheoretischen Eigenschaften einer variablen Größe gering ist, wird im Rahmen des Rechenmodells insbesondere auf nachstehende Wahrscheinlichkeitsverteilungen zurückgegriffen, die anhand weniger Parameter charakterisiert werden können. Nähere Details zu den dargestellten sowie zu anderen Verteilungen sind der Fachliteratur zu entnehmen.¹

G.5.1. Gleichmäßige Verteilung (2 voneinander unabhängige Parameter)

a) Parameter & Darstellung

A **1. Lageparameter**

„w_min“, „Minimalwert der variablen Größe“, „untere Grenze“

B **2. Lageparameter**

„w_max“, „Maximalwert der variablen Größe“, „obere Grenze“

B – A **Skalierungsparameter**

„w_max – w_min“, „Bandbreite der variablen Größe“

d(w) **Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion**

Funktion des Werts w der variablen Größe X, wobei $A \leq w \leq B$

$$d(w) = \frac{1}{B - A} \quad (\text{G.056})$$

¹ Vgl. McLaughlin, 2001, S. A9ff

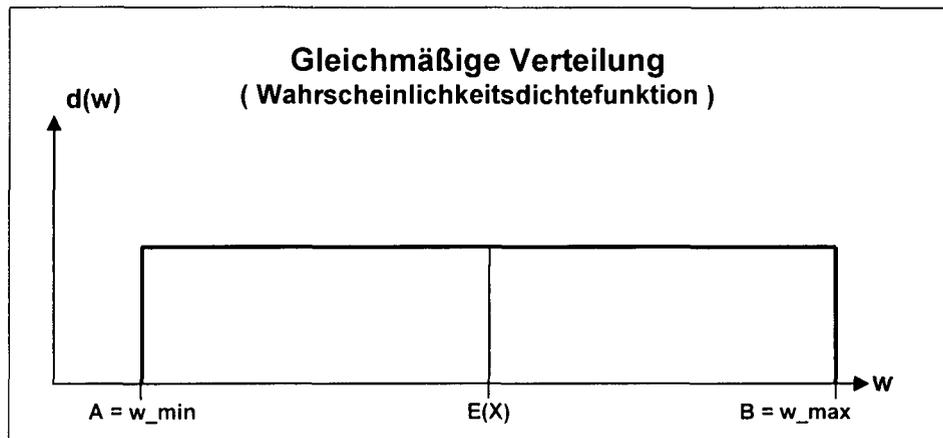


Abbildung G-13 – Gleichmäßige Verteilung

b) Statistische Eigenschaften

$$E(X) = \frac{A + B}{2} \quad (G.057)$$

$$\sigma^2(X) = \frac{(B - A)^2}{12} \quad (G.058)$$

$$\gamma(X) = 0 \quad (G.059)$$

$$\kappa(X) = -1,2 \quad (G.060)$$

G.5.2. Dreieckförmige Verteilung (3 voneinander unabhängige Parameter)a) Parameter & Darstellung**A** 1. Lageparameter

„w_min“, „Minimalwert der variablen Größe“, „untere Grenze“

B 2. Lageparameter

„w_max“, „Maximalwert der variablen Größe“, „obere Grenze“

B - A Skalierungsparameter

„w_max - w_min“, „Bandbreite der variablen Größe“

C Formparameter„w_mid“, „wahrscheinlichster Wert“, wobei $A \leq C \leq B$ **d(w)** WahrscheinlichkeitsdichtefunktionFunktion des Werts w der variablen Größe X , wobei $A \leq w \leq B$

$$d(w) = \begin{cases} \frac{2 \cdot (w - A)}{(B - A) \cdot (C - A)}, & w < C \\ \frac{2 \cdot (B - w)}{(B - A) \cdot (B - C)}, & w \geq C \end{cases} \quad (G.061)$$

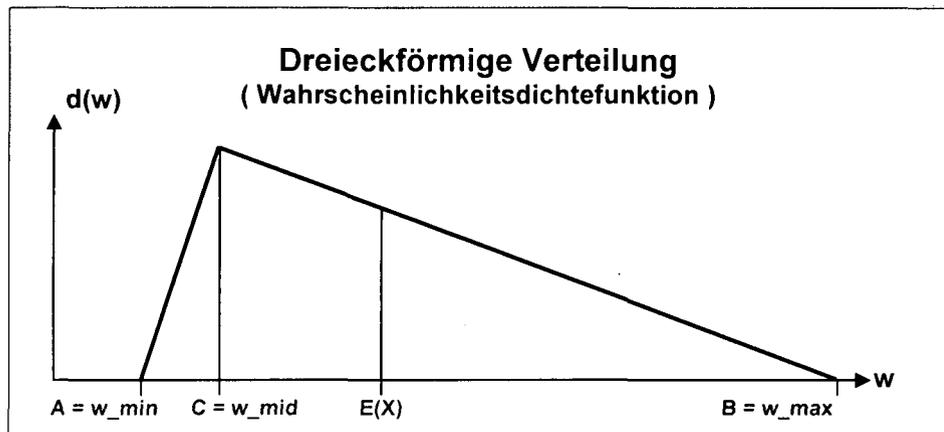


Abbildung G-14 – Dreieckförmige Verteilung

b) Statistische Eigenschaften

$$E(X) = \frac{A + B + C}{3} \quad (\text{G.062})$$

$$\sigma^2(X) = \frac{A^2 + B^2 + C^2 - A \cdot B - A \cdot C - B \cdot C}{18} \quad (\text{G.063})$$

$$\gamma(X) = \frac{1}{270 \cdot |\sigma^3(X)|} \cdot (A + B - 2C) \cdot (2A - B - C) \cdot (A - 2B + C) \quad (\text{G.064})$$

$$\kappa(X) = -0,6 \quad (\text{G.065})$$

G.5.3. Beta – Verteilung (4 voneinander unabhängige Parameter)a) Parameter & Darstellung

- A** **1. Lageparameter**
 „w_min“, „Minimalwert der variablen Größe“, „untere Grenze“
- B** **2. Lageparameter**
 „w_max“, „Maximalwert der variablen Größe“, „obere Grenze“
- B – A** **Skalierungsparameter**
 „w_max – w_min“, „Bandbreite der variablen Größe“
- α** **1. Formparameter**, wobei $\alpha > 0$
- β** **2. Formparameter**, wobei $\beta > 0$
- Γ(x)** **Gamma-Funktion**¹ (Hilfsgröße zur Beschreibung der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion)

¹ Vgl. Scheid, 2000, S. 197f

$$\Gamma(x) = \int_{t=0}^{\infty} t^{x-1} \cdot e^{-t} dt, \text{ wobei } x > 0$$

d(w) **Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion**

Funktion des Werts w der variablen Größe X, wobei $A \leq w \leq B$

$$d(w) = \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha) \cdot \Gamma(\beta)} \cdot \frac{(w - A)^{\alpha-1} \cdot (B - w)^{\beta-1}}{(B - A)^{\alpha+\beta-1}} \quad (\text{G.066})$$

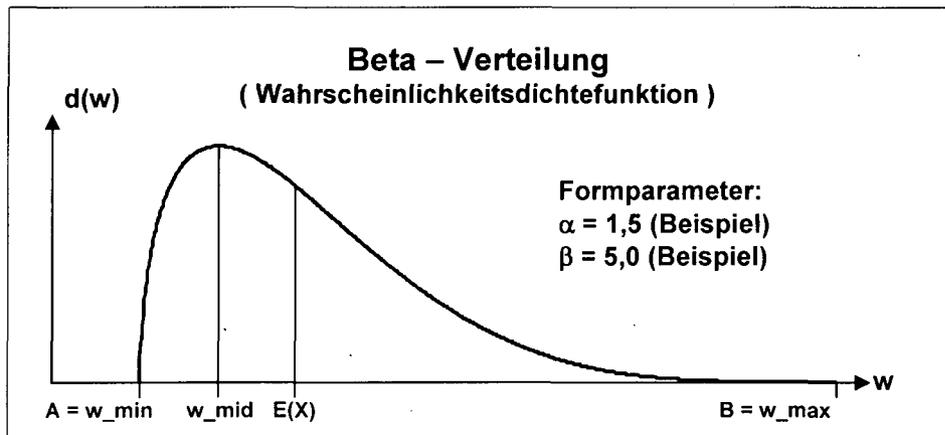


Abbildung G-15 – Beta-Verteilung

b) Statistische Eigenschaften

$$E(X) = \frac{A \cdot \beta + B \cdot \alpha}{\alpha + \beta} \quad (\text{G.067})$$

$$\sigma^2(X) = \frac{\alpha \cdot \beta \cdot (B - A)^2}{(\alpha + \beta + 1) \cdot (\alpha + \beta)^2} \quad (\text{G.068})$$

$$\gamma(X) = \frac{2 \cdot \alpha \cdot \beta \cdot (\beta - \alpha)}{(\alpha + \beta)^3 \cdot (\alpha + \beta + 1) \cdot (\alpha + \beta + 2)} \cdot \left[\frac{(\alpha + \beta)^2 \cdot (\alpha + \beta + 1)}{\alpha \cdot \beta} \right]^{\frac{3}{2}} \quad (\text{G.069})$$

$$\kappa(X) = 3 \cdot \left\{ \frac{[\alpha^2 \cdot (\beta + 2) + 2 \cdot \beta^2 + \alpha \cdot \beta \cdot (\beta - 2)] \cdot (\alpha + \beta + 1)}{\alpha \cdot \beta \cdot (\alpha + \beta + 2) \cdot (\alpha + \beta + 3)} - 1 \right\} \quad (\text{G.070})$$

$$w_{\text{mid}} = \frac{A \cdot (\beta - 1) + B \cdot (\alpha - 1)}{\alpha + \beta - 2}, \text{ sofern nicht } \alpha = \beta = 1 \text{ gilt.} \quad (\text{G.071})$$

(Anm.: Bei $\alpha = \beta = 1$ ergibt sich eine gleichmäßige Verteilung. Ein wahrscheinlichster Wert w_{mid} existiert in diesem Fall nicht.)

Im Fall identischer Formparameter ($\alpha = \beta$) ist die Beta-Verteilung symmetrisch und die Beziehungen (G.067) bis (G.071) können wie folgt vereinfacht werden.

$$E(X) = \frac{A+B}{2} \quad (\text{G.072})$$

$$\sigma^2(X) = \frac{(B-A)^2}{8 \cdot \alpha + 4} \quad (\text{G.073})$$

$$\gamma(X) = 0 \quad (\text{G.074})$$

$$\kappa(X) = -\frac{6}{2 \cdot \alpha + 3} \quad (\text{G.075})$$

$$w_{\text{mid}} = \frac{A+B}{2} = E(X), \text{ sofern nicht } \alpha = \beta = 1 \text{ gilt.} \quad (\text{G.076})$$

(Anm.: Bei $\alpha = \beta = 1$ ergibt sich eine gleichmäßige Verteilung. Ein wahrscheinlichster Wert w_{mid} existiert in diesem Fall nicht.)

Tabelle G-6 – Kurtosis einer symmetrischen Beta - verteilten variablen Größe

$\alpha = \beta$	$\kappa(X)$	Anmerkung
1,0	-1,20000	gleichmäßige Verteilung
2,0	-0,85714	glockenförmige Verteilung
3,0	-0,66667	
4,0	-0,54545	
5,0	-0,46154	
6,0	-0,40000	
7,0	-0,35294	
8,0	-0,31579	
9,0	-0,28571	
10,0	-0,26087	
11,0	-0,24000	
12,0	-0,22222	
13,0	-0,20690	
14,0	-0,19355	
15,0	-0,18182	
16,0	-0,17143	
17,0	-0,16216	
18,0	-0,15385	
19,0	-0,14634	
20,0	-0,13953	
30,0	-0,09524	
40,0	-0,07229	
50,0	-0,05825	
60,0	-0,04878	
70,0	-0,04196	
80,0	-0,03681	
90,0	-0,03279	
100,0	-0,02956	
1000,0	-0,00300	
∞	0	Kurtosis der Normalverteilung

H. Technik

H.1. Vorschlag zur Extrapolation von Ausgaben in die Zukunft

H.1.1. Zuordnung von Extrapolationsfaktortypen

Im Rahmen des Rechenmodells wird – sofern nicht im Anwendungsfall genauere Informationen vorliegen – pro Ausgabenbereich¹ des Lebenszyklusausgabenkataloges ein Extrapolationsfaktortyp (EF-Typ) angegeben, der für alle Berechnungen im Zusammenhang mit der Extrapolation der Ausgaben dieses Ausgabenbereiches herangezogen wird. Insgesamt werden vier EF-Typen (I, II, III, IV) unterschieden.

Tabelle H-1 – Zuordnung der Typen von Extrapolationsfaktoren (EF - Typen)

Lebenszyklusausgabenkatalog		EF-Typ
I. Objektentwicklungsausgaben		
	I.0 Machbarkeitsuntersuchung	III
	I.1 Entwicklungskonzept	III
	I.2 Realisierungsbedingungen	III
	I.3 Sonstige Ausgaben	III
	I.4 Finanzierungsausgaben für die Objektentwicklung	-----
II. Objekterrichtungsausgaben		
	II.0 Grund	I
	II.1 Aufschließung	IV
	II.2 Bauwerk - Rohbau	IV
	II.3 Bauwerk - Technik	IV
	II.4 Bauwerk - Ausbau	IV
	II.5 Einrichtung	IV
	II.6 Außenanlagen	IV
	II.7 Honorare	IV
	II.8 Nebenkosten	IV
	II.9 Reserven	IV
	II.10 Finanzierungsausgaben für die Objekterrichtung	-----
III. Objektnutzungsausgaben		
	III.0 Steuern und Abgaben	I
	III.1 Verwaltung	III
	III.2 Ver- und Entsorgung	II
	III.3 Reinigung und Pflege	III
	III.4 Aufsichtsdienste und Bedienung technischer Anlagen	III
	III.5 Instandhaltung	IV
	III.6 Instandsetzung	IV
	III.7 Sonstige Ausgaben	I
	III.8 Finanzierungsausgaben für die Objektnutzung	-----
IV. Objektbeseitigungsausgaben		
	IV.0 Vorbereitung	I
	IV.1 Abbruch	IV
	IV.2 Entsorgung und Verwertung	II
	IV.3 Sonstige Ausgaben	I
	IV.4 Finanzierungsausgaben für die Objektbeseitigung	-----

¹ Anm.: Bei den Finanzierungsausgaben ergibt sich nicht die Notwendigkeit einer Extrapolation, da diese anhand der übrigen Ausgabenbereiche der zugehörigen Lebenszyklusphase ermittelt werden.

H.1.2. Eigenschaften der Extrapolationsfaktortypen

Die Eigenschaften der angeführten Extrapolationsfaktortypen wurden unter der Annahme abgeleitet, dass bei der Ermittlung der Lebenszyklusausgaben österreichische Verhältnisse anzuwenden sind. Da die Richtigkeit der präsentierten Eigenschaften aufgrund des subjektiven Charakters der Wahrscheinlichkeit an sich nicht bewiesen, sondern höchstens anhand der in Zukunft auftretenden Ereignisse falsifiziert werden kann, sind die vorgestellten Typen von Extrapolationsfaktoren lediglich als Vorschlag zu klassifizieren.

a) Typ I – Anlehnung an Eigenschaften von Verbraucherpreisindizes

In Anlehnung an die statistischen Eigenschaften der von STATISTIK Austria veröffentlichten Verbraucherpreisindizes¹ sowie der von der Europäischen Zentralbank (EZB) beschlossenen Definition von Preisstabilität² wird die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion des Extrapolationsfaktortyps I (EF_1) in Form einer Beta – Verteilung mit folgenden Eigenschaften festgelegt.³

Tabelle H-2 – Eigenschaften der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion von EF_1

Parameter	Wert	Anmerkung
w_min	0,995	Ausgabenverminderung von 0,5% p.a.
w_mid	1,015	Ausgabensteigerung von 1,5% p.a.
E(X)	1,020	Ausgabensteigerung von 2,0% p.a.
w_max	1,095	Ausgabensteigerung von 9,5% p.a.
α	3,0	gemäß Gleichung (3.038)
β	9,0	gemäß Gleichung (3.039)

Beispiel:

Ausgaben des Ausgabenbereichs „II.0 – Grund“ sind für den Zeitpunkt „ $i_A - 1 = 0$ “ bekannt (nominelle Ausgaben: K_{iA}), treten aber erst zum Zeitpunkt „ $i - 1 = 3$ “ auf, wobei die in der Zwischenzeit auftretenden Ausgabenveränderungen zu berücksichtigen sind. Die Berechnung erfolgt gemäß Gleichung (H.001), wobei allen Extrapolationsfaktoren (EF_1 bis EF_3) jene Eigenschaften zugewiesen werden, die EF_1 besitzt.

$$K_i = K_{iA} \cdot \prod_{t=i_A}^{i-1} EF_t = K_1 \cdot EF_1 \cdot EF_2 \cdot EF_3 \quad (\text{H.001})$$

Wesentlich ist hierbei, dass die Extrapolationsfaktoren EF_1 bis EF_3 zwar idente Eigenschaften aufweisen, aber dass es sich dennoch um unterschiedliche, voneinander unabhängige Größen handelt. Es wäre daher beispielsweise falsch, in der Beziehung (H.001) den Ausdruck „ $EF_1 \cdot EF_2 \cdot EF_3$ “ durch „ EF_1^3 “ zu ersetzen.

¹ Informationen online im WWW unter URL <http://www.wk.or.at/fvbi> bzw. <http://www.statistik.at> [Stand: 19.09.2002]; Vgl. Statistik Austria, 2001, S. 213ff ; Vgl. Immobilienhandbuch, 2001, Band 3, Kapitel „Indices und statistische Daten“

² Vgl. Europäische Zentralbank, 2002, S. 180 und S. 231

³ siehe auch Anhang G.5.3 zur Beschreibung der Beta – Verteilung

b) Typ II – Anlehnung an Eigenschaften von Energiepreisindizes

Anhand von Datenaufbereitungen der österreichischen Energieverwertungsagentur¹ ist festgestellt worden, dass die Entwicklung der Energiepreise langfristig (z.B. über 20 Jahre) der Entwicklung der Verbraucherpreise entspricht. Kurzfristig treten jedoch mitunter starke Unterschiede zwischen dem Energiepreisindex und dem Verbraucherpreisindex auf.

Die Extrapolation von Ausgaben, bei denen eine Entwicklung in Anlehnung an den Energiepreisindex erwartet wird, erfolgt wie bei Punkt H.1.2a. Durch anschließende Multiplikation mit dem Extrapolationsfaktortyp II (EF_{II}) wird die Variabilität des Ergebnisses bei Erhaltung des Erwartungswertes vergrößert.

Tabelle H-3 - Eigenschaften der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion von EF_{II}

Parameter	Wert	Anmerkung
w_min	0,850	symmetrische Beta-Verteilung mit einer Bandbreite von 30% ($\pm 15\%$)
w_mid	1,000	
E(X)	1,000	
w_max	1,150	
α	10,0	
β	10,0	

Beispiel:

Ausgaben des Ausgabenbereichs „III.2 – Ver- und Entsorgung“ sind für den Zeitpunkt „ $i_A - 1 = 0$ “ bekannt (nominelle Ausgaben: K_{iA}), treten aber erst zum Zeitpunkt „ $i - 1 = 3$ “ auf, wobei die in der Zwischenzeit auftretenden Ausgabenveränderungen zu berücksichtigen sind. Die Berechnung erfolgt gemäß Gleichung (H.002), wobei den Extrapolationsfaktoren EF_1 bis EF_3 jene Eigenschaften zugewiesen werden, die EF_I besitzt.

$$K_i = K_{iA} \cdot \left(\prod_{t=i_A}^{i-1} EF_t \right) \cdot EF_{II} = K_1 \cdot (EF_1 \cdot EF_2 \cdot EF_3) \cdot EF_{II} \quad (H.002)$$

c) Typ III – Anlehnung an Eigenschaften von Tariflohnindizes

In Anlehnung an die statistischen Eigenschaften von österreichischen Tariflohnindizes², die in der Regel ein stärkeres Wachstum als Verbraucherpreisindizes aufweisen, wird der Extrapolationsfaktortyp III (EF_{III}) in Form einer variablen Größe mit Betaverteilter Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion festgelegt.

EF_{III} besitzt im Grunde dieselben Eigenschaften wie der an Verbrauchpreisindizes angelehnte EF_I , jedoch mit dem Unterschied, dass die Werteskala absolut um einen Prozentpunkt nach oben verschoben ist.

¹ Informationen online im WWW unter URL <http://www.eva.wsr.ac.at> [Stand: 26.8.2002]

² Vgl. Raunikar / Schabus, 2002: Kapitel „Indizes Österreich“

Tabelle H-4 – Eigenschaften der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion von EF_{III}

Parameter	Wert	Anmerkung
w_min	1,005	Ausgabensteigerung von 0,5% p.a.
w_mid	1,025	Ausgabensteigerung von 2,5% p.a.
E(X)	1,030	Ausgabensteigerung von 3,0% p.a.
w_max	1,105	Ausgabensteigerung von 10,5% p.a.
α	3,0	gemäß Gleichung (3.038)
β	9,0	gemäß Gleichung (3.039)

Beispiel:

Ausgaben des Ausgabenbereichs „III.3 – Reinigung und Pflege“ sind für den Zeitpunkt „ $i_A - 1 = 0$ “ bekannt (nominelle Ausgaben: K_{iA}), treten aber erst zum Zeitpunkt „ $i - 1 = 3$ “ auf, wobei die in der Zwischenzeit auftretenden Ausgabenveränderungen zu berücksichtigen sind. Die Berechnung erfolgt gemäß Gleichung (H.001), wobei allen Extrapolationsfaktoren (EF_1 bis EF_3) jene Eigenschaften zugewiesen werden, die EF_{III} besitzt.

d) Typ IV – Anlehnung an Eigenschaften von Baukostenindizes

Die Festlegung des Extrapolationsfaktortyps IV (EF_{IV}) erfolgt unter Berücksichtigung der statistischen Eigenschaften österreichischer Baukostenindizes¹ für den Hochbau, die einerseits eine hohe Variabilität und andererseits eine enge Beziehung zur Entwicklung der Lohnkosten aufweisen. EF_{IV} wird in Form einer variablen Größe mit Beta-verteilter Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion dargestellt. Erwartungswert und wahrscheinlichster Wert entsprechen den Angaben bei EF_{III} .

Tabelle H-5 – Eigenschaften der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion von EF_{IV}

Parameter	Wert	Anmerkung
w_min	0,950	Ausgabenverminderung von 5,0% p.a.
w_mid	1,025	Ausgabensteigerung von 2,5% p.a.
E(X)	1,030	Ausgabensteigerung von 3,0% p.a.
w_max	1,200	Ausgabensteigerung von 20,0% p.a.
α	6,4	gemäß Gleichung (3.038)
β	13,6	gemäß Gleichung (3.039)

Beispiel:

Ausgaben des Ausgabenbereichs „III.5 – Instandhaltung“ sind für den Zeitpunkt „ $i_A - 1 = 0$ “ bekannt (nominelle Ausgaben: K_{iA}), treten aber erst zum Zeitpunkt „ $i - 1 = 3$ “ auf, wobei die in der Zwischenzeit auftretenden Ausgabenveränderungen zu berücksichtigen sind. Die Berechnung erfolgt gemäß Gleichung (H.001), wobei allen Extrapolationsfaktoren (EF_1 bis EF_3) jene Eigenschaften zugewiesen werden, die EF_{IV} besitzt.

¹ Vgl. Raunikar / Schabus, 2002: Kapitel „Indizes Österreich“

H.2. Ableitung des Korrekturfaktors KF_1

Wie im Kapitel 3.5.2d angeführt, dient der Korrekturfaktor KF_1 zur Berücksichtigung der Einflüsse aufgrund der Variabilität des Auftrittszeitraums von Ausgaben. Für die Ableitung von KF_1 werden alle möglichen Auftrittszeiträume untersucht und zusammengefasst. Es gelten die bereits unter Punkt 3.5.2d angeführten Definitionen.

Tabelle H-6 - Möglichkeit des Auftretens von Ausgaben in unterschiedlichen Zeiträumen

Möglichkeit	Zeitraum des Auftretens	Nominelle Ausgaben	Faktor zur Abzinsung auf den Zeitraum i_{\min}	Wahrscheinlichkeit des Ereignisses
1	i_{\min}	$K_{i_{\min}}$	q_p^0	$P(i = i_{\min})$
2	$i_{\min}+1$	$K_{i_{\min}+1}$	q_p^{-1}	$P(i = i_{\min}+1)$
3	$i_{\min}+2$	$K_{i_{\min}+2}$	q_p^{-2}	$P(i = i_{\min}+2)$
m	$i_{\min}+m-1$	$K_{i_{\min}+m-1}$	q_p^{-m+1}	$P(i = i_{\min}+m-1)$
$i_{\max}-i_{\min}+1$	i_{\max}	$K_{i_{\max}}$	$q_p^{-i_{\max}+i_{\min}}$	$P(i = i_{\max})$

Wenn die nominellen Ausgaben gemäß Gleichung (3.040) unter Berücksichtigung des im Kapitel H.1 angeführten Vorschlages zur Verwendung von Extrapolationsfaktoren ermittelt werden, ergeben sich gemäß (H.001) bzw. (H.002) folgende Beziehungen.

$$K_{i_{\min}} = K_{i_A} \cdot \prod_{t=i_A}^{i_{\min}-1} EF_t \quad \text{bzw.} \quad K_{i_{\min}} = K_{i_A} \cdot \left(\prod_{t=i_A}^{i_{\min}-1} EF_t \right) \cdot EF_{II} \quad (\text{H.003})$$

$$K_{i_{\min}+m-1} = K_{i_A} \cdot \prod_{t=i_A}^{i_{\min}+m-2} EF_t \quad \text{bzw.} \quad K_{i_{\min}+m-1} = K_{i_A} \cdot \left(\prod_{t=i_A}^{i_{\min}+m-2} EF_t \right) \cdot EF_{II} \quad (\text{H.004})$$

$$K_{i_{\min}+m-1} = K_{i_{\min}} \cdot \prod_{t=i_{\min}}^{i_{\min}+m-2} EF_t \quad (\text{H.005})$$

Durch Erweiterung von (H.005) um den zugehörigen Abzinsungsfaktor erhält man den auf den Zeitraum i_{\min} bezogenen „Barwert“ der Ausgaben $K(i_{\min})_{i_{\min}+m-1}$, der mit einer Wahrscheinlichkeit von $P(i = i_{\min}+m-1)$ auftritt.

$$K(i_{\min})_{i_{\min}+m-1} = K_{i_{\min}} \cdot \left(\prod_{t=i_{\min}}^{i_{\min}+m-2} EF_t \right) \cdot q_p^{-m+1} = K_{i_{\min}} \cdot KF_{1,m} \quad (\text{H.006})$$

$$\text{mit} \quad KF_{1,m} = 1 \quad \text{falls} \quad m = 1 \quad (\text{H.007})$$

$$KF_{1,m} = \left(\prod_{t=i_{\min}}^{i_{\min}+m-2} EF_t \right) \cdot q_p^{-m+1} \quad \text{falls} \quad 2 \leq m \leq i_{\max} - i_{\min} + 1 \quad (\text{H.008})$$

Da die Ausgaben nur in einem von den insgesamt „ $i_{\max} - i_{\min} + 1$ “ möglichen Zeiträumen auftreten können, stehen die einzelnen, auf den Zeitraum „ i_{\min} “ bezogenen Barwerte in einer XOR-Beziehung zueinander.

Unter Berücksichtigung des im Kapitel G.2.4 angeführten Rechenablaufes für XOR-Beziehungen folgen daher die in den Lebenszyklusausgabenkatalog einzutragenden Ausgaben $K_{\text{Eintrag}, i_{\min}}$ – und zwar durch

- Anwendung von (H.006) für alle möglichen Zeiträume, wobei $K_{i_{\min}}$ herausgehoben werden kann,
- Skalierung der Beiträge zur Wahrscheinlichkeit aller finiten Elemente mit der jeweils zugehörigen Wahrscheinlichkeit (symbolisiert durch \otimes) und
- Auflistung aller finiten Elemente in einer Tabelle (symbolisiert durch $\langle \rangle$).

$$K_{\text{Eintrag}, i_{\min}} = K_{i_{\min}} \cdot \left\langle \begin{array}{c} KF_{1,1} \otimes P(i = i_{\min}) \\ KF_{1,2} \otimes P(i = i_{\min} + 1) \\ KF_{1,3} \otimes P(i = i_{\min} + 2) \\ \vdots \\ KF_{1,m} \otimes P(i = i_{\min} + m - 1) \\ \vdots \\ KF_{1, i_{\max} - i_{\min} + 1} \otimes P(i = i_{\max}) \end{array} \right\rangle \quad (\text{H.009})$$

Der durch Klammern $\langle \rangle$ gekennzeichnete Term in (H.009) stellt eine variable Größe dar und wird als Korrekturfaktor KF_1 definiert.

$$KF_1 = \left\langle \begin{array}{c} KF_{1,1} \otimes P(i = i_{\min}) \\ KF_{1,2} \otimes P(i = i_{\min} + 1) \\ KF_{1,3} \otimes P(i = i_{\min} + 2) \\ \vdots \\ KF_{1,m} \otimes P(i = i_{\min} + m - 1) \\ \vdots \\ KF_{1, i_{\max} - i_{\min} + 1} \otimes P(i = i_{\max}) \end{array} \right\rangle \quad (\text{H.010})$$

$$K_{\text{Eintrag}, i_{\min}} = K_{i_{\min}} \cdot KF_1 \quad (\text{H.011})$$

I. Fallbeispiele

I.1. Fallbeispiel 1 (31.12.1999, Determinismus)

I.1.1. Definition von Zeitpunkten und Zeiträumen

Die für das vorliegende Fallbeispiel gewählte Zuordnung von Zeiträumen und Zeitpunkten ist in nachstehender Tabelle angeführt.

- **Ausgaben** werden dem Zeitraum ihres Auftretens entsprechend in den Lebenszyklusausgabenkatalog eingetragen. Gemäß Punkt 3.2.2. führen sie bereits zu Beginn dieses Zeitraums (d.h. zu einem Zeitpunkt) zu einer Auszahlung vom Objektkonto.
- **Einnahmen** werden dem Zeitraum ihres Auftretens entsprechend in den Lebenszykluseinnahmenkatalog eingetragen. Gemäß Punkt 3.2.2. führen sie erst am Ende dieses Zeitraums (d.h. zu einem Zeitpunkt) zu einer Einzahlung auf das Objektkonto. Eine Sonderstellung nimmt hierbei eine Einzahlung zum Zeitpunkt „0,Start“ ein, für die kein Zeitraum definiert ist.

Tabelle I-1 – Zuordnung von Zeiträumen und Zeitpunkten

Zeitpunkt		Zeitraum	
Kurzbezeichnung	Datum	Kurzbezeichnung	Jahr
0,Start	31.12.1998	-----	-----
0	1.1.1999	1	1999
1	1.1.2000	2	2000
2	1.1.2001	3	2001
3	1.1.2002	4	2002
4	1.1.2003	5	2003
5	1.1.2004
...	...	69	2067
69	1.1.2068	70	2068
70	1.1.2069	71	2069

Der Objektkontostand bezieht sich stets auf einen Zeitpunkt.

Angaben im Lebenszyklusausgabenkatalog bzw. Lebenszykluseinnahmenkatalog beziehen sich stets auf einen Zeitraum.

I.1.2. Informationen zu Objektentwicklungsausgaben / Annahmen

Im Jahre 1998 wird eine Machbarkeitsstudie zur Errichtung und zum Betrieb eines Technologieparks am Winterhafen in Linz (Oberösterreich) erstellt, wofür bereits erste Vorentwürfe eines Architekten vorliegen.¹ Die Entscheidung zur Realisierung dieses Technologieparks, in dem sich aufgrund politischer Vorgaben nur Unternehmen einschlägiger Branchen einmieten dürfen (Informations- und Kommunikationstechnologie, Regelungs- und Steuerungstechnik, Mikroelektronik, Mechatronik usw.) fällt im Jahre 1999.

Bekannte Ausgaben für die Objektentwicklung (nominelle Werte):²

I. Objektentwicklungsausgaben	1999	121.364 EUR
-------------------------------	------	-------------

I.1.3. Informationen zu Objekterrichtungs Ausgaben / Annahmen

Die für die Realisierung des Projektes erforderlichen Grundstücke werden durch ein langfristiges Bestandrecht (2000 bis 2069) vertraglich sichergestellt. Für die Abwicklung der Errichtung wird ein Generalplaner eingesetzt.

Die vorhandenen Projektinformationen ergeben sich im Wesentlichen aus dem architektonischen Vorentwurf sowie der Erfahrung bzw. den Kostenansätzen des mit der Generalplanung betrauten Unternehmens:

- Technologiepark bestehend aus: Büroräumlichkeiten, Veranstaltungszentrum, Gastronomiebereich, Lagerzone, Tiefgarage
- Stahlbetonskelettbau mit vollflächiger Glasfassade (ca. 12.400 m² Glasfläche)
- 2 Bauteile mit je 7 Geschossen (EG – 6.OG) sowie ein Bauteil mit 2 Geschossen (EG – 1. OG): Bruttogeschoßfläche = 16.737 m²
- 2 Tiefgaragen (1-geschoßig, 224 Stellplätze): Bruttogeschoßfläche = 7.515 m²
- Teilklimatisierung (Heizung, Kühlung, Lüftung; keine Be-/Entfeuchtung)
- Geplanter Baubeginn: Frühjahr 2000, geplantes Bauende: Frühjahr 2002

Bekannte Ausgaben für die Objekterrichtung (nominelle Werte):

II.0 – Grund

II.0B Grunderwerb (Bestandrecht)	2001	20.254 EUR
	2002	40.506 EUR
	2003	60.759 EUR
	2004	81.012 EUR
	ab 2005	Vorjahresbetrag + 2,4%
II.0C Erwerbsnebenkosten	1999	72.673 EUR

II.1 – Aufschließung

II.1A Allgemeine Maßnahmen (Ablöse der vorhandenen Aufschließung)	1999	308.860 EUR
--	------	-------------

¹ WEG, 1998, S. 1ff

² Anm.: Sämtliche Beträge werden auf 1 Euro gerundet angegeben.

Angenommene Ausgaben für die Objektterrichtung (nominelle Werte):¹

II.1 – Aufschließung		
II.1C Erschließungen	2000	363.364 EUR
II.1D Spezielle Maßnahmen (Kontaminiertes Erdreich)	2000	145.346 EUR
II.2 – Bauwerk Rohbau	2000	5.301.480 EUR
	2001	2.730.262 EUR
	2002	937.390 EUR
II.3 – Bauwerk Technik	2000	1.178.107 EUR
	2001	4.247.074 EUR
	2002	624.927 EUR
II.4 – Bauwerk Ausbau	2001	4.550.437 EUR
	2002	520.772 EUR
II.5 – Einrichtung	2001	336.839 EUR
	2002	38.549 EUR
II.6 – Außenanlagen	2001	130.993 EUR
	2002	134.923 EUR
II.7 – Honorare	2000	1.108.918 EUR
	2001	1.142.186 EUR
	2002	261.434 EUR
II.8 – Nebenkosten	2000	26.162 EUR
	2001	26.947 EUR
	2002	6.168 EUR
II.9 – Reserven	2002	261.986 EUR

I.1.4. Informationen zu Objektnutzungsausgaben / Annahmen

Da per 31.12.1999 keine näheren, projektspezifischen Informationen zu den ab 2002 auftretenden Objektnutzungsausgaben vorliegen, wird auf eine Untersuchung deutscher Bürogebäude von Jones Lang LaSalle aus dem Jahre 1999 zurückgegriffen.²

Da die in dieser Untersuchung verwendeten Begriffe nicht mit der Terminologie des Lebenszyklusausgabenkataloges (LZAK) übereinstimmen, muss zunächst eine Begriffszuordnung durchgeführt werden. Sodann werden die in der Studie für teilklimatisierte Bürogebäude angegebenen Durchschnittswerte (in DM pro m² Nutzfläche und Monat) für die Ermittlung der Objektnutzungsausgaben herangezogen. Ausgehend von der per 31.12.1999 bekannten Bruttogeschoßfläche von 16.737 m² wird hierbei von einer Nutzfläche von 13.400 m² ausgegangen.

¹ Anm.: Die Beträge wurden per 1.1.2000 noch in ATS geschätzt, werden hier jedoch einheitlich in EUR angegeben, wodurch sich „unrunde“ Werte ergeben. Für Ausgaben, die nach dem Jahr 2000 auftreten, wird eine Indexsteigerung von 3,0% p.a. einkalkuliert.

² Vgl. Jones Lang LaSalle, 1999, S. 3

Tabelle I-2 – Begriffe der „Büroebenenkostenanalyse 1999“ von Jones Lang LaSalle

Bezeichnung gemäß Jones Lang LaSalle	Zuordnung im Lebenszyklusausgabenkatalog
Öffentliche Abgaben	III.0 Steuern und Abgaben
Versicherung	III.7 Sonstige Ausgaben
Wartung	III.5 Instandhaltung
Strom	III.2 Ver- und Entsorgung
Heizung	III.2 Ver- und Entsorgung
Wasser, Kanal	III.2 Ver- und Entsorgung
Reinigung	III.3 Reinigung und Pflege
Bewachung	III.4 Aufsichtsdienste u. Bedienung techn. Anlagen
Verwaltung	III.1 Verwaltung
Hausmeister	III.4 Aufsichtsdienste u. Bedienung techn. Anlagen
Sonstiges	III.7 Sonstige Ausgaben

Tabelle I-3 – Aus der „Büroebenenkostenanalyse 1999“ abgeleitete Ausgaben

Ausgabenbereiche der Objektnutzungsausgaben	Ausgaben [EUR] (nominelle Werte für 1999)
III.0 Steuern und Abgaben	92.904,-- p.a.
III.1 Verwaltung	71.528,-- p.a.
III.2 Ver- und Entsorgung	120.857,-- p.a.
III.3 Reinigung und Pflege	44.396,-- p.a.
III.4 Aufsichtsdienste u. Bedienung technischer Anlagen	83.038,-- p.a.
III.5 Instandhaltung	54.262,-- p.a.
III.6 Instandsetzung	lt. Instandsetzungsplan
III.7 Sonstige Ausgaben	41.108,-- p.a.

Die Objektnutzungsausgaben für die Tiefgarage sind in obiger Tabelle nicht enthalten und werden mit EUR 21,8 pro Stellplatz und Monat, d.h. in Summe EUR 58.598 p.a. (nomineller Wert für 1999) angenommen. Da eine genauere Untergliederung fehlt, werden sie dem Ausgabenbereich „III.7 Sonstige Ausgaben“ zugerechnet.

Die Extrapolation der Objektnutzungsausgaben in die Zukunft erfolgt in Anlehnung an Kapitel H.1 mithilfe des Erwartungswertes der Ausgabensteigerung. Die Objektnutzungsdauer wird mit 67 Jahren (von 2002 bis einschließlich 2068) angenommen.

Tabelle I-4 – Ausgabensteigerung

Ausgabenbereiche der Objektnutzungsausgaben	Ausgabensteigerung
III.0 Steuern und Abgaben	+ 2,0 % p.a.
III.1 Verwaltung	+ 3,0 % p.a.
III.2 Ver- und Entsorgung	+ 2,0 % p.a.
III.3 Reinigung und Pflege	+ 3,0 % p.a.
III.4 Aufsichtsdienste u. Bedienung technischer Anlagen	+ 3,0 % p.a.
III.5 Instandhaltung	+ 3,0 % p.a.
III.6 Instandsetzung	+ 3,0 % p.a.
III.7 Sonstige Ausgaben	+ 2,0 % p.a.

Ausgaben für Instandsetzungsmaßnahmen können aus der angeführten Untersuchung von Jones Lang LaSalle aufgrund der Altersstruktur der analysierten Bürobauten nicht abgeleitet werden, da 72% der Bauten jünger als 20 Jahre und nur 8% älter als 30 Jahre sind.¹

Stattdessen wird in Abhängigkeit von der zu erwartenden Lebensdauer wesentlicher Bauteile des Immobilienobjektes ein Instandsetzungsplan entworfen. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Immobilie im Jahr 2069 nach einer Nutzungsdauer von insgesamt 67 Jahren beseitigt wird.

<u>Instandsetzungsplan</u>	
III.6A Bauwerk – Rohbau	
	Aufgrund der geplanten Nutzungsdauer von 67 Jahren werden im Bereich des Rohbaus keine Instandsetzungsmaßnahmen angesetzt.
III.6B Bauwerk – Technik (inkl. zugehöriger Erschließungen)	
	Es wird eine mittlere Lebensdauer der technischen Anlagen von 30 bis 40 Jahren angenommen. Vom Jahr 2032 bis einschließlich 2041 werden daher Ausgaben für Instandsetzungsmaßnahmen angesetzt, wobei davon ausgegangen wird, dass der Gegenwert von 80% der für die Errichtung erforderlichen Ausgaben für die Instandsetzung aufgewendet werden muss.
	Summe der Objekterrichtungsausgaben für „Bauwerk – Technik“ bei Bezug auf das Jahr 2000 gemäß Punkt I.1.2: $1.178.107 + 4.247.074/1,03 + 624.927/1,03^2 = 5.890.533 \text{ EUR}$
	80% der Errichtungsausgaben als relevanter Ausgabenanteil: $5.890.533 \text{ EUR} * 0,80 = 4.712.427 \text{ EUR}$
	Nomineller Wert der Ausgaben im Jahr 2032: $4.712.427 \text{ EUR} / 10 * 1,03^{32} = 1.213.489 \text{ EUR}$
	Die nominellen Werte für die Ausgaben in den Jahren 2033 bis 2041 werden aus dem Vorjahresbetrag unter Berücksichtigung der Indexsteigerung (+ 3,0 % p.a.) berechnet.
III.6C Bauwerk – Ausbau	
	<u>Innenbereich:</u> Zur Berücksichtigung von Adaptionen im Bereich des Innenausbaus (vgl. Mieterwechsel) wird alle 5 Jahre eine Instandsetzungsmaßnahme für 5% der 13.400 m ² Nutzfläche des Objektes im Wert von 140 EUR/m ² (nominaler Betrag im Jahr 1999) angesetzt.
	Nomineller Wert der Ausgaben im Jahr 2007: $13.400 \text{ m}^2 * 0,05 * 140 \text{ EUR} / \text{m}^2 * 1,03^8 = 118.823 \text{ EUR}$
	Die nominellen Werte für die Ausgaben in den Jahren 2012, 2017 usw. bis 2062 werden unter Berücksichtigung der Indexsteigerung (+ 3,0 % p.a.) berechnet. 2067 wird in Anbetracht der Objektbeseitigung per 2069 keine Instandsetzung mehr durchgeführt.

¹ Vgl. Jones Lang LaSalle, 1999, S. 2

Außenbereich:

Im Außenbereich wird als einzige Instandsetzungsmaßnahme eine großflächige Sanierung des Flachdaches im Jahr 2035, d.h. ca. bei der Hälfte der Nutzungsdauer eingeplant. In Anbetracht der Größe des Flachdaches (rd. 3.000 m²) werden für diese Maßnahme 420.000 EUR (nomineller Betrag im Jahr 1999) angesetzt.

Nomineller Wert der Ausgaben im Jahr 2035:

$$420.000 \text{ EUR} * 1,03^{36} = 1.217.277 \text{ EUR}$$

III.6D Einrichtung

In Anlehnung an die steuerrechtliche Abschreibungsdauer wird davon ausgegangen, dass die Einrichtung alle 10 Jahre erneuert wird, d.h. erstmals im Jahre 2012. Es wird davon ausgegangen, dass der Gegenwert von 80% der für die Errichtung erforderlichen Ausgaben für die Instandsetzung aufgewendet werden muss (vgl. Verwendung von Einrichtungsgegenständen über 10 Jahre hinaus).

Summe der Objekterrichtungsausgaben für „Einrichtung“ bei Bezug auf das Jahr 2001 gemäß Punkt I.1.2:

$$336.839 + 38.549/1,03 = 374.265 \text{ EUR}$$

80% der Errichtungsausgaben als relevanter Ausgabenanteil:

$$374.265 \text{ EUR} * 0,80 = 299.412 \text{ EUR}$$

Nomineller Wert der Ausgaben im Jahr 2012:

$$299.412 \text{ EUR} * 1,03^{11} = 414.456 \text{ EUR}$$

Die nominellen Werte für die Ausgaben in den Jahren 2022, 2032 usw. bis 2062 werden unter Berücksichtigung der Indexsteigerung (+ 3,0 % p.a.) berechnet.

III.6E Außenanlagen

Die geplante Instandsetzung der Außenanlagen erfolgt analog zum Bereich der Einrichtung alle 10 Jahre, wobei die erste Instandsetzungsmaßnahme erst im Jahre 2013 angesetzt wird, um eine Häufung von Ausgaben in einem Jahr zu vermeiden.

Summe der Objekterrichtungsausgaben für „Außenanlagen“ bei Bezug auf das Jahr 2001 gemäß Punkt I.1.2:

$$130.993 + 134.923/1,03 = 261.986 \text{ EUR}$$

80% der Errichtungsausgaben als relevanter Ausgabenanteil:

$$261.986 \text{ EUR} * 0,80 = 209.589 \text{ EUR}$$

Nomineller Wert der Ausgaben im Jahr 2013:

$$209.589 \text{ EUR} * 1,03^{12} = 298.824 \text{ EUR}$$

Die nominellen Werte für die Ausgaben in den Jahren 2023, 2033 usw. bis 2063 werden unter Berücksichtigung der Indexsteigerung (+ 3,0 % p.a.) berechnet.

I.1.5. Informationen zu Objektbeseitigungsausgaben / Annahmen

Wie bereits angeführt, wird davon ausgegangen, dass die Immobilie im Jahre 2069 beseitigt wird. Die Ausgaben für die Objektbeseitigung werden auf Basis des zu erwartenden Bauschutt- bzw. Reststoffvolumens abgeschätzt.

Errichtete Bruttogeschoßfläche = $16.737 \text{ m}^2 * 8/7 + 7.515 \text{ m}^2 = 26.643 \text{ m}^2$
 Angenommene durchschnittliche Schuttkörperhöhe (inkl. Wänden usw.) = 0,7 m
 Schuttvolumen = $26.643 * 0,7 = 18.650,1 \text{ m}^3$
 Objektbeseitigungsausgaben pro m^3 Schutt = 40 EUR / m^3
 Objektbeseitigungsausgaben (1999) = $18.650,1 * 40 = 746.004 \text{ EUR}$
 Objektbeseitigungsausgaben (2069) = $746.004 * 1,03^{70} = 5.906.727 \text{ EUR}$

I.1.6. Lebenszykluseinnahmen (Immobilie als Mietobjekt)

Es wird davon ausgegangen, dass Einnahmen – abgesehen von zur Verfügung gestellten Finanzierungsmitteln – lediglich in den Jahren 2002 bis 2068 auftreten. Da per 31.12.1999 noch keine genauen Nutzflächenaufstellungen vorliegen, wird mit Durchschnittswerten bzw. Annahmen gerechnet.

Büroräumlichkeiten und Veranstaltungszentrum:

Vermietbare Nutzfläche (inkl. Gänge, Sanitärräume, ...)	ca. 12.650 m^2
Durchschnittliche Monatsmiete (inkl. Betriebskosten)	ca. 11,62 EUR/ m^2
Einnahmen bei Vollauslastung (nominell im Jahr 2002)	ca. 1.763.916 EUR p.a.

Bei der Berechnung wird eine Auslastung von 70% im Jahr 2002, 85% im Jahr 2003, 90% im Jahr 2004 und 95% ab dem Jahr 2005 sowie eine jährliche Erhöhung der Mieteinnahmen um 2,0% p.a. berücksichtigt.

Gastronomiebereich:

Vermietbare Nutzfläche (inkl. Gänge, Sanitärräume, ...)	ca. 250 m^2
Durchschnittliche Monatsmiete (inkl. Betriebskosten)	ca. 10,17 EUR/ m^2
Einnahmen bei Vollauslastung (nominell im Jahr 2002)	ca. 30.510 EUR p.a.

Bei der Berechnung wird ab 2002 stets von einer durchgehend 100%igen Auslastung ausgegangen, die in den Jahren 2007, 2012, 2017 usw. auf 50% absinkt. Eine jährliche Erhöhung der Mieteinnahmen um 2,0% p.a. wird berücksichtigt.

Lagerzone:

Vermietbare Nutzfläche (inkl. Gänge, ...)	ca. 500 m^2
Durchschnittliche Monatsmiete (inkl. Betriebskosten)	ca. 4,36 EUR/ m^2
Einnahmen bei Vollauslastung (nominell im Jahr 2002)	ca. 26.160 EUR p.a.
(Auslastung und Erhöhung der Mieteinnahmen analog zu den Büroräumlichkeiten)	

PKW-Stellplätze:

Anzahl der vermietbaren Tiefgaragenstellplätze	224 Stk.
Durchschnittliche Monatsmiete (inkl. Betriebskosten)	ca. 87,21 EUR/Stk
Anzahl der vermietbaren Freistellplätze	ca. 86 Stk.
Durchschnittliche Monatsmiete (inkl. Betriebskosten)	ca. 54,50 EUR/Stk
Einnahmen bei Vollauslastung (nominell im Jahr 2002)	ca. 290.664 EUR p.a.
(Auslastung und Erhöhung der Mieteinnahmen analog zu den Büroräumlichkeiten)	

I.1.7. Finanzierung (Immobilie als Mietobjekt)

a) Eigenkapital

Tabelle I-5 – Fallbeispiel 1 - Eigenkapital

Zeitpunkt Einzahlung	Beschreibung	Betrag (nominell)
0,Start (31.12.1998)	Einlage der Gesellschafter I	1.210.003 EUR
1 (01.01.2000)	Einlage der Gesellschafter II	1.464.358 EUR
2 (01.01.2001)	Öffentliche Fördermittel I	2.618.838 EUR
3 (01.01.2002)	Öffentliche Fördermittel II	1.204.407 EUR

Anmerkung: Die betrachtete Immobilie wird im Namen der öffentlichen Hand von einer eigens dafür gegründeten Gesellschaft errichtet. Das Hauptaugenmerk liegt nicht auf der Erzielung von Gewinnen durch die Immobilie. Das eingesetzte Eigenkapital muss daher weder verzinst noch getilgt werden und steht zur Verfügung, ohne Finanzierungsausgaben im Rechenmodell zu verursachen.

Anhand der Untersuchung der Lebenszyklusaufgaben der Immobilie wird deutlich, dass rd. 16 Jahre nach geplanter Baufertigstellung ein temporärer Liquiditätsengpass entsteht. Im Rechenmodell wird angenommen, dass dieser Engpass durch eine Einlage der Gesellschafter in der Höhe von EUR 1.600.000,- per 1.1.2018 überbrückt wird. Dieses Kapital wird per 1.1.2024 unter Berücksichtigung einer Verzinsung von 5,0% p.a. (d.h. nominell EUR 2.144.153,03) wieder an die Gesellschafter ausbezahlt.

b) Fremdkapital

Fremdkapital wird in Form von drei Tilgungsdarlehen mit konstanter Annuität zur Verfügung gestellt, die unterschiedliche Parameter (Bezeichnung gemäß Punkt 3.3.5) aufweisen.

Darlehen A:

D	10.900.925 EUR
i_D	2 (= 1.1.2001)
DA	10.900,93 EUR
s	1,5% p.a. zu den Zeitpunkten 3 (= 1.1.2002) bis 12 (= 1.1.2011) 3,75% p.a. zu den Zeitpunkten 13 (= 1.1.2012) bis 22 (= 1.1.2021)
n_{Tilg}	10 Jahre: vom Zeitpunkt 13 (= 1.1.2012) bis 22 (= 1.1.2021)

Darlehen B:

D	7.100.000 EUR
i_D	1 (= 1.1.2000)
DA	7.100,00 EUR
s	6,0% p.a. zu den Zeitpunkten 2 (= 1.1.2001) bis 23 (= 1.1.2022)
n_{Tilg}	20 Jahre: vom Zeitpunkt 4 (= 1.1.2003) bis 23 (= 1.1.2022)

Darlehen C:

D	3.300.000 EUR
i_D	3 (= 1.1.2002)
DA	3.300,00 EUR
s	5,75% p.a. zu den Zeitpunkten 4 (= 1.1.2003) bis 23 (= 1.1.2022)
n_{Tilg}	20 Jahre: vom Zeitpunkt 4 (= 1.1.2003) bis 23 (= 1.1.2022)

I.1.8. Lebenszyklusaufgaben exkl. Finanzierung

Tabelle I-6 – Wertetabelle zu den Lebenszyklusaufgaben exkl. Finanzierung

Lebenszyklusaufgaben exkl. Finanzierung (LZA exkl. Fin., vgl. Abb. 4-1)		Beitrag der LZA exkl. Fin. zum Objektkonto (vgl. Abb. 4-4)	
Zeitraum	Betrag (nominell)	Zeitpunkt	Betrag (Barwert)
1	502.896,01 €	0	- 502.896,01 €
2	8.123.376,67 €	1	- 8.313.835,12 €
3	13.184.991,24 €	2	- 20.504.100,69 €
4	3.436.012,20 €	3	- 23.558.703,03 €
5	685.071,64 €	4	- 24.144.305,13 €
6	720.660,96 €	5	- 24.736.635,91 €
7	738.333,78 €	6	- 25.320.151,82 €
8	756.455,91 €	7	- 25.894.996,15 €
9	893.862,19 €	8	- 26.548.132,49 €
10	794.095,65 €	9	- 27.106.053,56 €
11	813.637,86 €	10	- 27.655.718,14 €
12	833.678,58 €	11	- 28.197.259,85 €
13	854.230,96 €	12	- 28.730.809,99 €
14	1.427.512,98 €	13	- 29.588.137,30 €
15	1.195.749,12 €	14	- 30.278.652,62 €
16	919.095,02 €	15	- 30.788.993,45 €
17	941.832,84 €	16	- 31.291.845,71 €
18	965.153,64 €	17	- 31.787.329,77 €
19	1.148.761,07 €	18	- 32.354.390,54 €
20	1.013.606,35 €	19	- 32.835.491,11 €
21	1.038.770,43 €	20	- 33.309.572,38 €
22	1.064.581,85 €	21	- 33.776.746,66 €
23	1.091.057,79 €	22	- 34.237.124,38 €
24	1.860.332,57 €	23	- 34.991.910,29 €
25	1.547.668,93 €	24	- 35.595.689,17 €
26	1.174.651,99 €	25	- 36.036.320,87 €
27	1.203.967,71 €	26	- 36.470.579,06 €
28	1.234.041,29 €	27	- 36.898.565,03 €
29	1.479.500,59 €	28	- 37.391.945,14 €
30	1.296.543,54 €	29	- 37.807.683,66 €
31	1.329.014,34 €	30	- 38.217.443,60 €
32	1.362.327,33 €	31	- 38.621.319,51 €
33	1.396.505,03 €	32	- 39.019.404,35 €
34	3.642.402,31 €	33	- 40.017.765,60 €
35	3.257.150,96 €	34	- 40.876.194,54 €
36	2.791.851,81 €	35	- 41.583.692,98 €
37	4.085.625,22 €	36	- 42.579.232,06 €
38	2.946.990,39 €	37	- 43.269.702,62 €
39	3.316.254,28 €	38	- 44.016.806,39 €
40	3.110.958,91 €	39	- 44.690.704,20 €
41	3.196.413,24 €	40	- 45.356.482,06 €
42	3.284.269,36 €	41	- 46.014.248,72 €
43	3.374.595,97 €	42	- 46.664.111,30 €
44	3.176.981,21 €	43	- 47.252.387,20 €
45	2.608.517,27 €	44	- 47.716.824,18 €
46	1.930.971,00 €	45	- 48.047.403,34 €
47	1.980.003,11 €	46	- 48.373.339,29 €
48	2.030.323,21 €	47	- 48.694.704,04 €
49	2.469.571,40 €	48	- 49.070.559,88 €
50	2.134.967,83 €	49	- 49.382.993,46 €
51	2.189.365,00 €	50	- 49.691.064,74 €
52	2.245.195,52 €	51	- 49.994.841,02 €
53	2.302.498,30 €	52	- 50.294.388,50 €
54	4.162.625,14 €	53	- 50.815.103,78 €
55	3.396.456,84 €	54	- 51.223.635,50 €
56	2.483.645,55 €	55	- 51.510.882,80 €
57	2.547.248,42 €	56	- 51.794.155,22 €
58	2.612.534,88 €	57	- 52.073.513,64 €
59	3.200.459,80 €	58	- 52.402.576,37 €
60	2.748.343,31 €	59	- 52.674.285,33 €
61	2.818.960,89 €	60	- 52.942.256,88 €
62	2.891.453,34 €	61	- 53.206.547,95 €
63	2.965.871,88 €	62	- 53.467.214,53 €
64	5.463.081,59 €	63	- 53.928.890,54 €
65	4.430.715,54 €	64	- 54.288.921,76 €
66	3.201.217,73 €	65	- 54.539.041,60 €
67	3.283.881,88 €	66	- 54.785.751,82 €
68	3.368.750,44 €	67	- 55.029.103,93 €
69	3.455.883,84 €	68	- 55.269.148,59 €
70	3.545.344,20 €	69	- 55.505.935,67 €
71	6.285.210,15 €	70	- 55.909.568,10 €

I.2. Fallbeispiel 2 (31.12.1999)

Die Immobilie wird im Fallbeispiel 2 grundsätzlich unter denselben Voraussetzungen wie bei Fallbeispiel 1 (siehe Kapitel I.1) betrachtet. Viele Größen, für die im Fallbeispiel 1 ein deterministischer Wert (w_{det}) angegeben wird, können auf Basis des vorhandenen Informationsstandes jedoch genau genommen nicht eindeutig fixiert werden und sind als variable Größen darzustellen.

I.2.1. Variable Größen mit gleichmäßiger Verteilung

Bei nachstehenden Größen erlaubt der vorhandene Informationsstand per 31.12.1999 lediglich die Angabe einer Bandbreite (w_{min} , w_{max}). Anhand der Verhältniszahlen w_{min}/w_{det} sowie w_{max}/w_{det} können die Abweichungen vom deterministisch angesetzten Wert (w_{det}) lt. Fallbeispiel 1 abgelesen werden.

Tabelle I-7 – Variable Größen mit gleichmäßiger Wahrscheinlichkeitsverteilung

Beschreibung	w_{det} (lt. I.1)	w_{min}	w_{max}	w_{min}/w_{det}	w_{max}/w_{det}
Allgemeine Angaben					
Bruttogeschossfläche Gebäude [m ²]	16.737	16.700	17.000	0,998	1,016
Bruttogeschossfläche Tiefgarage [m ²]	7.515	7.500	7.600	0,998	1,011
Nutzfläche Gebäude [m ²]	13.400	13.000	13.800	0,970	1,030
Objekterrichtung					
Erschließungen [EUR]	363.364	300.000	500.000	0,826	1,376
Spezielle Maßnahmen [EUR]	145.346	100.000	250.000	0,688	1,720
Bauwerk Rohbau 2000 [EUR]	5.301.480	4.506.258	6.096.702	0,850	1,150
Bauwerk Rohbau 2001 [EUR]	2.730.262	2.320.723	3.139.801	0,850	1,150
Bauwerk Rohbau 2002 [EUR]	937.390	796.782	1.077.999	0,850	1,150
Bauwerk Technik 2000 [EUR]	1.178.107	942.486	1.413.728	0,800	1,200
Bauwerk Technik 2001 [EUR]	4.247.074	3.397.659	5.096.489	0,800	1,200
Bauwerk Technik 2002 [EUR]	624.927	499.942	749.912	0,800	1,200
Bauwerk Ausbau 2001 [EUR]	4.550.437	4.095.393	5.460.524	0,900	1,200
Bauwerk Ausbau 2002 [EUR]	520.772	468.695	624.926	0,900	1,200
Einrichtung 2001 [EUR]	336.839	303.155	404.207	0,900	1,200
Einrichtung 2002 [EUR]	38.549	34.694	46.259	0,900	1,200
Außenanlagen 2001 [EUR]	130.993	111.344	150.642	0,850	1,150
Außenanlagen 2002 [EUR]	134.923	114.685	155.161	0,850	1,150
Honorare 2000 [EUR]	1.108.918	998.026	1.219.810	0,900	1,100
Honorare 2001 [EUR]	1.142.186	1.027.967	1.256.405	0,900	1,100
Honorare 2002 [EUR]	261.434	235.291	287.577	0,900	1,100
Nebenkosten 2000 [EUR]	26.162	23.546	39.243	0,900	1,500
Nebenkosten 2001 [EUR]	26.947	24.252	40.421	0,900	1,500
Nebenkosten 2002 [EUR]	6.168	5.551	9.252	0,900	1,500
Reserven [EUR]	261.986	39.298	301.284	0,150	1,150
Objektnutzung					
Steuern und Abgaben 1999 [EUR]	92.904	88.259	97.549	0,950	1,050
Verwaltung 1999 [EUR]	71.528	64.375	78.681	0,900	1,100
Ver- und Entsorgung 1999 [EUR]	120.857	102.728	138.986	0,850	1,150
Reinigung und Pflege 1999 [EUR]	44.396	39.956	48.836	0,900	1,100
Aufsichtsdienste u. Bed. 1999 [EUR]	83.038	74.734	91.342	0,900	1,100
Instandhaltung 1999 [EUR]	54.262	51.549	56.975	0,950	1,050
Sonstige Ausgaben 1999 [EUR]	41.108	39.053	43.163	0,950	1,050
Tiefgaragennutzung 1999 [EUR]	58.598	52.738	76.177	0,900	1,300
Objektbeseitigung					
Mittlere Schuttkörperhöhe [m]	0,70	0,60	1,00	0,857	1,429
OB-Ausgaben pro m ³ Schutt [EUR/m ³]	40	35	60	0,875	1,500

I.2.2. Variable Größen mit dreieckförmiger Verteilung

Der im Fallbeispiel 1 unter Punkt I.1.4 vorgestellte Instandsetzungsplan wird auch im Fallbeispiel 2 zur Ermittlung der Ausgaben für die Instandsetzung herangezogen. Die Ungewissheit mancher in diesem Zusammenhang auftretender Größen wird durch Angabe einer dreieckförmigen Verteilung der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion charakterisiert, wobei der im Fallbeispiel 1 genannte Wert (w_{det}) als wahrscheinlichster Wert (w_{mid}) aufgefasst und durch eine Bandbreite (w_{min} , w_{max}) ergänzt wird.

Tabelle I-8 – Variable Größen mit dreieckförmiger Wahrscheinlichkeitsverteilung

Beschreibung	$w_{det} = w_{mid}$ (lt. I.1)	w_{min}	w_{max}	w_{min}/w_{det}	w_{max}/w_{det}
Faktor der Erneuerung bei III.6B Bauwerk Technik	0,80	0,60	1,00	0,750	1,250
Spezifische Ausgaben für III.6C Ausbau Innenbereich [EUR/m ²]	140,00	100,00	200,00	0,714	1,429
Nutzflächenanteil für III.6C Ausbau Innenbereich	0,050	0,025	0,075	0,500	1,500
Pauschale Ausgaben für III.6C Ausbau Außenbereich [EUR]	420.000	300.000	500.000	0,714	1,190
Faktor der Erneuerung bei III.6D Einrichtung	0,80	0,70	1,00	0,875	1,250
Faktor der Erneuerung bei III.6E Außenanlagen	0,80	0,50	0,90	0,625	1,125

I.2.3. Variable Größen mit Beta – Verteilung

Zur Berücksichtigung der jährlichen Ausgabensteigerung im Bereich der Objektnutzungsausgaben sowie Objektbeseitigungsausgaben werden die im Kapitel H.1 vorgestellten Extrapolationsfaktortypen herangezogen. Diese weisen eine Beta – verteilte Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion auf. Da bei den Objektbeseitigungsausgaben die zugehörigen Ausgabenbereiche nicht näher differenziert werden¹, wird der Extrapolationsfaktortyp IV zur Extrapolation der Ausgaben in die Zukunft herangezogen.

I.2.4. Berechnung

Die jährlich auftretenden Lebenszyklusausgaben (exkl. Finanzierung) sowie die Barwerte der daraus resultierenden Beiträge zum Objektkonto werden analog zu Fallbeispiel 1 berechnet, wobei jedoch die unter den Punkten I.2.1, I.2.2 und I.2.3. angeführten variablen Größen verwendet werden. Die Verarbeitung dieser Größen erfolgt nach den in dieser Arbeit dargestellten Prinzipien zur Minimierung der Rechenzeit bei Erhaltung einer hohen Ergebnisgenauigkeit.²

¹ siehe Kapitel I.1.5

² siehe Kapitel 3.4.6 – Lösungsweg #3; Anm.: Die Anzahl der finiten Elemente pro variabler Größe wird einheitlich mit $n_{FE} = 100$ festgelegt. Alle Berechnungen (inkl. Vorberechnungen und Auswertung der Ergebnisse) erfolgen mit dem Referenzcomputersystem (Gesamtrechenzeit: rd. 18 Minuten).

Zur Auswertung und Veranschaulichung der Ergebnisgrößen werden einerseits deren statistische Eigenschaften (Erwartungswert, Varianz, ...) ermittelt und andererseits folgende charakteristische Werte eruiert:

$W(X, p \leq 0,001)$	Wert der variablen Größe X , der mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,001 (= 0,1%) <u>unterschritten/erreicht</u> wird
$W(X, p \leq 0,010)$	Wert der variablen Größe X , der mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,010 (= 1,0 %) <u>unterschritten/erreicht</u> wird
$W(X, p \leq 0,990)$	Wert der variablen Größe X , der mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,990 (= 99,0 %) <u>unterschritten/erreicht</u> wird
$W(X, p \leq 0,999)$	Wert der variablen Größe X , der mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,999 (= 99,9%) <u>unterschritten/erreicht</u> wird

Als Illustrationsbeispiel werden die Lebenszyklusausgaben (nominell, exkl. Finanzierung) für den Zeitraum 4 (d.h. für das Jahr 2002) betrachtet.

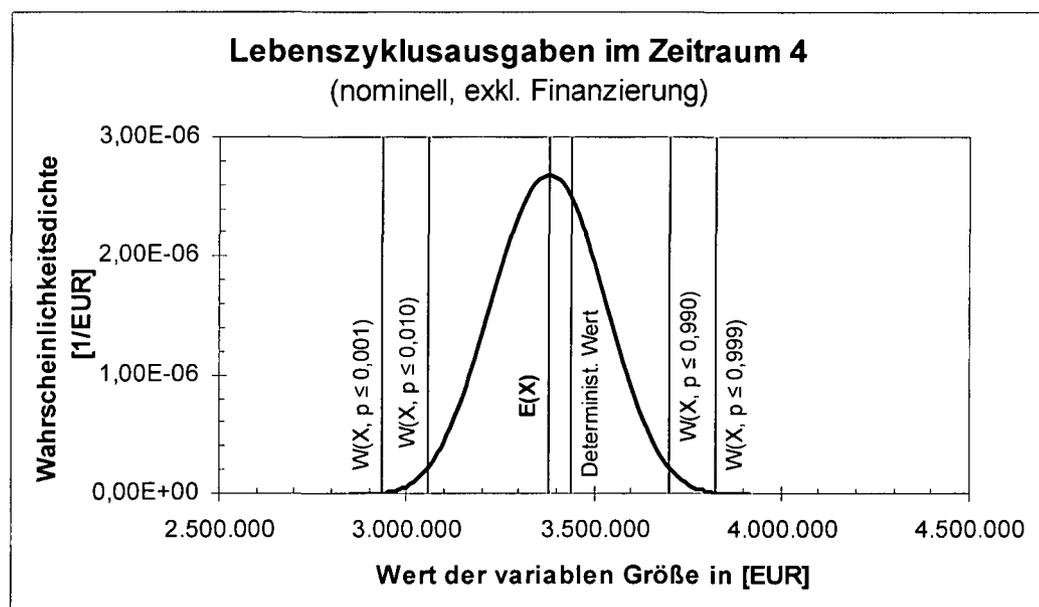


Abbildung I-1 – Lebenszyklusausgaben (nominell, exkl. Finanzierung) im Zeitraum 4

Tabelle I-9 – Erläuterungen zur Abbildung I-1

Erwartungswert = $E(X)$	3.379.738 EUR
Varianz = $\sigma^2(X)$	20.296.002.924 EUR ²
Standardabweichung = $\sigma(X)$	142.464 EUR
Variabilität = $v(X)$	0,0422
Schiefe = $\gamma(X)$	0,0001
Kurtosis = $\kappa(X)$	- 0,3131
$W(X, p \leq 0,001)$	2.936.418 EUR
$W(X, p \leq 0,010)$	3.060.216 EUR
$W(X, p \leq 0,990)$	3.699.306 EUR
$W(X, p \leq 0,999)$	3.823.050 EUR
Deterministischer Wert lt. Fallbeispiel 1	3.436.012 EUR

Tabelle I-10 – Wertetabelle der Objektkontobeiträge (Barwerte) zu Abb. 4-13 (Kapitel 4.2.3b)

Zeitpunkt	Keine Korrelation			Positive Korrelation		
	$W(X, p \leq 0,999)$	$E(X)$	$W(X, p \leq 0,001)$	$W(X, p \leq 0,999)$	$E(X)$	$W(X, p \leq 0,001)$
0	-502.896	-502.896	-502.896	-502.896	-502.896	-502.896
1	-7.250.067	-8.382.607	-9.515.147	-7.250.067	-8.382.607	-9.515.147
2	-18.366.051	-20.803.784	-23.241.517	-17.902.438	-20.803.784	-23.705.150
3	-21.301.847	-23.808.358	-26.314.709	-20.498.395	-23.808.468	-27.151.966
4	-21.886.679	-24.399.385	-26.912.129	-21.070.406	-24.399.675	-27.871.795
5	-22.480.499	-24.997.029	-27.513.785	-21.612.471	-24.997.507	-28.577.045
6	-23.066.615	-25.585.765	-28.105.450	-22.139.455	-25.586.422	-29.273.725
7	-23.643.989	-26.165.719	-28.688.237	-22.656.452	-26.166.569	-29.953.219
8	-24.302.016	-26.828.002	-29.355.912	-23.219.639	-26.829.128	-30.772.167
9	-24.861.232	-27.390.811	-29.921.535	-23.719.336	-27.392.167	-31.436.179
10	-25.412.814	-27.945.306	-30.478.822	-24.211.953	-27.946.860	-32.091.883
11	-25.955.323	-28.491.563	-31.028.733	-24.700.679	-28.493.342	-32.737.136
12	-26.489.730	-29.029.747	-31.570.890	-25.207.352	-29.031.743	-33.372.744
13	-27.065.995	-29.918.923	-32.472.542	-25.960.925	-29.921.103	-34.489.618
14	-28.042.622	-30.599.524	-33.161.504	-26.531.058	-30.601.994	-35.326.094
15	-28.552.752	-31.114.324	-33.679.521	-26.979.509	-31.116.924	-35.946.455
16	-29.055.424	-31.621.494	-34.190.532	-27.420.751	-31.624.289	-36.558.865
17	-29.551.325	-32.121.196	-34.694.013	-27.855.100	-32.124.214	-37.161.884
18	-30.120.106	-32.696.138	-35.275.337	-28.334.110	-32.699.537	-37.894.300
19	-30.603.154	-33.181.180	-35.764.643	-28.755.751	-33.184.932	-38.484.622
20	-31.077.933	-33.659.310	-36.246.394	-29.172.995	-33.663.222	-39.066.093
21	-31.543.866	-34.130.437	-36.721.187	-29.587.970	-34.134.529	-39.639.465
22	-32.004.200	-34.594.667	-37.189.107	-30.018.527	-34.598.978	-40.205.114
23	-32.776.443	-35.377.999	-37.984.765	-30.685.591	-35.382.630	-41.234.610
24	-33.364.584	-35.972.399	-38.585.746	-31.173.605	-35.977.451	-41.997.130
25	-33.805.802	-36.416.659	-39.033.687	-31.553.279	-36.421.936	-42.554.125
26	-34.240.426	-36.854.442	-39.475.156	-31.926.543	-36.859.979	-43.102.679
27	-34.668.743	-37.285.883	-39.910.281	-32.293.327	-37.291.682	-43.642.328
28	-35.164.514	-37.786.067	-40.416.653	-32.701.631	-37.792.321	-44.303.615
29	-35.579.475	-38.205.020	-40.838.633	-33.056.385	-38.211.655	-44.832.020
30	-35.987.577	-38.618.145	-41.255.735	-33.405.342	-38.624.951	-45.352.433
31	-36.391.530	-39.025.279	-41.666.536	-33.748.687	-39.032.302	-45.865.660
32	-36.790.165	-39.426.535	-42.071.414	-34.086.889	-39.433.804	-46.372.261
33	-37.790.664	-40.450.554	-43.121.550	-34.856.695	-40.457.860	-47.806.286
34	-38.619.124	-41.300.219	-43.996.178	-35.491.818	-41.307.603	-49.038.473
35	-39.312.155	-42.010.736	-44.727.583	-36.017.150	-42.018.143	-50.161.619
36	-40.275.559	-42.999.861	-45.747.832	-36.742.812	-43.007.656	-51.601.288
37	-40.952.569	-43.693.238	-46.460.759	-37.252.473	-43.701.250	-52.734.758
38	-41.688.006	-44.446.301	-47.234.870	-37.804.839	-44.454.738	-53.937.377
39	-42.349.878	-45.122.996	-47.930.379	-38.300.513	-45.131.811	-55.058.836
40	-43.002.246	-45.791.519	-48.617.633	-38.790.020	-45.800.771	-56.178.241
41	-43.648.541	-46.451.979	-49.296.507	-39.273.512	-46.461.717	-57.301.203
42	-44.285.567	-47.104.484	-49.967.005	-39.749.705	-47.114.778	-58.425.879
43	-44.884.831	-47.715.755	-50.588.824	-40.218.564	-47.726.815	-59.420.014
44	-45.337.931	-48.171.928	-51.052.375	-40.579.755	-48.183.589	-60.151.997
45	-45.663.704	-48.504.781	-51.388.238	-40.855.231	-48.516.806	-60.686.793
46	-45.988.340	-48.833.230	-51.721.354	-41.125.584	-48.845.332	-61.203.526
47	-46.309.537	-49.157.010	-52.049.279	-41.391.158	-49.169.249	-61.707.347
48	-46.687.857	-49.537.997	-52.436.676	-41.690.610	-49.550.799	-62.302.295
49	-46.998.033	-49.852.514	-52.754.253	-41.947.175	-49.865.709	-62.775.370
50	-47.303.731	-50.162.922	-53.069.319	-42.199.501	-50.176.215	-63.250.170
51	-47.606.578	-50.468.969	-53.379.864	-42.447.738	-50.482.388	-63.703.100
52	-47.905.986	-50.770.717	-53.686.004	-42.691.947	-50.784.293	-64.133.874
53	-48.441.077	-51.312.089	-54.239.701	-43.093.211	-51.326.465	-64.975.821
54	-48.833.063	-51.712.852	-54.646.723	-43.400.831	-51.727.938	-65.589.956
55	-49.120.126	-52.002.215	-54.941.117	-43.633.620	-52.017.436	-66.014.642
56	-49.403.551	-52.287.504	-55.230.784	-43.862.863	-52.302.922	-66.430.163
57	-49.683.166	-52.568.823	-55.516.464	-44.088.422	-52.584.460	-66.841.018
58	-50.013.893	-52.902.317	-55.856.556	-44.345.141	-52.918.588	-67.354.485
59	-50.280.226	-53.175.694	-56.133.619	-44.563.694	-53.192.420	-67.763.537
60	-50.546.534	-53.445.603	-56.408.277	-44.778.852	-53.462.485	-68.171.228
61	-50.810.253	-53.711.768	-56.678.904	-44.990.709	-53.728.839	-68.550.962
62	-51.071.007	-53.974.259	-56.945.995	-45.199.350	-53.991.542	-68.920.439
63	-51.543.818	-54.454.504	-57.438.749	-45.547.241	-54.472.638	-69.675.705
64	-51.889.159	-54.807.268	-57.798.786	-45.813.033	-54.826.182	-70.227.992
65	-52.139.985	-55.059.082	-58.053.837	-46.012.645	-55.078.254	-70.614.944
66	-52.386.973	-55.307.323	-58.308.561	-46.209.389	-55.326.887	-70.981.422
67	-52.629.593	-55.552.181	-58.559.076	-46.403.197	-55.572.138	-71.337.054
68	-52.868.321	-55.793.692	-58.805.754	-46.594.216	-55.814.059	-71.685.035
69	-53.103.948	-56.031.928	-59.048.823	-46.782.539	-56.052.693	-72.027.072
70	-53.585.030	-56.574.401	-59.684.977	-47.028.987	-56.596.178	-73.535.252

Alle Angaben in EUR

I.3. Fallbeispiel 3 (1.1.2002)

I.3.1. Objektentwicklung und Objektterrichtung

Zum Zeitpunkt 3 (1.1.2002) können Teilbereiche des Technologiezentrums bereits von Mietern genutzt werden, während andere Mietbereiche noch fertig gestellt werden müssen. Die nominellen Werte der bis zum Zeitpunkt 3 tatsächlich geflossenen jährlichen Ausgaben sind bekannt und können nachstehender Tabelle entnommen werden.

Tabelle I-11 – Bekannte Ausgaben zum Zeitpunkt 3 (= 1.1.2002)

Zeitraum	Jährliche Ausgaben (nominell, exkl. Finanzierung)
1 (= 1999)	502.896,01 EUR
2 (= 2000)	5.351.125,12 EUR
3 (= 2001)	7.658.549,45 EUR

Die Werte liegen deutlich unter den ursprünglich lt. Fallbeispiel 1 angenommenen Werten, da es im Zuge der Bauabwicklung zu Verzögerungen und zum Auftreten von Mängeln gekommen ist, wodurch ein erheblicher Teil der Ausgaben in die Zukunft verschoben werden konnte. Vom Generalplaner wird jedoch angegeben, dass bis Mitte des Jahres 2002 die Endabrechnung für den Hauptteil der Objektterrichtung vorliegen wird. Darüber hinaus werden lediglich Innenausbauarbeiten zur Fertigstellung jener Mietbereiche anfallen, die – gemäß Vorgabe der Gesellschaft – auf die Wünsche der per 1.1.2002 noch unbekanntesten Erstmieter abgestimmt werden müssen. Diese Ausgaben werden für die zweite Hälfte des Jahres 2002 angesetzt.

In Summe ergibt sich dadurch eine Bandbreite von EUR 11.725.950,09 bis EUR 12.003.334,38 für die Objektterrichtungsausgaben im Jahre 2002 (Zeitraum 4, nominelle Werte, gleichmäßige Wahrscheinlichkeitsverteilung).

I.3.2. Objektnutzung

Mit 1.1.2002 beginnt für Teilbereiche der Immobilie bereits die Phase der Objektnutzung, während die restlichen Mietbereiche erst im Laufe des Jahres fertig gestellt werden sollen. Dadurch fallen zwar einerseits geringere Ausgaben für die Objektnutzung im Vergleich zur Vollvermietung an, aber andererseits bedingt die parallel zur Objektnutzung erfolgende Objektterrichtung auch Mehrausgaben (z.B. durch erhöhten Reinigungsbedarf, Verwaltungsaufwand usw.). In Summe können somit Objektnutzungsausgaben wie in einem „normalen“ Nutzungsjahr erwartet werden.

Abgesehen von den Ausgaben für Instandsetzungsmaßnahmen, die auf Basis des bereits in Fallbeispiel 2 vorgestellten Instandsetzungsplanes ermittelt werden, können die laufenden Ausgaben für die Objektnutzung auf Basis des per 1.1.2002 aktuellen Informationsstandes durch variable Größen mit dreieckförmiger Wahrscheinlichkeitsverteilung nominell für das Jahr 2002 angegeben werden. Die Extrapolation in die Zukunft erfolgt analog zu Fallbeispiel 2.

Tabelle I-12 – Objektnutzungsausgaben per 1.1.2002 exkl. Instandsetzung

Beschreibung	w_mid	w_min	w_max	w_min/ w_mid	w_max/ w_mid
Steuern und Abgaben 2002 [EUR]	34.302	33.959	34.645	0,99	1,01
Verwaltung 2002 [EUR]	132.265	125.651	134.910	0,95	1,02
Ver- und Entsorgung 2002 [EUR]	196.275	176.647	215.902	0,90	1,10
Reinigung und Pflege 2002 [EUR]	66.132	62.826	72.746	0,95	1,10
Aufsichtsdienste u. Bed. 2002 [EUR]	10.610	10.080	11.141	0,95	1,05
Instandhaltung 2002 [EUR]	53.197	47.877	54.260	0,90	1,02
Sonstige Ausgaben 2002 [EUR]	18.168	17.260	19.985	0,95	1,10

I.3.3. Objektbeseitigung

Im Vergleich zum Informationsstand im Fallbeispiel 1 bzw. 2 ergeben sich per 1.1.2002 keine wesentlichen Änderungen, da das Objekt neben der Dimension (Bruttogrundfläche von 16.770,6 m² für das Gebäude und 7.572,1 m² für die Tiefgarage nunmehr definitiv bekannt) auch in Bezug auf die verwendeten Materialien keinen wesentlichen Modifikationen unterworfen worden ist.

I.3.4. Berechnung

Die Berechnung erfolgt analog zu Fallbeispiel 2, wobei nur die Lebenszyklusaussgaben exkl. Finanzierung betrachtet werden. Das Hauptaugenmerk wird auf die daraus resultierenden Barwerte der Beiträge zum Objektkonto und den Vergleich mit den Werten aus Fallbeispiel 1 und 2 gelegt.

Daher werden die Systemparameter der Lebenszyklusaussgabenermittlung – und damit insbesondere der Bezugszeitpunkt zur Berechnung von Barwerten – gegenüber Fallbeispiel 1 und 2 nicht verändert. Der Bezugszeitpunkt $T = 0$ liegt damit per 1.1.2002 faktisch in der Vergangenheit, was bei der Interpretation der Höhe der Objektkontostände bedacht werden muss.

Tabelle I-13 – Wertetabelle der Objektkontobeiträge (Barwerte) zu Abb. 4-23 (Kapitel 4.3.2b)

Zeitpunkt	Keine Korrelation			Positive Korrelation		
	$W(X, p \leq 0,999)$	$E(X)$	$W(X, p \leq 0,001)$	$W(X, p \leq 0,999)$	$E(X)$	$W(X, p \leq 0,001)$
0	-502.896	-502.896	-502.896	-502.896	-502.896	-502.896
1	-5.648.209	-5.648.209	-5.648.209	-5.648.209	-5.648.209	-5.648.209
2	-12.728.968	-12.728.968	-12.728.968	-12.728.968	-12.728.968	-12.728.968
3	-23.589.733	-23.729.635	-23.869.461	-23.589.733	-23.729.635	-23.869.461
4	-24.074.389	-24.228.130	-24.383.087	-24.053.837	-24.228.130	-24.404.565
5	-24.570.476	-24.734.892	-24.900.959	-24.525.388	-24.734.900	-24.952.868
6	-25.060.715	-25.234.350	-25.410.224	-24.989.052	-25.234.367	-25.498.811
7	-25.544.114	-25.726.619	-25.911.380	-25.444.686	-25.726.640	-26.037.752
8	-26.089.678	-26.302.775	-26.530.111	-25.942.632	-26.302.804	-26.727.396
9	-26.561.434	-26.781.004	-27.013.982	-26.385.170	-26.781.043	-27.262.678
10	-27.026.785	-27.252.379	-27.490.898	-26.814.370	-27.252.428	-27.790.705
11	-27.484.909	-27.717.008	-27.961.187	-27.236.345	-27.717.071	-28.312.802
12	-27.936.740	-28.174.997	-28.424.867	-27.654.440	-28.175.077	-28.829.541
13	-28.691.677	-28.985.384	-29.306.276	-28.332.382	-28.985.504	-29.841.976
14	-29.273.941	-29.588.593	-29.928.208	-28.845.351	-29.588.768	-30.573.299
15	-29.708.211	-30.027.280	-30.370.610	-29.238.869	-30.027.457	-31.087.422
16	-30.136.278	-30.459.733	-30.806.779	-29.625.597	-30.459.917	-31.592.411
17	-30.558.232	-30.886.050	-31.237.018	-30.005.700	-30.886.243	-32.091.986
18	-31.046.410	-31.388.917	-31.756.286	-30.431.155	-31.389.147	-32.731.864
19	-31.456.407	-31.803.248	-32.174.444	-30.799.030	-31.803.473	-33.220.182
20	-31.860.775	-32.211.725	-32.586.586	-31.160.600	-32.211.950	-33.709.430
21	-32.259.406	-32.614.440	-32.992.958	-31.516.205	-32.614.668	-34.188.303
22	-32.652.244	-33.011.481	-33.393.862	-31.866.013	-33.011.723	-34.663.691
23	-33.030.717	-33.728.830	-34.158.578	-32.441.773	-33.729.026	-35.611.949
24	-33.845.130	-34.258.414	-34.702.717	-32.880.438	-34.258.761	-36.294.434
25	-34.222.044	-34.638.959	-35.086.832	-33.213.500	-34.639.296	-36.768.859
26	-34.593.587	-35.014.173	-35.465.449	-33.540.857	-35.014.507	-37.229.784
27	-34.959.914	-35.384.140	-35.838.768	-33.862.778	-35.384.478	-37.690.429
28	-35.389.025	-35.823.929	-36.290.699	-34.226.602	-35.824.395	-38.278.041
29	-35.744.966	-36.183.642	-36.653.075	-34.538.429	-36.184.113	-38.727.121
30	-36.096.139	-36.538.347	-37.011.027	-34.845.132	-36.538.825	-39.170.720
31	-36.442.407	-36.888.119	-37.364.017	-35.146.835	-36.888.609	-39.610.078
32	-36.783.851	-37.233.036	-37.712.125	-35.443.553	-37.233.539	-40.042.575
33	-37.674.177	-38.201.721	-38.788.811	-36.173.315	-38.202.130	-41.403.700
34	-38.414.199	-38.997.013	-39.653.122	-36.771.217	-38.997.294	-42.578.911
35	-39.027.728	-39.654.099	-40.364.039	-37.246.351	-39.654.222	-43.628.681
36	-39.896.871	-40.590.720	-41.377.618	-37.957.270	-40.591.064	-45.020.254
37	-40.500.734	-41.232.501	-42.063.688	-38.395.679	-41.232.851	-46.079.817
38	-41.163.084	-41.934.863	-42.811.196	-38.906.122	-41.935.408	-47.214.623
39	-41.755.255	-42.561.733	-43.477.303	-39.351.691	-42.562.423	-48.274.836
40	-42.340.789	-43.181.291	-44.134.547	-39.789.364	-43.182.163	-49.338.603
41	-42.921.354	-43.793.632	-44.782.735	-40.231.005	-43.794.748	-50.407.421
42	-43.495.272	-44.398.847	-45.422.526	-40.672.361	-44.400.252	-51.478.512
43	-44.044.035	-44.963.642	-46.004.180	-41.103.539	-44.965.429	-52.413.052
44	-44.447.585	-45.374.142	-46.421.425	-41.427.223	-45.376.182	-53.094.268
45	-44.732.007	-45.662.263	-46.712.114	-41.667.169	-45.664.452	-53.578.777
46	-45.014.119	-45.946.475	-46.998.169	-41.903.194	-45.948.808	-54.043.812
47	-45.292.062	-46.226.820	-47.281.047	-42.135.417	-46.229.309	-54.493.111
48	-45.625.698	-46.565.179	-47.624.459	-42.403.147	-46.567.964	-55.047.891
49	-45.895.538	-46.837.972	-47.899.496	-42.628.608	-46.840.921	-55.476.672
50	-46.162.255	-47.107.088	-48.172.192	-42.850.369	-47.110.187	-55.891.193
51	-46.426.091	-47.372.563	-48.439.444	-43.068.727	-47.375.819	-56.299.978
52	-46.684.901	-47.634.465	-48.704.519	-43.283.756	-47.637.873	-56.687.110
53	-47.173.345	-48.136.749	-49.222.439	-43.656.992	-48.140.591	-57.490.499
54	-47.528.712	-48.499.135	-49.592.096	-43.938.189	-48.503.329	-58.063.378
55	-47.777.031	-48.750.600	-49.845.986	-44.143.913	-48.754.974	-58.449.307
56	-48.023.033	-48.998.710	-50.096.397	-44.345.965	-49.003.249	-58.832.994
57	-48.265.724	-49.243.489	-50.344.308	-44.544.890	-49.248.208	-59.190.766
58	-48.558.778	-49.541.120	-50.647.031	-44.776.101	-49.546.184	-59.658.003
59	-48.794.660	-49.779.391	-50.887.898	-44.969.203	-49.784.656	-60.010.395
60	-49.027.294	-50.014.500	-51.125.614	-45.159.121	-50.019.955	-60.367.336
61	-49.257.909	-50.246.463	-51.360.119	-45.346.161	-50.252.122	-60.717.235
62	-49.483.814	-50.475.363	-51.591.617	-45.530.288	-50.481.206	-61.044.148
63	-49.918.424	-50.922.679	-52.054.556	-45.856.356	-50.929.013	-61.761.038
64	-50.232.581	-51.243.138	-52.381.150	-46.100.942	-51.249.879	-62.275.957
65	-50.449.838	-51.463.047	-52.604.162	-46.277.926	-51.470.000	-62.619.526
66	-50.664.626	-51.680.072	-52.823.805	-46.451.621	-51.687.217	-62.945.521
67	-50.877.123	-51.894.217	-53.039.858	-46.622.601	-51.901.572	-63.260.236
68	-51.085.710	-52.105.550	-53.253.835	-46.791.076	-52.113.107	-63.569.316
69	-51.293.266	-52.314.076	-53.465.108	-46.957.050	-52.321.869	-63.874.801
70	-51.723.603	-52.855.225	-54.234.128	-47.085.687	-52.863.617	-65.348.577

Alle Angaben in EUR

Lebenslauf

Person:

Dipl.-Ing. Josef Hermann Zauner
A-4675 Weibern, Hauptstraße 32
Email: jhzauner@gmx.at
geboren am 18.2.1976 in Haag/H., OÖ.

Ausbildung:

- 1982 – 1986 : Volksschule Weibern, OÖ
1986 – 1994 : AHS Bundesrealgymnasium Beethovenstraße, Ried/I., OÖ
AHS – Matura mit Ausgezeichnetem Erfolg
1994 – 2000 : Technische Universität Wien
Diplomstudium: Bauingenieurwesen
Studienzweig: Konstruktiver Ingenieurbau
Ausbildung zum Sprengbefugten
Förderungsstipendium der Fakultät für Bauingenieurwesen
Diplomarbeitsgebiet: Baudynamik – Erdbebeningenieurwesen
1. und 2. Diplomprüfung mit Ausgezeichnetem Erfolg
2001 – 2003 : Technische Universität Wien
Doktoratsstudium der technischen Wissenschaften

Praktika:

- Sommer 1996: Institut für Wassergüte, Technische Universität Wien
Sommer 1997: Ing. Josef Zauner, Weibern, OÖ
Sommer 1998: Dipl.-Ing. Roland Drack, Wels, OÖ
Sommer 1999: HL-AG Projektleitung Westbahn West, Linz, OÖ

Präsenzdienst:

Abgeleistet von V/2000 bis XII/2000 (Fliegerhorst Vogler, Hörsching, OÖ)

Tätigkeiten:

- 2001 – dato: AREV Immobilien GmbH, Linz, OÖ
Projektmanagement (Projektsteuerung, Projektleitung)

Besondere Interessen:

- Musik: Klavierspiel, Komposition
Sport: Segeln, Karate, Laufen, Golf
Computer: Programmierung
Sonstiges: Psychologie, Mathematik