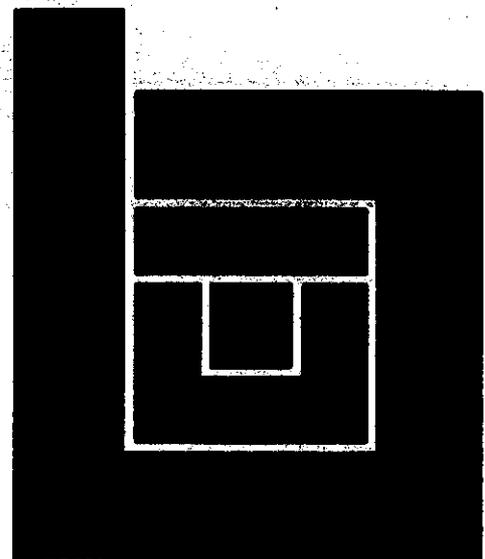


**SCHRIFTENREIHE DES LEHRSTUHLS FÜR  
BAUWIRTSCHAFT UND BAUBETRIEB**

**HERAUSGEGEBEN VON  
PROF. DIPL.-ING. KLAUS SIMONS  
TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG**

# **Die Bewertung der Investitions-, Betriebs- und Bauunterhaltungskosten von Gebäuden**

**Dr.-Ing. Rainer Sager**



<u>INHALTSVERZEICHNIS</u>	<u>Seite</u>
1. EINFÜHRUNG	1
2. GRUNDLAGEN DER KOSTENERMITTLUNG UND RICHTWERTBILDUNG	7
2.1 Rechnen mit Richtwerten	7
2.1.1 Die Richtwertgleichung	7
2.1.2 Richtwerte und Rechenwerte für Rechenoperationen	8
2.1.3 Richtwertaufstellung	10
2.2 Grundformeln der Statistik	12
2.2.1 Die Stichprobe	12
2.2.2 Maßzahlen und Kenngrößen von Verteilungen	13
2.2.3 Der maximale Einzelfehler	15
2.3 Fehlerarten und Fehlerfortpflanzung	17
2.3.1 Stochastische Fehler	17
2.3.2 Systematische Fehler	18
2.3.3 Die resultierende Verteilung von Rechenoperationen	20
3. DATENERFASSUNG UND RICHTWERTAUFSTELLUNG FÜR DIE KOSTENGRUPPE "BAUUNTERHALTUNG"	23
3.1 Aufbau und Struktur des Wohnungsunternehmens	23
3.2 Der Datenfluß der Bauunterhaltung	24
3.2.1 Kleine Instandhaltung	25
3.2.2 Große Instandhaltung	27
3.2.3 Gewährleistungsfälle	28
3.2.4 Der Informationsfluß von der Auftragsüberwachung bis zur Ablage von Rechnungen	28
3.2.5 Etataufstellung und Kontrolle	31
3.3 Ergebnisse der Datenauswertung	31
3.3.1 Das Ablaufschema der Richtwertbildung	31
3.3.2 Verfügbare Daten	32

	<u>Seite</u>
3.3.3 Zur Auswertung von Kostenreihen	34
3.3.3.1 Kostensummenlinien vollständiger Kostenreihen	36
3.3.3.2 Unterschiedliche Elementmengen	36
3.3.3.3 Berechnung des maximalen Einzel- fehlers	37
3.3.3.4 Rechnen mit Teilkostenreihen	38
3.3.4 Beispiele zur Auswertung unvoll- ständiger Kostenreihen	42
3.3.4.1 Die Kostenreihe für Flachdächer	44
3.3.4.2 Die Kostenreihe für geneigte Ziegeldächer	44
3.3.4.3 Die Kostenreihe der Gesamtbau- unterhaltung	46
3.4 Systematisierung der Datenerfassung und Richtwertbildung	46
3.4.1 Kostenerfassung über Leistungsver- zeichnisse	48
3.4.2 Zuordnung von Bauleistungen zu Bauelementen	50
3.4.3 Ermittlung von Lebensdauern, Instand- haltungsintervallen, Bezugs- und Einflußgrößen	52
3.4.4 Grenzen der Richtwertbildung und Datenauswertung	54
<b>4. DATENERFASSUNG UND RICHTWERTBILDUNG FÜR HEIZKOSTEN</b>	<b>57</b>
4.1 Organisation und Informationsfluß im Bereich Heizung	57
4.1.1 Heizungssysteme	57
4.1.2 Heizkostenabrechnung	57
4.1.3 Sonstiges Datenmaterial zur Richtwert- aufstellung	58

	<u>Seite</u>
4.2 Richtwerte und Berechnungsmethoden für Wärmeverbrauchsmengen	58
4.2.1 Verbrauchsmengenberechnung nach VDI 2067	59
4.2.1.1 Das Gebäudesystem	60
4.2.1.2 Das Klimasystem	61
4.2.1.3 Das Nutzungssystem	62
4.2.2 Richtwerte für vereinfachte Rechen- verfahren	64
4.2.2.1 Verbesserte Kosten- und Verbrauchs- richtwerte	64
4.2.2.2 Vereinfachtes Verfahren nach VDI 2067	64
4.2.2.3 Richtwerte für Klimabenutzungs- stunden $b_k$ und den Nutzungsfaktor $e_a$	66
4.3 Ergebnisse der Datenauswertung	68
4.3.1 Die Abhängigkeit des Jahreswärmever- brauches von der Gradtagszahl	68
4.3.2 Verbrauchsrichtwerte	69
4.3.3 Die Abhängigkeit des Jahresverbrauchs von dem spezifischen Wärmeverbrauch	70
4.3.4 Richtwerte für Vollbenutzungsstunden	71
4.3.5 Richtwerte für den Nutzungsfaktor $e_a$	72
4.3.6 Anmerkung zur Ergebnisgenauigkeit	72
5. DIE BEWERTUNG VON BAUNUTZUNGSKOSTEN IN DER ENTSCHEIDUNG ZWISCHEN PLANUNGSAalternativen	79
5.1 Die Entscheidungsregeln der Finanzmathematik	79
5.1.1 Die Kapitalwertmethode [26]	80
5.1.2 Die Methode gleicher Jahreskosten (Annuitäten-Methode)	82
5.1.3 Die Methode des internen Zinsfußes	82
5.1.4 Die Methode des frühesten Amorti- sationszeitpunktes	84

	<u>Seite</u>
5.1.5 Zur Kritik an finanzmathematischen Methoden	84
5.2 Anwendung finanzmathematischer Methoden für die Bewertung von Planungsalternativen	86
5.2.1 Anwendung der Kapitalwertmethode	87
5.2.1.1 Planungsalternativen mit gleichförmigen Kostenreihen unterschiedlicher Kostenhöhen (Betriebskostenvergleich)	87
5.2.1.2 Sensitivitätsanalysen für gleichförmige Kostenreihen	91
5.2.1.3 Planungsalternativen mit gleichförmigen Kostenreihen unterschiedlicher Zahlungshöhen und Zahlungsabständen	96
5.2.2 Anwendung der Annuitätenmethode	101
5.2.2.1 Zusammenhang zwischen Annuitätenmethode und der Rechnung mit Abschreibung und Kapitalkosten	101
5.2.2.2 Anwendungsbeispiel "optimale Nutzungszeit"	103
5.2.3 Anwendung eines Investitionsmodells bei ungleichförmigen Kostenreihen und unterschiedlichen Soll- und Haben-Zinsen	105
5.3 Der Einfluß von Preisänderungen	112
5.3.1 Verknüpfung von Preisänderungen und Kalkulationszinsfuß	113
5.3.2 Reale und relative Preisänderungen	114
5.3.3 Kalkulationszinsfüße und Preisänderungen für zurückliegende Zeiträume	118
5.4 Einordnung der Kosten in die Gesamtbewertung von Planungsalternativen	120
5.4.1 Die Nutzwertanalyse	120

	<u>Seite</u>
5.4.2 Die Nutzen-Kosten-Analyse	120
5.4.3 Effizienz bzw. Auswahlkriterien	122
5.4.3.1 Das Quotientenkriterium	122
5.4.3.2 Das Differenzkriterium	123
5.4.3.3 Bevorzugte Anwendung der Kriterien	124
5.5 Verfahren zur Bewertung komplexer Planungs- alternativen	126
5.5.1 Der Bewertungsalgorithmus	127
5.5.2 Angebotssteuerung	130
5.5.3 Dualität von Nutzungskomponenten und Betriebs- und Bauunterhaltungskosten	131
<b>6. METHODEN ZUR BERÜCKSICHTIGUNG DER UNSICHERHEIT VON ENTSCHEIDUNGEN</b>	<b>135</b>
6.1 Entscheidung unter Risiko	135
6.1.1 Mathematische Erwartung	135
6.1.2 Transformation von Verteilungen	138
6.1.3 Mittelwert - Varianz - Kriterien	139
6.1.4 Die Hodges-Lehmann Regel	141
6.2 Methoden der Entscheidung bei unsicherer Erwartung	143
6.2.1 Die Wald'sche Regel	143
6.2.2 Die Hurcwitz-Regel	143
6.2.3 Die La Place-Regel	143
6.3 Die Flächen- bzw. Integrationsmethode	143
6.3.1 Die Unsicherheit des Planungshorizontes	144
6.3.2 Die Unsicherheit bei der Festlegung der Risikoprämie	145
6.3.3 Die Unsicherheit bei der Festlegung des Kalkulationszinsfußes	146
6.4 Wichtung zwischen Investitionskosten, laufen- den Kosten und Nutzenzielerträgen	148

	<u>Seite</u>
7. BEISPIEL ZUR BEWERTUNG VON BETRIEBS- UND BAUNTERHALTUNGSKOSTEN	151
7.1 Aufgabenstellung	151
7.2 Die Bewertungsfunktion "Brennstoffkosten"	152
7.2.1 Der Planungshorizont $T$	153
7.2.2 Der Aufzinsungsfaktor $q$	154
7.2.3 Der Nutzungsfaktor $e_a$	157
7.2.4 Die Klimabeneutzungsstunden $b_k$	158
7.2.5 Berechnung der resultierenden Verteilung des Heizfaktors	160
7.2.6 Wahl des Heizfaktors $f_H$	163
7.3 Bewertung alternativer Dachsysteme	166
7.3.1 Annahmen über den Aufzinsungsfaktor $q$ und den Planungshorizont $T$	166
7.3.2 Aufstellung der alternativen Kostenreihen	166
7.3.3 Ergebnis der Berechnung	168
7.3.4 Synthese von Kostenbewertung und Nutzwertanalyse	169
7.4 Struktur der Gesamtbewertung	171
8. ZUSAMMENFASSUNG	174
LITERATURVERZEICHNIS	177