

F 2405

Dipl.-Ing. Karl Deters

Bauunterhaltungskosten beanspruchter Bauteile in Abhängigkeit von Baustoffen und Baukonstruktionen

103,37

1 Problemdefinition und Ziel

Die Wirtschaftlichkeit der Planung und des Bauens von Gebäuden wird noch vorwiegend nach der Höhe der Investitionskosten beurteilt. Während der Nutzungsphase eines Gebäudes entstehen jedoch laufend weitere Kosten, die bis zum Ende der Nutzungsdauer ein Mehrfaches der einmaligen Investitionskosten betragen können. Daher ist eine Beurteilung, die sich allein auf das Verhältnis der Kosten des Gebäudes zu dem geschaffenen Nutzwert stützt, nicht ausreichend. Die angestrebte rationelle Gestaltung des Bauens muss daher auch die **laufenden Aufwendungen** für den Betrieb und die Unterhaltung des Gebäudes und der Bauteile in die Kostenplanung einbeziehen.

Den **(Bau)Nutzungskosten** kommt daher eine den Investitionskosten gleichrangige Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit einer Baumaßnahme zu. Fragen der langfristigen Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes als Investitionsmaßnahme können und müssen bereits bei der Planung erkannt und geklärt werden. Wichtig ist bei allen Betrachtungen, dass bei einer Berücksichtigung der (Bau-) Nutzungskosten eine neue Dimension hinzukommt: die Zeit.

Die **Bauunterhaltungskosten** werden in DIN 18960 als "Instandsetzungskosten" und in der II. Berechnungsverordnung als "Instandhaltungskosten" definiert. Gleichwohl wird in diesem Forschungsbericht die seit vielen Jahren eingeführte Bezeichnung "Bauunterhaltungskosten" weiterhin verwendet.

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, die Einflüsse auf die Bauunterhaltungskosten und ihre Abhängigkeiten hinreichend zu identifizieren und fassbar zu machen. Damit wird eine wichtige Grundlage dafür geschaffen, die bisher überwiegend technologische Kostenbeeinflussung durch eine weitreichendere, technisch-wirtschaftlichere, **Nutzen und Kosten abwägende Planung** zu ersetzen.

2 Methodik

Von den zur Wahl stehenden verschiedenen Berechnungsmethoden wird hier die **Kapitalwert-Methode** angewendet. Dabei werden alle Einnahmen und Ausgaben auf den gleichen Zeitpunkt (Inbetriebnahme des Bauwerkes) diskontiert. Die Differenz der so vergleichbar gemachten Einnahmen und Ausgaben heißt Kapitalwert der Investition. Die Methode erlaubt eine einfache und übersichtliche Darstellung der Kostenentwicklung, die den unterschiedlichen zeitlichen Anfall der in der Nutzungsdauer zu erwartenden Einnahmen und Ausgaben berücksichtigt. Durch diese Betrachtung werden die auf die Erstkosten folgenden Ausgaben weniger stark gewichtet, d.h. eine Ausgabe wird geringer bewertet, je später sie nach Inbetrieb- oder Ingebrauchnahme eintritt.

Die ökonomischen Beziehungen zwischen Investitionskosten, Bauunterhaltungskosten, Nutzungsdauer und Zeitpunkt der Ausgaben stellt der **Kalkulationszinsfuß** dar, der hier mit **4,0 %** angesetzt wird. Dieser Ansatz nimmt, darauf muss besonders hingewiesen werden, eine Schlüsselstellung ein. Ein anderer Effektivzins würde auch zu anderen Kapitalwerten und damit zu anderen Ergebnissen bei der Beurteilung der Gesamtkosten der ausgewählten Bauteile führen. Der Zins von 4 % gilt als Realzins, d.h. als Differenz zwischen Hypothekenzins (z. B. 6 % oder 7 %) und Inflationsrate (z. B. 2 % oder 3 %).

Für die Durchführung der Untersuchung war weiterhin die grundsätzlich wichtige Frage zu klären, welche Zeitspanne (50, 80, 100 Jahre) den Modellberechnungen zugrunde gelegt werden soll. Mit eigenen Modellberechnungen ist daher ermittelt worden, dass eine **Betrachtungsdauer von 80 Jahren** vollkommen ausreicht. Die abgezinsten Kapitalwerte von 80 bis 100 Jahren fallen zu gering aus, um noch eine nennenswerte Größenordnung darzustellen.

Als **technische Lebensdauer** wird die Zeit angenommen, in der ein Bauteil unter Einbeziehung der notwendigen und üblichen Wartungs-, Pflege- und Bauunterhaltungsmaßnahmen seinen Funktionen und seinen bestimmungsgemäßen Gebrauch voll genügen kann. Als Grundlage für die Ermittlung der technischen Lebensdauer dienen Richtlinien, Erfahrungsberichte und einschlägige Untersuchungen (z.B. Wertermittlungs-Richtlinien 1991, Häufigkeitskatalog der Wohnungswirtschaft). Dabei wird davon ausgegangen, dass die Bauteile unter Beachtung bestehender Richtlinien, Normen und anerkannter Regeln der Bautechnik hergestellt worden sind und unterhalten werden.

3 Bauteildatenblätter

Die nach der Kapitalwert-Methode durchgeführten Berechnungen werden für 10 beanspruchte Bauteile mit Varianten auf insgesamt 43 Bauteildatenblättern dargestellt:

AW	1.1 – 7.1	Außenwände
FE	1 – 4	Fenster
FD	1 – 4	Flachdächer
SD	1 – 3	Steildächer
SCH	1 – 3	Schornsteinköpfe
BA	1 – 3	Balkone/Loggien
BO	1 – 6	Bodenbeläge
IW	1 – 5	Innenwandbekleidungen
AR	1 – 4	Armaturen
IT	1 – 3	Innentüren

Ein Muster für die Außenwand AW 1.1 ist in **Abb. 1** ersichtlich. Diese Bauteildatenblätter können gleichzeitig als Grundlage für weitergehende Berechnungen erwünschter alternativer Bauteile dienen, indem der Benutzer eigene Daten für Erstkosten, Bauunterhaltungsintervalle und -kosten, Nutzungsdauer und Ersatzbeschaffung einsetzt und nach dem gleichen Verfahren berechnet.

Die Ergebnisse der einzelnen Modellberechnungen, bezogen auf 1m² bzw. 1 Stück Bauteil, sind in der **Abb. 2** zusammengestellt.

Bauteil	Investit.- kosten DM/m ²	Kapitalwerte nach			
		50 Jahren		80 Jahren	
		DM/m ²	%	DM/m ²	%
AW 1.1 Standardputz (mit Anstrich)	265	353	100	366	100
AW 1.2 Edelputz (ohne Anstrich)	295	364	+ 3	373	+ 2
AW 2.1 Verblendmauerwerk / ohne Luftschicht	425	451	+ 28	457	+ 25
AW 3.1 Verblendmauerwerk / mit Luftschicht	430	456	+ 29	462	+ 26
AW 4.1 Vorhangfassade / Faserzementplatten	365	417	+ 18	420	+ 15
AW 5.1 Wärmedämm-Verbundsystem	290	371	+ 5	383	+ 5
AW 6.1 Holzständerwerk mit Holzschalung	285	396	+ 12	407	+ 11
AW 7.1 Hartschaumschalungselemente	275	344	- 3	353	- 4
FE 1 Holzfenster (Weichholz)	670	1.018	100	1.075	100
FE 2 Kunststoff-Fenster	620	822	- 19	836	- 22
FE 3 Holz-Aluminium-Fenster	970	1.144	+ 12	1.249	+ 16
FE 4 Aluminium-Fenster	1.100	1.214	+ 19	1.326	+ 23
FD 1 Bitumenpappdach mit Kies	310	425	100	444	100
FD 2 Kunststoff-Foliendach mit Kies	335	451	+ 6	470	+ 6
FD 3 Kiespressdach ohne Kies	330	427	+ 0	445	+ 0
FD 4 Bitumenschweißbahndach ohne Kies	350	438	+ 3	453	+ 2
SD 1 Steildach mit Betondachsteinen	230	246	100	247	100
SD 2 Steildach mit Dachziegeln	240	258	+ 5	259	+ 5
SD 3 Steildach mit Faserzementwellplatten	260	279	+ 13	280	+ 13
SCH 1 Schornsteinkopf mit Klinkermauerwerk	2.400	4.336	100	4.716	100
SCH 2 Schornsteinkopf mit Faserzementplatten	2.700	3.261	- 25	3.378	- 28
SCH 3 Schornsteinkopf mit Stülpkopf (Fertigteil)	2.300	3.774	- 13	3.895	- 17
BA 1 Stahlbetonplatte mit gestr. Stahlgeländer	4.900	6.362	100	6.595	100
BA 2 Stahlbetonplatte m.Brüstung a.Verblendmw.	5.400	5.956	- 6	6.072	- 8
BA 3 Stahlbetonplatte mit Aluminiumgeländ.+Glas	5.600	6.660	+ 5	6.879	+ 4
BO 1 PVC-Bodenbelag	55	80	100	88	100
BO 2 Linoleum-Bodenbelag	60	104	+ 30	109	+ 24
BO 3 Textiler Bodenbelag	55	138	+ 73	150	+ 70
BO 4 Holzparkett-Bodenbelag	100	126	+ 58	132	+ 50
BO 5 Betonwerkstein-Bodenbelag	125	125	+ 56	125	+ 42
BO 6 Fliesen-Bodenbelag	110	110	+ 38	110	+ 25
IW 1 Putz mit Anstrich (Wohnräume)	40	68	100	72	100
IW 2 Putz mit Strukturputz	55	86	+ 26	91	+ 26
IW 3 Putz mit Tapete und Anstrich	51	101	+ 49	107	+ 49
IW 4 Profilholz (ohne Putzuntergrund)	110	126	+ 85	128	+ 78
IW 5 Putz mit Wandfliesen	115	122	+ 79	123	+ 71
AR 1 Waschtischbatterie (2 Metallgriffe) 2 St.	210	554	100	599	100
AR 2 Waschtischbatterie (Einhebel) 2 St.	350	560	+ 1	598	+ 0
AR 3 Wannen-/ Brausebatterie (Einhebel) 1 St.	580	927	+ 67	986	+ 65
AR 4 Spültischbatterie (Einhebel) 1 St.	370	568	+ 3	605	+ 1
IT 1 Innentür mit Anstrich (bauseits)	520	749	100	788	100
IT 2 Innentür mit DD-Lack (werkseitig)	570	623	- 17	637	- 19
IT 3 Innentür mit Furnier	610	663	- 11	677	- 14

SCH, BA, AR und IT : Kosten je Stück
 %: Vertikaler Vergleich / Bauteil 1= 100

Abb. 2: Abgezinsten Kapitalwerte der beanspruchten Bauteile nach 50 Jahren und 80 Jahren DM/m² bzw. DM/Stück Bauteil

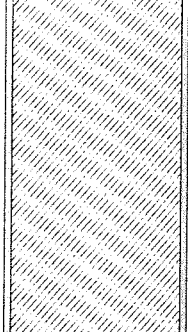
Bauteildatenblatt			Außenwand mit Standardputz (mit Anstrich)			AW 1.1	
Angaben			Berechnungen				
<div style="text-align: center;">  </div> <p>- Standardputz mehrlagig MG II - Mauerwerk (36,5 cm) aus HLZ mit Leichtmauermörtel - Innenputz aus Kalkgips</p> <p>$U = 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$</p>			K	Kostenart	Kosten in DM/m ²	Diskont.-Faktor (P)	Kapitalwerte
			0	E	265	1,000	265
			1			0,962	
			2			0,925	
			3			0,889	
			4			0,855	
			5			0,822	
			6			0,790	
			7			0,760	
			8			0,731	
			9			0,703	
			10			0,676	
			11			0,650	
			12			0,625	
			13			0,601	
			14			0,578	
			15	BU	85	0,555	47
			16			0,534	
			17			0,513	
			18			0,494	
			19			0,475	
20			0,456				
2 Investitionskosten des Bauteils einschließlich Nebenkosten und MwSt. Kostenbasis 2001 265 DM/m ² Wandfläche			21			0,439	
			22			0,422	
			23			0,406	
			24			0,390	
			25			0,375	
			26			0,361	
			27			0,347	
			28			0,334	
			29			0,321	
			30	BU	85	0,308	26
3 Bauunterhaltungskosten			31			0,297	
			32			0,285	
			33			0,274	
			34			0,264	
			35			0,253	
Art der Leistung	Häufigkeit Jahre	DM/m ² Wandfläche	36			0,244	
			37			0,234	
Neuer Anstrich	15	50,-	38			0,225	
			39			0,217	
Putzausbesserung	15	20,-	40			0,208	
			41			0,200	
Gerüstvorhaltung		15,-	42			0,193	
			43			0,185	
Technische Lebensdauer > 80 Jahre			44			0,178	
			45	BU	85	0,171	15
K = Zeitpunkt des Kostenanfalls in Jahren			46			0,165	
E = Erstkosten			47			0,158	
BU = Bauunterhaltungskosten			48			0,152	
P = Diskontierungsfaktor 4,0 %			49			0,146	
AE = Aufwendungen für Ersatzbeschaffung			50			0,141	
$\Sigma K_0 \text{ bis } K_{50}$							353
			55			0,116	
			60	BU	85	0,095	8
			65			0,078	
			70			0,064	
			75	BU	85	0,053	5
			80			0,043	
$\Sigma K_0 \text{ bis } K_{80}$							366

Abb. 1: Bauteildatenblatt

4 Modellberechnungen an konkreten Bauwerken

Im Sinne der Aufgabenstellung sind an ausgewählten Bauwerkstypen die Wirkungen von Konstruktions- und Baustoffalternativen auf die Entwicklung der Investitions- und Bauunterhaltungskosten untersucht worden. Die als "Rechenmodell" dienenden Gebäude sollen den heutigen Wohnvorstellungen entsprechen, hinsichtlich Gebäudegeometrie und Konstruktion kostengünstig geplant sein und den Nachweis einer wirtschaftlichen Bauausführung in den Praxis geliefert haben. Unter diesen Vorgaben sind ausgewählt worden:

- 4-geschossiger Zweispänner
Wohnungsgröße je 90,25 m² / 4 Personen
- 2-geschossiges Reihenhaus
Hausgröße 90,33 m² / 4 – 5 Personen

Beispielhaft werden die ermittelten Daten für die Geschosswohnung MH 90 (DM/Wohnung) in **Abb. 3** dargestellt. Zur erleichterten Lesbarkeit sind die Kostendaten auf ± 10 DM gerundet worden – für die inhaltliche Aussage ist dies ohne Einfluss.

- Die absolut höchsten Investitions- und Bauunterhaltungskosten entstehen zunächst bei den Außenbauteilen Außenwände (AW), Fenster (FE) und Steildächer (SD). Dies ist auch wichtig im Zusammenhang mit den Anforderungen an den Wärmeschutz, der mit der Energieeinsparverordnung (EnEV) ab 2002 angehoben wird.
- Zu vergleichsweise hohen Kosten führen weiterhin die Maßnahmen zur Innenwandbekleidung (IW), da insbesondere die Bauunterhaltungskosten hoch sind.
- Die niedrigsten absoluten Kosten entstehen hier für den Schornsteinkopf, da sich dessen Kosten auf 8 Wohnungen (0,13 Stück/WO) verteilen.
- Interessant sind die prozentualen Steigerungsraten durch die abgezinsten Bauunterhaltungskosten, bezogen auf die ursprünglichen Investitionskosten.
 - Die höchsten Werte weisen die Bauteile mit häufig wiederkehrenden Arbeiten auf: die Waschtischbatterie mit 186 %, der textile Bodenbelag mit 172 % und der Putz mit Tapete und Anstrich mit 109 %.
 - Die niedrigsten Werte sind folgerichtig dort vorhanden, wo dauerhafte Materialien verwendet werden: bei den Außenwänden mit Verblendmauerwerk mit 7 %, bei den Innenwandfliesen mit 8 % und dem Steildach (harte Bedachung) mit 8 %.
 - Die ermittelten Daten ermöglichen es, eine gezielte Auswahl an Baustoffen und Baukonstruktionen zu treffen: entweder nach der absoluten DM-Höhe oder nach der prozentualen Kostenentwicklung.
 - Die Aussage "Hohe Investitionskosten ergeben niedrige Bauunterhaltungskosten" kann nur im Einzelfall bestätigt werden – z.B. bei den Außenwänden mit Verblendmauerwerk. Demgegenüber haben preiswerte Fenster aus Kunststoff gleichzeitig geringe Bauunterhaltungskosten.

Bauteil	Kosten DM/Wohnung			
	Investit. I (100 %)	Bauunterh. BU (80a)*	Σ I + BU	Steig. %
AW 1.1 Standardputz (mit Anstrich)	14.310	5.430	19.740	+ 38
AW 1.2 Edelputz (ohne Anstrich)	15.930	4.200	20.130	+ 26
AW 2.1 Verblendmauerwerk / ohne Luftschicht	22.950	1.710	24.660	+ 7
AW 3.1 Verblendmauerwerk / mit Luftschicht	23.220	1.710	24.930	+ 7
AW 4.1 Vorhangfassade / Faserzementplatten	19.710	2.950	22.660	+ 15
AW 5.1 Wärmedämm-Verbundsystem	15.660	5.060	20.720	+ 32
AW 6.1 Holzständerwerk mit Holzschalung	15.390	6.650	22.040	+ 43
AW 7.1 Hartschaumschalungselemente	14.850	4.200	19.050	+ 28
FE 1 Holzfenster (Weichholz)	11.390	6.860	18.250	+ 60
FE 2 Kunststoff-Fenster	10.540	3.680	14.220	+ 35
FE 3 Holz-Aluminium-Fenster	16.490	4.730	21.220	+ 29
FE 4 Aluminium-Fenster	18.700	3.840	22.540	+ 21
FD 1 Bitumenpappdach mit Kies	Kein Flachdach vorhanden!			
FD 2 Kunststoff-Foliendach mit Kies				
FD 3 Kiespressdach ohne Kies				
FD 4 Bitumenschweißbahndach ohne Kies				
SD 1 Steildach mit Betondachsteinen	10.350	800	11.150	+ 8
SD 2 Steildach mit Dachziegeln	10.800	860	11.660	+ 8
SD 3 Steildach mit Faserzementwellplatten	11.700	920	12.620	+ 8
SCH 1 Schornsteinkopf mit Klinkermauerwerk	300	290	590	+ 97
SCH 2 Schornsteinkopf mit Faserzementplatten	340	80	420	+ 25
SCH 3 Schornsteinkopf mit Stülpkopf (Fertigteil)	290	200	490	+ 69
BA 1 Stahlbetonplatte mit gestr. Stahlgeländer	4.900	1.700	6.600	+ 35
BA 2 Stahlbetonplatte m.Brüstung a.Verblendmw.	5.400	670	6.070	+ 12
BA 3 Stahlbetonplatte mit Aluminiumgeländ.+Glas	5.600	1.280	6.880	+ 23
BO 1 PVC-Bodenbelag	4.620	2.710	7.330	+ 59
BO 2 Linoleum-Bodenbelag	5.040	4.060	9.100	+ 81
BO 3 Textiler Bodenbelag	4.620	7.940	12.560	+172
BO 4 Holzparkett-Bodenbelag	8.400	2.700	11.100	+ 32
BO 5 Betonwerkstein-Bodenbelag	nicht vorhanden in der Wohnung			-
BO 6 Fliesen-Bodenbelag	660	-	660	+ 0
IW 1 Putz mit Anstrich (Wohnräume)	8.200	6.460	14.660	+ 79
IW 2 Putz mit Strukturputz	11.280	7.260	18.540	+ 64
IW 3 Putz mit Tapete und Anstrich	10.450	11.360	21.810	+109
IW 4 Profilholz (ohne Putzuntergrund)	nicht vorhanden in der Wohnung			-
IW 5 Putz mit Wandfliesen	2.600	180	2.780	+ 7
AR 1 Waschtischbatterie (2 Metallgriffe) 2 St.	420	780	1.200	+186
AR 2 Waschtischbatterie (Einhebel) 2 St.	700	500	1.200	+ 71
AR 3 Wannen-/ Brausebatterie (Einhebel) 1 St.	580	410	990	+ 71
AR 4 Spültischbatterie (Einhebel) 1 St.	370	240	610	+ 65
IT 1 Innentür mit Anstrich (bauseits)	3.120	1.600	4.720	+ 51
IT 2 Innentür mit DD-Lack (werkseitig)	3.420	400	3.820	+ 12
IT 3 Innentür mit Furnier	3.660	400	4.060	+ 11

SCH: Kosten je Stück/Anteil Wohnung 0,13

Kosten gerundet auf ± 10 DM

* Abgezinste Werte

Abb. 3: Absolute, bauteilmengen-abhängige Investitions- und Bauunterhaltungskosten nach 80 Jahren für die Geschosswohnung MH 90 – DM/Wohnung (Bauteildatenblätter in Anlage 5)

Aufgrund der absoluten, bauteilmengen-abhängigen Investitions- und Bauunterhaltungskosten nach **Abb. 3** kann eine **gezielte Kostenplanung** durchgeführt werden. Dabei gibt es grundsätzlich zwei Ansätze für eine individuelle Zusammenstellung der Bauteile:

- Auswahl nach der Höhe der Investitionskosten
- Auswahl nach der Höhe der Bauunterhaltungskosten

Beispielhaft soll nachgewiesen werden, wie sich die Daten mit dem Ansatz "Geringe Bauunterhaltungskosten" entwickeln.

Bauteil	Kosten		DM/ Wohnung
	Investit. I (100 %)	Bauunterh. BU (80a)	Σ I + BU
AW 2.1 Verblendmauerwerk / ohne Luftschicht	22.950	1.710	24.660
FE 2 Kunststoff- Fenster	10.540	3.680	14.220
SD 1 Steildach mit Betondachsteinen	10.350	800	11.150
SCH 2 Schornsteinkopf mit Faserzementplatten	340	80	420
BA 2 Stahlbetonplatte m. Brüstung a. Verblendmw.	5.400	670	6.070
BO 4 Holzparkett - Bodenbelag	8.400	2.700	11.100
IW 1 Putz mit Anstrich (Wohnräume)	8.200	6.460	14.660
AR 2 Waschtischbatterie (Einhebel) 2 St.	700	500	1.200
IT 3 Innentür mit Furnier	3.660	400	4.060
Σ	70.540	17.000	87.540

Abb. 4: Kostenplanung bei Bauteilen mit geringen Bauunterhaltungskosten für die Geschosswohnung MH 90

Insgesamt können zur Kostenplanung aus den 43 Bauteilen zahlreiche, auf den Einzelfall eines Wohnungsbauvorhabens abgestimmte Alternativen zusammengestellt werden. Weitere Varianten ergeben sich, wenn bereits in den einzelnen Bauteildatenblätter abweichende Ansätze zugrunde gelegt werden. Insofern lässt das hier vorgestellte Berechnungssystem "Abgezinste Kapitalwerte" unbegrenzt viele Modellberechnungen zu.