

**EMPIRIEGESTÜTZTE, LEBENSZYKLUSORIENTIERTE
INSTANDHALTUNGSSTRATEGIEN FÜR IMMOBILIEN
DER ÖFFENTLICHEN HAND**

Zur Erlangung des akademischen Grades eines

DOKTOR-INGENIEURS

von der Fakultät für
Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften
der Universität Fridericiana zu Karlsruhe (TH)
genehmigte

DISSERTATION

von

Dipl.-Ing. Uwe Pfründer

aus

Mosbach

Tag der mündlichen Prüfung: 19.02.2010

Hauptreferent: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wi.-Ing. Kunibert Lennerts

Korreferent Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Wolfdietrich Kalusche

Kiel 2010

ZUSAMMENFASSUNG

Die Kosten für den lebenslangen Unterhalt von Immobilien sind gemessen an den Anschaffungskosten enorm. Der Immobilienbestand der öffentlichen Hand ist sehr umfangreich. Die finanzielle Lage der Kommunen und der Länder ist auf der anderen Seite sehr angespannt und der mittlerweile angestaute Instandhaltungs- und Modernisierungsbedarf erreicht eine bedenkliche Höhe. Zwar wurden einige dringende Maßnahmen durch Mittel aus dem letzten Konjunkturpaket der Bundesregierung vom Jahre 2009 angestoßen, aber durch die Festlegungen, dass diese Mittel anschließend wieder eingespart werden müssen, wird sich die Lage nicht verbessern. Um die knappen Mittel für den Unterhalt von Bestandsimmobilien gezielt einzusetzen, bedarf es einer strategischen Herangehensweise seitens der Budgetverantwortlichen.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung von Instandhaltungs- und Modernisierungsstrategien für Immobilien der öffentlichen Hand auf Basis von umfangreichen und lebenslangen Realdaten. Zu diesem Zweck wurden 18 Bestandsimmobilien der öffentlichen Hand von deren Herstellungszeitpunkt bis heute lebenslang anhand aller erhaltenden und bestandsverbessernden Maßnahmen untersucht.

Im ersten Schritt wurde über die globale Betrachtung der Ausgaben für erhaltende und bestandsverbessernde Maßnahmen und deren Zuordnung zu Auslöserkategorien nach Zusammenhängen und Gesetzmäßigkeiten gesucht. Hier ergaben sich nur wenige zwingende Interdependenzen. Im zweiten Schritt wurden die wesentlichen, im Lebenszyklus einer Immobilie am kostenintensivsten Bauteile ermittelt und für diese anhand der vorliegenden Daten und der für diese Bauteile in der Literatur bekannten Lebensdauern, Bauteilerhaltungsstrategien entwickelt. Da sich über den gesamten Lebenszyklus hinweg bereits für 6 Bauteile mehr als 80% der Kosten für Erhaltungs- und bestandsverändernde Maßnahmen subsumieren wird es im Rahmen dieser Arbeit als ausreichend erachtet für eben diese Bauteile eine Strategie zu entwickeln. Als eine wichtige Marke bei allen in der Untersuchung betrachteten Immobilien und Bauteile kann das Alter von 30 Jahren bezeichnet werden. Hier bildet sich hinsichtlich der Kostenplanung und Strategiewahl eine entscheidende Wendemarke heraus. Bis zu diesem Zeitpunkt, kann bei den meisten Bauteilen mit der Entscheidung für größere bestandsverändernde Modernisierungsmaßnahmen gewartet werden. Daraus ergibt

sich für jedes Bauteil ein mehr oder weniger früherer Zeitpunkt für den Wechsel von einer anfänglichen Ausfallstrategie zu einer Instandhaltungsstrategie. Die vorliegende Arbeit schlägt für diese sechs verschiedenen Bauteile jeweils eine Instandhaltungs- und Modernisierungsstrategie vor, die für Gebäude der öffentlichen Hand anwendbar ist.

SUMMARY

The expenses for the upkeep of properties are compared to the cost of construction enormous. The number of buildings in public portfolios is high. Public authorities have increasing budgetary constraints and the need for modernization has reached an alarming level. In order to keep costs and benefits in balance, an efficient building maintenance plan, which encompasses a “big picture” view of the complete life cycle of the building, has shown itself to be of primary importance when making cost containment decisions.

The study is conceptualized to point out optimal maintenance and modernization strategies for existing buildings. The study focuses on a survey of 18 publicly-owned facilities, for which complete life cycle data has been compiled.

In a first step a global view on value maintaining and increasing measures was compiled. These were correlated with their triggers to discover dependencies, few compelling interdependencies were discovered. In a second step the 6 most expensive components (in terms of maintenance) during the life-cycle of a building were identified, they are responsible for over 80% of the total life cycle costs. Hence, focusing maintenance strategies on these primary components is sufficient. The age of 30 years can be defined as an important turning point in the life cycle of a building. It is after 30 years of age that a decision for modernization is to be made. This study proposes upkeep strategies for these six important building-components to aid public authorities to protect public investments.

INHALTSVERZEICHNIS

Teil I:

Unterhaltsstrategien bzw. Instandhaltungsstrategien: Bestandsaufnahme und theoretische Perspektiven

1	Einleitung	13
1.1	Ausgangssituation.....	13
1.2	Zielsetzung der Arbeit	18
1.3	Aufbau der Arbeit	19
2	Begriffsdefinitionen für Maßnahmen im Bestand im allgemeinen und erhaltenden bzw. verändernden Maßnahmen an Immobilien im speziellen	21
2.1	Instandhaltung	21
2.1.1	DIN 31051 – Grundlagen der Instandhaltung	22
2.1.2	DIN 18960 – Nutzungskosten im Hochbau – Begriffe, Nutzungskostengliederung	24
2.1.3	DIN EN 13306 – Begriffe der Instandhaltung	24
2.1.4	Verordnung über wohnungswirtschaftliche Berechnungen	24
2.1.5	Instandhaltung nach ‘Alcade’	25
2.1.6	Instandsetzung nach GEFMA 122 u.a.	26
2.1.1	Sanieren	28
2.2	Modernisierung	28
2.3	Umbau [DIN32736]	29
2.4	Erweiterung/ Anbau	30
2.5	Verständnis von Maßnahmen im Bestand im Rahmen dieser Arbeit	30
2.6	Gründe und Ursachen für erhaltende Maßnahmen wie Instandhaltung	31
2.7	Gründe und Ursachen für verändernde Maßnahmen	32

3	Lebenszyklusbetrachtungen für Gebäude und Bauteile	33
3.1	Erneuerungszyklen	35
3.2	Abnutzung, Alterung und Ausfallverhalten	38
3.2.1	Abnutzung und Abnutzungsvorrat	39
3.2.2	Alterung	44
3.2.3	Ausfallverhalten	47
3.2.4	Lebensdauer und Nutzungsdauer	51
3.2.5	Sägezahnmodell [HFSZ08]	54
3.2.6	Service life planning nach ISO 15686-1:2000 und –2:2001	55
4	Lebenszykluskostenbetrachtungen	57
4.1	LCC (Lebenszykluskostenberechnungen von Gebäuden).....	57
4.1.1	Nutzungskosten	64
4.1.2	Prognose von Lebenszykluskosten	67
4.2	Gesamtkostenoptimierung / Management der Nutzungskosten.....	68
4.2.1	Instandhaltbarkeit	70
4.2.2	Gesamtaufwendungen für die Instandhaltung eines Gebäudes	71
5	Instandhaltungsmanagement.....	76
5.1	Ziele und Zielgrößen der Erhaltung von Immobilien.....	77
5.2	Formulierung von Zielen der Instandhaltung und Unterhaltung von Immobilien	77
5.3	Organisation der Gebäudeerhaltung	79
5.3.1	Insourcing	80
5.3.2	Outsourcing	81
5.3.3	Gemischte Modelle	84
5.3.4	PPP	84
5.3.5	Organisation der Gebäudeerhaltung (Zusammenfassung)	85
6	Strategien	87
6.1	Erhaltungsstrategien	88

6.1.1	Obsoleszenzstrategie (Verlotterungsstrategie)	88
6.1.2	Substanzerhaltungsstrategie	89
6.1.3	Erneuerungs- / Wertvermehrungsstrategie	91
6.1.4	Zusammenfassung	91
6.2	Grundstrategien der Instandhaltung.....	92
6.2.1	Anlagenbezogene Strategien	94
6.2.2	Personelle Strategien	94
6.2.3	Maßnahmenbezogene Strategien	95
6.2.4	Darstellung verschiedener Übersichten zu den Grundstrategien der Instandhaltung	96
6.2.5	Vorbeugende Instandhaltung	102
6.2.6	Zustandsabhängige Instandhaltung	103
6.2.7	Ausfallbedingte Instandhaltung (Ausfallstrategie)	105
6.2.8	Qualitätssichernde Instandhaltung	106
6.2.9	Kostenminimierung und Zielkonflikt	107
7	Konzept zur Auswahl der Bauteilerhaltungsstrategie	107
7.1	Zusammenfassung	110
8	Entwicklung des Untersuchungskonzepts	111
8.1	Kriterium bei der Immobilienauswahl für die Untersuchung auf Lebenszyklusdaten	113
8.2	Eignung von unterschiedlichen Immobilien für die Untersuchung.....	115
8.2.1	Untersuchte Immobilien - Schulgebäude	116
8.2.2	Untersuchte Immobilien – Büro- und Verwaltungsgebäude	119
8.2.3	Daten zum Herstellungswert (HW)	120
8.2.4	Ermittlung von Lebenszyklusdaten (WEM)	125
8.2.5	Messung der Effizienz von WEM-Maßnahmen während des Lebenszyklus der Immobilie	128
8.2.6	Durchführung der Bewertung der Gebäudesubstanz mit epiqr+ - Ermittlung des Instandhaltungsrückstaus (IHR)	133
8.3	Variablen und untersuchte Einflussgrößen	135

8.3.1	Variablen bezüglich der untersuchten Maßnahmen	135
8.3.2	Berücksichtigung des Baupreisindex	141
9	Ergebnisse	143
9.1	Erhebungsinstrument.....	143
9.1.1	Datenbank	143
9.1.2	Datenerhebung	145
9.1.3	Repräsentativität der Stichprobe	149
9.2	Allgemeine Auswertung der Lebenszyklusdaten.....	150
9.2.1	Darstellung der erhobenen Gebäude (Herstellungskosten)	150
9.2.2	Darstellung der erhobenen Gebäude (WEM-Kosten)	151
9.2.3	Darstellung des Instandhaltungsrückstaus der Gebäude (IHR)	159
9.2.4	Zusammenhang WEM inklusive IHR und den Herstellungskosten	160
9.2.5	Durchschnittliche WEM-Ausgaben pro Lebensphase	162
9.2.6	Entwicklung einer Kenngröße (SWEE) zur Bewertung von WEM+IHR+HW zwischen den unterschiedlich alten Immobilien	163
9.2.7	Ermittlung Best und Worst Practice Immobilien bezüglich SWEE	165
9.3	Entwicklung von Unterhaltsstrategien für Bauteile	174
9.3.1	Kostenintensivste Bauteile während Lebenszyklus aller Immobilien	174
9.3.2	Maßnahmen-Auslöser Kombinationen	178
9.4	Auswertung für Lebenszykluskosten von Bauteilen und Darstellung der Erhaltungsstrategie	181
9.4.1	Bauteil Innenausbau	182
9.4.2	Bauteil HKL	187
9.4.3	Bauteil Fenster	188
9.4.4	Bauteil Elektroinstallationen	192
9.4.5	Bauteil Fassade	194
9.4.6	Bauteil Dach	196
10	Zusammenfassung und Ausblick	200

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Unterteilung der Instandhaltung nach Maßnahmen [DIN31051]	23
Abbildung 2:	Erweiterung des Instandhaltungsbegriffes	25
Abbildung 3:	Planungs- und Vorbereitungsgrad von Instandsetzungen [Alca00]	27
Abbildung 4:	Einordnung der Instandhaltungs- und Modernisierungsdefinitionen	30
Abbildung 5:	Der Lebenszyklus einer Immobilie	33
Abbildung 6:	Lebenszyklus einer Immobilie in Anlehnung an [IFMA04]	35
Abbildung 7:	Beispielhafte Darstellung Erneuerungszyklen von Immobilien	36
Abbildung 8:	Reparaturzyklen von Wohnhäusern in Anlehnung an [PoZa85]	37
Abbildung 9:	Hauptursachen der Abnutzung	40
Abbildung 10:	Hauptursachen für Abnutzung	41
Abbildung 11:	Formen der technischen Abnutzung	41
Abbildung 12:	Darstellung verschiedener Abnutzungskurven nach [ToRF95]	42
Abbildung 13:	Modell des Abnutzungsvorrates	43
Abbildung 14:	Verlauf der Alterung in Abhängigkeit der Instandhaltung	45
Abbildung 15:	Ausfallrate Element in Abhängigkeit der Betriebszeit [EURE00, Vol.3]	48
Abbildung 16:	Überlebenswahrscheinlichkeit von Seriensystemen	50
Abbildung 17:	Überlebenswahrscheinlichkeit von Parallelsystemen	50
Abbildung 18:	Gesamtkostenkurve eines Bauwerks während des Lebenszyklus	53
Abbildung 19:	Sägezahnmodell [HFSZ08]	54
Abbildung 20:	Kostenstruktur für jede Phase eines Immobilienprojekts	59
Abbildung 21:	Abgrenzung der unterschiedlichen Lebenszyklusdefinitionen	59
Abbildung 22:	Gliederung der Lebenszykluskosten von Gebäuden [GrRi04]	62
Abbildung 23:	qualitativer Verlauf der Lebenszykluskosten	64
Abbildung 24:	Einflussmöglichkeiten des Planers auf Bauunterhaltskosten	66
Abbildung 25:	Methoden der LCC-Kosten und deren Zuordnung	67
Abbildung 26:	idealtypischer Verlauf der direkten Instandhaltungskosten	69
Abbildung 27:	Instandhaltungsaufwand in Abhängigkeit vom Gebäudealter	73
Abbildung 28:	verschiedene Formen von Outsourcing (eigene Darstellung)	83
Abbildung 29:	Verlotterungsstrategie [IPBau94-2]	89
Abbildung 30:	Substanzerhaltungsstrategie [IPBau94-2]	90
Abbildung 31:	Instandhaltungsstrategien (eigene Darstellung)	93
Abbildung 32:	Grundstrategien der Instandhaltung [Alca00] und [EN13306]	96

Abbildung 33:	Übersicht der Instandhaltungsstrategien nach 'Jehle'	99
Abbildung 34:	Flussdiagramm zur Wahl geeigneter Bauteilerhaltungsstrategien	109
Abbildung 35:	Vorgehensweise bei der Immobilienauswahl	113
Abbildung 36:	erhobene und untersuchte Daten	114
Abbildung 37:	Untersuchungsmethoden, deren Messgeräte und Hilfsmittel	131
Abbildung 38:	Baupreisindex des Landes Baden-Württemberg 2007 [STLA07]	142
Abbildung 39:	Darstellung der Herstellungskosten und Unterteilung	150
Abbildung 40:	lineare und quadratische Regressionskurve Herstellungskosten	151
Abbildung 41:	Zusammenstellung Ausgaben für alle verändernden Maßnahmen ...	152
Abbildung 42:	Erhaltende Maßnahmen (lebenslang) (WEHM)	152
Abbildung 43:	Maßnahmen im Bestand (Schulgebäude) kumuliert	153
Abbildung 44:	Maßnahmen im Bestand (Verwaltungsgebäude) kumuliert	154
Abbildung 45:	Detailbeschreibung WEM-kosten Schulen (<i>bis 20 Jahre</i>)	155
Abbildung 46:	Detailbeschreibung WEM-Kosten Verwaltungsgeb. (<i>bis 20 J</i>)	155
Abbildung 47:	Detailbeschreibung WEM-Kosten Schulgebäude (<i>zw. 20 u. 40 J</i>)	157
Abbildung 48:	Detailbeschreibung WEM Kosten Verwaltungsgeb. (<i>zw. 20 u. 40 J</i>). 157	
Abbildung 49:	Darstellung des Instandhaltungsrückstaus 2004	159
Abbildung 50:	Korrelation Summe aus WEM und IHR über HK (Bürogebäude)	160
Abbildung 51:	Korrelation Summe aus WEM + IHR über HK (Schulen)	161
Abbildung 52:	Durchschnittliche Ausgaben für Maßnahmen im Bestand / Jahr / m ²	162
Abbildung 53:	SWEE Verteilung der untersuchten Immobilien	165
Abbildung 54:	Schule 8: Lebenszyklus Ausgaben für WEM	168
Abbildung 55:	Schule 5: Lebenszyklus Ausgaben für Erhaltung und Veränderung ..	169
Abbildung 56:	Verw. 2: Lebenszyklus Ausgaben für Erhaltung und Veränderung	170
Abbildung 57:	Verw. 6: Lebenszyklus Ausgaben für Erhaltung und Veränderung	171
Abbildung 58:	Schule 7: Lebenszyklus Ausgaben für Erhaltung bzw. Veränderung. 172	
Abbildung 59:	Schule 9: Lebenszyklus Ausgaben für Erhalt und Veränderung	173
Abbildung 60:	ABC Analyse Kosten WEM nach Bauteilen in Paretodarstellung	174
Abbildung 61:	ABC Analyse WEM Paretodarstellung (Wohlstandsb. 1965-1980)....	175
Abbildung 62:	ABC Analyse WEM Paretodarstellung (Nachkriegsb. 1950-1965)	176
Abbildung 63:	<i>Risikomatrix des Ausfalls eines Instandhaltungsobjekts [KlJo07]</i>	177
Abbildung 64:	Häufigkeit Auslöser-Maßnahmenkombinationen (Häufigkeit in %)	179
Abbildung 65:	Summe Maßnahmen-Auslöser Kombinationen (Pareto-Darstellung)	179
Abbildung 66:	Maßnahmen-Auslöser Kombinationen erhalt. und veränd. Maßn.....	180
Abbildung 67:	Lebensdauerangaben aus der Literatur Innenausbau	183

Abbildung 68:	Schadens und Belastungspotential bei Innenwandputz.....	184
Abbildung 69:	Bauteilstrategie Bauteil Innenausbau	186
Abbildung 70:	Bauteilstrategie Heizung-Klima-Lüftung.....	188
Abbildung 71:	Risikomatrix für das Bauteil Fenster nach <i>Klingenberg</i>	189
Abbildung 72:	Strategie für das Bauteil Fenster	191
Abbildung 73:	Bauteilstrategie Elektroinstallationen	193
Abbildung 74:	Belastungsmatrix Außenwandbekleidung KG 335.1 [GöBt05, Teil3] .	195
Abbildung 75:	Belastungen Außenwandputz [GöBt05, Teil3]	195
Abbildung 76:	Bauteilstrategie Fassade	196
Abbildung 77:	Bauteilstrategie Flachdach	198
Abbildung 78:	Bauteilstrategie Giebeldach	199

Tabelle 1: Darstellung des Modernitätsgrades des Anlagevermögens in Deutschl.	14
Tabelle 2: Einflüsse auf Abnutzungsverhalten und Lebenserwartung	44
Tabelle 3: Modifikationsfaktoren Abschätzung Lebensdauer von Gebäudeelementen.	56
Tabelle 4: Gebäudeartenunterteilung.....	115
Tabelle 5: untersuchte Immobilien	120
Tabelle 6: Kostengruppen nach DIN 276 (1993), 1. und 2. Ebene.....	121
Tabelle 7: Kostengliederung der DIN 276 (1954), 1. und 2. Ebene.....	122
Tabelle 8: Kosten des Friedensneubauwertes	124
Tabelle 9: Eignungsmatrix Verfahren zur Zustandsbeurteilung von Gebäuden	132
Tabelle 10: Maßnahmen und Auslöser-Kürzel	136
Tabelle 11: Liste der in der Datenbank erhobenen Variablen	144
Tabelle 12: unterschiedliche Datenhaltung	146
Tabelle 13: Kriterien für die Zulassung als Untersuchungsobjekt:	147
Tabelle 14: Fehlertests Datenbank	149
Tabelle 15: Best Practice für SWEE.....	165
Tabelle 16: Worst Practice für SWEE.....	166
Tabelle 17: häufigste Maßnahmen – Auslöser Kombinationen Bauteil Innenausbau .	185
Tabelle 18: häufigste Maßnahmen – Auslöser Kombinationen Bauteil HKL	187
Tabelle 19: häufigste Maßnahmen – Auslöser Kombinationen Bauteil Fenster	190
Tabelle 20: häufigste Maßnahmen – Auslöser Kombinationen Bauteil Elektro	192
Tabelle 21: häufigste Maßnahmen – Auslöser Kombinationen Bauteil Fassade	194
Tabelle 22: häufigste Maßnahmen – Auslöser Kombinationen Bauteil Dach.....	197
Tabelle 23: Zusammenfassung Bauteilstrategien	203

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BEWIS	Optimierte Bewirtschaftungsstrategie zum Werterhalt von Bestandsimmobilien
BGF	Bruttogrundfläche
BPI	Baupreisindex
bspw.	Beispielsweise
BW	Bewirtschaftung
bzw.	beziehungsweise
DIN	Deutsches Institut für Normung
etc.	et cetera
FM	Facility Management
FNW	Friedensneubauwert
HK	Herstellkosten
HKL	Heizung Klima Lüftung
HW	Herstellungswert
I	Inspektion
IH	Instandhaltung
IHR	Instandhaltungsrückstau
IS	Instandsetzung
KG	Kostengruppe
LCC	Life Cycle Costs
NB	Neubau
SIA	Schweizer Ingenieur- und Architektenverein
SWEE	Substanzwert Erhaltungs-Effektivität
UH	Unterhalt
usw.	und so weiter
V	Verbesserung
W	Wartung
WEHM	Erhaltende Maßnahmen
WEM	Erhaltende und verändernde Maßnahmen
WESM	Verändernde Maßnahmen (gebrauchswertsteigernd)
WLC	Whole Life Costs

Teil I:

Unterhaltsstrategien bzw. Instandhaltungsstrategien: Bestandsaufnahme und theoretische Perspektiven

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Die gesellschaftlichen Werte in Europa sind wesentlich durch den Gebäudebestand geprägt. Immobilien als Spiegelbild dieser Werte stellen einen erheblichen Vermögenswert dar. So beläuft sich das Bruttobauanlagevermögen in Deutschland derzeit auf ca. 8,79 Bio. €¹. Davon entfallen 4,91 Bio. € auf Wohnbauten und ca. 3,88 Bio. € auf so genannte Nichtwohnbauten. Diese Bedeutung manifestiert sich weiter in der Höhe der Ausgaben, die für Bauleistungen im Bestand anfallen. 56% der Hochbauleistungen von jährlich insgesamt mehr als 140 Mrd. € entfallen auf diesen Bereich.

Vor dem Hintergrund des vorhandenen Baubestandes in Deutschland und anderen europäischen Ländern gewinnt das Instandhalten der vorhandenen Bausubstanz immer mehr an Bedeutung². Beispielsweise sind mehr als 30 % der Schulgebäude in England älter als 50 Jahre³. In Deutschland ist bei Schulgebäuden die Verteilung ähnlich, 30 Prozent der bestehenden Schulgebäude sind zwischen 1870 und 1945 gebaut worden, 10 % zwischen 1945 und 1960 und 50% nach 1960⁴. Dies führt zwangsläufig zu einem erhöhten Unterhaltsbedarf und zu einer Erhöhung der investiven Maßnahmen⁵. So hat in den letzten Jahren der so genannte Modernitätsgrad⁶ stark abgenommen. Das Nettoanlagevermögen ist in den Jahren 1991 bis 2000 real im Durchschnitt um 0,2

¹ [SBAD04], Statistisches Bundesamt Wiesbaden, 2004

² Vgl. [PfBL06]

³ Vgl. [WiRi02]

⁴ Vgl. [PfBL06]

⁵ Vgl. [Clau89], Seite 25

⁶ Das im Rahmen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen der Länder ermittelte **Nettoanlagevermögen** umfasst den aktuellen Zeitwert aller in der Vergangenheit getätigten und derzeit noch genutzten Investitionen. Es enthält die in Ausrüstungen und Bauten gebundenen Werte der gewerblichen, öffentlichen und privaten Eigentümer. Das **Bruttoanlagevermögen** stellt den Wert aller in der Vergangenheit angeschafften und derzeit noch genutzten Güter ohne Berücksichtigung des Wertverlustes dar. Das Verhältnis von Netto- zu Bruttoanlagevermögen wird als **Modernitätsgrad** bezeichnet und ist ein Maß für den Alterungsprozess des Anlagevermögens. Der **Modernitätsgrad** drückt aus, wie viel des anfänglich vorhandenen Vermögens zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch vorhanden ist.

Prozentpunkte pro Jahr langsamer gewachsen als das Bruttoanlagevermögen. Der Wachstumsabstand zwischen Brutto- und Nettoanlagevermögen hat sich von 0,1 Prozentpunkten in den ersten auf 0,3 Prozentpunkte in den letzten fünf Jahren erhöht.

Tabelle 1: Darstellung des Modernitätsgrades des Anlagevermögens in Deutschland in Prozent⁷

Modernitätsgrad am Jahresanfang in [%]										
1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
64,1	64,1	64,1	63,9	63,7	63,6	63,3	63,2	63,0	62,8	62,7

Die Kosten, die während des gesamten Lebenszyklus einer Immobilie auftreten, sind immens. Die Haushaltslage der Städte und Gemeinden hingegen, die u.a. verantwortlich für die Unterhaltung von Schulen, Verwaltungsgebäuden, Kindergärten usw. sind, ist allgemein sehr angespannt. Die Kassenkredite der Kommunen in Deutschland – ursprünglich lediglich zur Überbrückung von Liquiditätsengpässen gedacht – haben im Jahr 2006 ein Rekordhoch von 23 Mrd. € erreicht und werden von zahlreichen Städten sogar zur Finanzierung laufender Ausgaben verwendet⁸. Ein Rückgang der Investitionen ist die Folge. Inzwischen (2005) liegen die Investitionen in den Kommunalhaushalten um 45% unter dem Niveau von 1992⁹. Die Kürzung von Investitionen in der Bauunterhaltung wirkt sich zwar ohne Zeitverzug positiv auf den jeweiligen Haushalt aus, die Auswirkungen an der Gebäudesubstanz werden jedoch erst später sichtbar¹⁰. Nach Schätzungen des Deutschen Instituts für Urbanistik umfasst der Investitionsbedarf allein im Schulbausektor rund 98 Mrd. €¹¹. Die öffentliche Hand steht vor einem enormen Problem. Alleine ist sie nicht mehr in der Lage, erforderliche Modernisierungsmaßnahmen zeitnah durchzuführen.

Im deutlichen Gegensatz hierzu steht die Kenntnis über den Gebäudebestand in Europa. Diese Kenntnis beschränkt sich auf die Alterstruktur von Wohngebäuden. Der Anteil der Wohngebäude über 30 Jahre beträgt über 60%. Es ist anzunehmen, dass der Anteil von Nichtwohngebäuden aus dieser Altersgruppe ebenfalls bei über 50% liegt.

⁷ Vgl. [ScOd01] Seite 351

⁸ Vgl. [VDI05] VDI Nachrichten Nr. 47; „Einnahmen und Ausgaben des Staates“

⁹ Vgl. [www4] Pressedienst des Deutschen Städtetages „Deutscher Städtetag legt Finanzdaten für die Jahre 2005 und 2006 vor“

¹⁰ Vgl. [KGStXX] KGSt Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachung, Bericht Nr. 9

¹¹ Vgl. Deutsches Institut für Urbanistik (difu)

'Kohler' hat im Rahmen eines Forschungsprojekts¹² eine Basis geschaffen, für die Entwicklung von optimierten Bewirtschaftungsstrategien und –methoden, die zukünftige Stoffströme, Ressourcenverbrauch, Energieverbrauch, Emissionen und die dadurch entstehenden Kosten prognostizieren helfen.

Nach 'TÜV Energie und Umwelt GmbH'¹³ sind fundierte Kenntnisse über die Haltbarkeit von verschiedenen Bauteilen, um den mittel- und langfristigen Instandhaltungsbedarf von Bauwerken prognostizieren zu können, weitgehend nicht vorhanden. Entsprechendes gilt für das Wissen um die Kosten der kontinuierlichen Wartung und für das Gebäudemanagement. Erhaltende Maßnahmen werden regelmäßig erst dann durchgeführt, wenn Schäden eingetreten sind. Zeitdruck und mangelhafte Vorbereitung der Instandsetzungsmaßnahmen sind die typischen Folgen. Es besteht nur in Ausnahmefällen eine Strategie für die nachhaltige Nutzung und Bewirtschaftung von Immobilien.

'Kalusche' bemängelt, dass Kennwerte zu Bauteilen, die in der Fachliteratur zu finden sind, meist nicht im erforderlichen Umfang, vor allem nicht hinsichtlich der Einflüsse, beschrieben werden. Die Rahmenbedingungen für die wirtschaftliche Nutzungsdauer eines Gebäudes unterliegen gegenwärtig Veränderungen in bisher unbekanntem Ausmaß. Auf dem Gebiet der Datenerhebung und der darauf aufbauenden Forschung besteht erheblicher Handlungsbedarf¹⁴.

Die aktuelle Diskussion, die sich mit Möglichkeiten der Finanzierung dringend notwendiger Modernisierungs- und Instandhaltungsmaßnahmen auseinandersetzt, stellt zunehmend Lösungsansätze wie Gebäudeleasing, PPP (Public Private Partnership), oder BOT (Build Operate Transfer) heraus. Es geht darum, langfristige Lösungen für die aktuell anstehenden Probleme zu finden. Fragestellungen wie Nachhaltigkeit nicht nur im Sinne von Ökobilanzen und Stoffströmen in Bezug auf die verwendeten Baumaterialien müssen beantwortet werden. 'Pelzeter' beschreibt den Einfluss von Entscheidungen in der Konzeptions- und Planungsphase von Immobilien auf den gesamten Lebenszyklus einer Immobilie und damit auf die Folgekosten¹⁵ als noch nicht ausreichend erforscht. Der Grad des Einflusses der Herstellung einer Immobilie auf die spätere Lebenszeit scheint hoch, bleibt aber als Fragestellung genauer zu untersuchen.

¹² [KOHL02], Forschungsprojekt: „Validierung eines integrierten dynamischen Modells des Deutschen Gebäudebestands“, KO 1488/4

¹³ [TÜVE02] Nachhaltiges Bauen im Bestand; Workshopdokumentation, Herausgegeben vom TÜV Energie und Umwelt GmbH, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung

¹⁴ Vgl. [WDKa04] S.11 f.

¹⁵ Siehe auch [PeAn06] S. 2, und S. 244

Der Bau von Immobilien und deren anschließende Unterhaltung werden häufig als nicht direkt miteinander vergleichbar beschrieben. Jede Immobilie wird als eigener Prototyp bezeichnet, der spezifische Probleme hat und eigene Lösungsansätze erfordert¹⁶. Dies mag aber zum größten Teil an der mangelnden Kenntnis von lebenslangen Gebäudedaten liegen.

Es gibt nur wenige Forschungsarbeiten, die lebenslange Realdaten von Immobilien verwenden, um daraus Strategien für den Unterhalt von Immobilien zu entwickeln. Das liegt nach Ansicht des Verfassers dieser Arbeit an der Tatsache der mangelnden Verfügbarkeit, die wiederum begründet liegt in der bisher fehlenden Sensibilisierung gegenüber dem Lebenszyklusgedanken. Zum anderen ist es per se schwierig, die Flut von Daten, die über den Lebenszyklus einer Immobilie hinweg anfallen, zu archivieren bzw. sinnvoll zu verarbeiten. Erst mit Einführung der leistungsfähigen Datenverarbeitung und der Verbreitung von großen Speichermedien ist es möglich, Daten über Jahre hinweg zu speichern und auf Abruf zu verarbeiten. Früher übliche Archivierungsformen wie Karteikarten, übergroße Bücher, die Buchungsvorgänge der Buchhaltung dokumentieren oder gar die Archivierung alter Rechnungen in Ordnern benötigen viel Platz und ein organisiertes Ordnungsschema. Die Anzahl der Immobilienbesitzer, die Kenntnis über Maßnahmen der Vergangenheit einer Immobilie womöglich zurückverfolgend bis zum Herstellungszeitpunkt besitzen, ist relativ rar. Schon aus diesem Grund ist die Zahl der Forschungsprojekte, die sich mit der Untersuchung von Daten zu bereits in der Vergangenheit durchgeführten erhaltenden oder den Bestand verändernden Maßnahmen beschäftigen, sehr gering.

Eine in dieser Hinsicht hervorzuhebende Arbeit ist die von *'Meyer-Meierling'*¹⁷. Er beschäftigt sich mit der Optimierung von Instandhaltungszyklen und deren Finanzierung für Wohnbauten. Die Ergebnisse dieser Studie beruhen auf empirischen Daten eines großen Wohnimmobilienportfolios in der Schweiz. Er beschreibt das Ergebnis seiner Arbeit als ein Standardmodell für die optimale Erhaltung von Wohngebäuden, allerdings ohne die spezifischen Interessen der Besitzer oder Gebäudeunterhalter zu berücksichtigen.

*'Straub'*¹⁸ entwickelt in einem Forschungsprojekt ein Modell, um Instandhaltungsstrategien für Wohnungsbauportfolios abzuleiten. Nach *Straub* ist eine

¹⁶ Diese Aussagen spiegeln die Meinungen von Verantwortlichen für die Bewirtschaftung und Unterhaltung von Immobilien aus vielen Gesprächen wider.

¹⁷ [ChMe99]

¹⁸ [StAd03]

Gebäudestrategie maßgeblich von der Lebenserwartung der Gebäude und der verlangten Funktion der Gebäudeelemente abhängig. Ein zustandsabhängiger Ansatz ist notwendig, um den Besitzer in die Lage zu versetzen, aktuelle und gewünschte Leistungsmerkmale und die Kosten über den Lebenszyklus der Immobilie zu kontrollieren.

Eine der wenigen weiteren Arbeiten, die sich mit Realdaten während des Unterhalts von Bestandsimmobilien beschäftigt, ist die von *'Minami'*¹⁹. Er untersucht 1.255 Postgebäude in Japan in Bezug auf ihre Unterhaltskosten. Dabei analysiert *Minami* die Kosten für Instandsetzungs- und sogenannte Verbesserungsarbeiten²⁰ für diese Gebäude und stellt den Zusammenhang zwischen den gesamten Instandhaltungskosten und den Modernisierungskosten pro Quadratmeter Fläche über das Alter dar. Die Analyse basiert auf Daten der Verwaltung im Jahr 2000. Er erreicht durch die große Anzahl von Gebäuden und die Streuung verschiedener Altersgruppen innerhalb der Untersuchungsgruppe die Abbildung von Gebäudelebenszyklen. Um aber einen weiteren genaueren Vergleich zu erhalten, hat er darüber hinaus noch einige Postgebäude über den Lebenszeitraum von 20 Jahren genauer untersucht. Im Ergebnis stellt *'Minami'* für verschiedene Folgekostengruppen die durchschnittlichen Kosten pro Fläche dar.

Keine der oben aufgeführten Arbeiten lässt anhand von erhobenen Daten eine Ermittlung des Zusammenhangs zwischen Herstellung, Unterhaltung und resultierendem Instandhaltungsrückstau zu.

'Flanagan et al' beschreibt einen Mangel an langfristigen Lebenszykluskostenbetrachtungen²¹. Die *Workshopdokumentation „Nachhaltiges Bauen im Bestand“*²² beschreibt die zunehmende Bedeutung von Forderungen wie „Nachhaltiges Bauen“ und „Lebenszyklusbetrachtung“. Jedoch fehlen immer noch verlässliche Definitionen und kalkulatorische Ansätze für deren Umsetzung.

Ansonsten lassen sich keine Untersuchungen identifizieren, die zur Ermittlung der laufenden Lebenszykluskosten Realdaten als Basis nehmen. Vielmehr ist man bei prospektiven Kalkulationen im Rahmen von PPP-Projekten auf Abschätzungen und Annahmen angewiesen, die mitunter sehr ungenau sein können.

¹⁹ [MiKa03]

²⁰ Verbesserungsarbeiten sind in diesem Zusammenhang als Maßnahmen die den Wert der Immobilie steigern zu verstehen.

²¹ Vgl. [FNMR89]

²² Vgl. [TUEV02]

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen des Forschungsprojekts BEWIS, welches durch die Landesstiftung Baden-Württemberg finanziert wurde.

Ziel dieser Arbeit ist das Schließen der Wissenslücke um die mittel- und langfristige Instandhaltungsplanung von Immobilien. Eine fundierte Strategie für die Unterhaltung von Immobilien muss nach Auffassung des Verfassers dieser Arbeit auch anhand von Realdaten entwickelt werden. Mit der vorliegenden Arbeit wird eine entscheidende Grundlage zur Entwicklung von lebenszyklusorientierten Immobilienbewirtschaftungsstrategien geschaffen.

Grundlage der Arbeit ist die umfangreiche Erhebung von Lebenszyklusdaten von insgesamt 18 Realimmobilien. Das besondere an dieser Vorgehensweise ist die Verwendung von Daten, welche über den gesamten Lebenszyklus der untersuchten Immobilien vom Herstellungszeitpunkt bis zum Jahr 2004 vollständig zur Verfügung standen. Durch die komplette Darstellung der Lebensphasen von der Herstellung über die Nutzungsphase, d.h. über die Erhebung aller diese Phasen betreffenden Daten, ist eine empirische Abbildung der Wirklichkeit in der Gebäudeunterhaltung möglich. Um eine Bewertung der Lebenszyklen durchführen zu können, wird im Rahmen der vorliegenden Untersuchung für jede Immobilie der aktuelle Instandhaltungsrückstau bauteilweise ermittelt. Nur auf diese Weise ist es möglich, eine Erhaltungsstrategie²³ für Immobilien zu entwickeln.

Über die globale Sicht der Gesamtimmobilie wird anschließend im Rahmen der Arbeit auf die einzelnen Bauteile fokussiert. Für diese Bauteile werden Strategien entwickelt, die wiederum Grundlage bilden für eine lebenszyklusorientierte Immobilien-erhaltungsstrategie.

²³ Der Begriff Erhaltung wird im weiteren Verlauf der Arbeit erläutert und definiert. Für diesen Abschnitt soll das allgemeine Verständnis der Begriffe durch den Leser genügen.

1.3 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit baut sich wie folgt auf:

Teil I: Unterhalts- oder Erhaltungsstrategien bzw. Instandhaltungsstrategien:
Bestandsaufnahme und theoretische Perspektiven

1. Problemstellung
2. Lebenszykluskostenbetrachtungen
3. Konzept zur Auswahl der Bauteilerhaltungsstrategie

Teil II: Bewirtschaftungs- bzw. Unterhaltungsstrategien von Immobilien und deren Erfolgsfaktoren

4. Ergebnisse
5. Allgemeine Auswertung der Lebenszyklusdaten
6. Auswertung für Lebenszykluskosten von Bauteilen und Darstellung der Erhaltungsstrategie

Der erste Teil der Arbeit beschäftigt sich mit den theoretischen Grundlagen von Gebäudeunterhalt und –instandhaltung. Nach einer kurzen Beschreibung der Problemstellung werden im 2. Kapitel Begriffe und Definitionen, die im Rahmen dieser Arbeit relevant sind, definiert und erläutert.

Dabei wird vor allem das Verständnis des Verfassers von Gebäudeerhaltung mit den zugehörigen Maßnahmen festgelegt.

Die so definierten erhaltenden und bestandsverändernden Maßnahmen werden im 3. Kapitel in die Lebenszyklusbetrachtungen von Gebäuden und Bauteilen eingebettet. Wichtig ist in diesem Zusammenhang vor allem die Beschreibung von Abnutzungs- und Ausfallverhalten von eben diesen Gebäuden und Bauteilen.

Im anschließenden 4. Kapitel werden zuerst allgemeine Betrachtungen von während des Gebäudelebenszyklus auftretenden Kosten durchgeführt. Danach werden die im Rahmen der Untersuchung ermittelten Kosten in diese Lebenszyklusbetrachtungen eingebunden.

Im folgenden 5. Kapitel werden die Organisation und das Management von Gebäudeunterhalt und Instandhaltung erläutert. Daraus wird im 6. Kapitel die Theorie von Unterhalts- und Instandhaltungsstrategien entwickelt, die als Grundlage für die

spätere Strategiebildung der Bauteile dient. Hierzu wird vom Verfasser abschließend im 7. Kapitel ein Konzept zur Wahl der Bauteilerhaltungsstrategie dargestellt.

Der zweite Teil der Arbeit beschäftigt sich mit der Realdatenauswertung von in diesem Zusammenhang untersuchten Immobilien. Von 18 Schulen und Verwaltungsgebäuden wurden für den Zeitraum der Herstellung bis zum Jahr 2004 alle Kosten für verändernde und erhaltende Maßnahmen erfasst. Diese Daten bilden die Grundlage für die Entwicklung eines Untersuchungskonzeptes in Kapitel 8.

Im Rahmen dieses Untersuchungskonzeptes werden die Daten der Gebäude erst aus globaler Sicht betrachtet, um dann bauteilspezifisch untersucht zu werden.

Am Ende der Arbeit steht als Ergebnis eine Bauteilerhaltungsstrategie, die exemplarisch auch für andere gleichartige ähnlich genutzte Immobilien der öffentlichen Hand angewendet werden kann.

2 Begriffsdefinitionen für Maßnahmen im Bestand im allgemeinen und erhaltenden bzw. verändernden Maßnahmen an Immobilien im speziellen

Die Zusammenhänge von Instandhaltung und Modernisierung von Immobilien und deren Anlagen werden für das Verständnis der vorliegenden Untersuchung im Folgenden näher erläutert. Insgesamt gesehen zielen alle Maßnahmen, die weiter unten beschrieben werden, auf die Erhaltung oder Veränderung der jeweiligen Gebäude. Die Erhaltung zielt nach *'Bundesarbeitskreis Altbauerneuerung'* auf die Sicherung des Sollzustandes eines Gebäudes²⁴. Während der Soll-Zustand alle erforderlichen Gebrauchseigenschaften zur Nutzung unter Berücksichtigung der vor auszusehenden Einwirkungen durch die Nutzung oder bspw. die Umwelt beinhalten. Alle im Folgenden definierten Begriffe sind Bestandteil der Datenerhebung im Rahmen dieser Arbeit. Es bestehen grundsätzlich viele unterschiedliche und nicht immer einheitliche Definitionen. Besonders der Begriff der Instandhaltung ist in unterschiedlichen Quellen verschieden belegt. Das folgende Kapitel soll darüber einen Überblick geben und anschließend das Verständnis im Rahmen dieser Arbeit darstellen.

2.1 Instandhaltung

Die Instandhaltung dient der Bewahrung der Gebrauchstauglichkeit²⁵ durch einmalige und regelmäßige Maßnahmen. Sie umfasst sowohl bauliche als auch betriebliche Tätigkeiten. Infrastrukturelle Maßnahmen an technischen Anlagen, z.B. Reinigung, Tätigkeiten an technischen Anlagen sowie alle Reparaturen sind Bestandteil der Instandhaltung. Wert und Qualität der Immobilie nehmen wegen Alterung und Abnutzung stetig ab. Die Instandhaltung dient der Erhaltung. Eine vernachlässigte Instandhaltung beschleunigt demzufolge die Alterung und Wertminderung.

Die Instandhaltung in ihrer wirtschaftlichen Bedeutung ist enorm. Sie beträgt z.B. in Großbritannien über 5 % des Bruttonutzenprodukts und ist stetig steigend²⁶. In anderen Ländern wie Deutschland ist diese Bedeutung ähnlich, wenn nicht höher²⁷.

²⁴ Vgl. [BAKA06]

²⁵ Zu Beginn der Nutzung einer Einheit (im Sinne einer Anlage oder Immobilie) wohnt dieser eine 100 %ige Gebrauchstauglichkeit inne. Diese Reserve verbraucht sich mit zunehmendem Alter mehr und mehr. Der Begriff Gebrauchstauglichkeit wird im Folgenden weiter präzisiert.

²⁶ Vgl. [BMSR05-3] Seite 3

Der Begriff der Instandhaltung wird in den verschiedenen vorhandenen Regelwerken sehr unterschiedlich definiert. 'Jehlen' gibt eine Übersicht der verschiedenen Definitionen. Er nimmt eine grobe Einteilung der Begriffsdefinitionen in zwei Gruppen vor²⁸.

Auf der einen Seite steht die Gruppe der Regelwerke, welche die Instandhaltung in die Begriffe Wartung, Instandsetzung, Inspektion sowie teilweise noch Verbesserung unterteilen:

- DIN 31051 – Grundlagen der Instandhaltung
- DIN 18960 – Nutzungskosten im Hochbau – Begriffe, Nutzungskostengliederung
- DIN EN 13306 – Begriffe der Instandhaltung
- II. Berechnungsverordnung, Verordnung über wohnungswirtschaftliche Berechnungen

Auf der anderen Seite steht die Gruppe der Regelwerke, die zwischen der Instandhaltung, d.h. Wartung und Inspektion und der Instandsetzung unterscheiden. Diese beiden Normen bzw. Verordnungen verwenden den Begriff Instandhaltung und Instandhaltung parallel.

Hierzu gehören:

- Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI)²⁹
- SIA 469 – Erhaltung von Bauwerken (Schweiz)

Auf diese letzte Gruppe soll in diesem Zusammenhang nicht näher eingegangen werden.

2.1.1 DIN 31051 – Grundlagen der Instandhaltung

Die Einteilung nach der DIN 31051 ist in Abbildung 1 ersichtlich. Demnach kann die Instandhaltung vollständig in die vier Grundmaßnahmen Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserung unterteilt werden.³⁰

²⁷ Vgl. [EURE00,Vol.1] Seite 66ff

²⁸ in Anlehnung an [Jehl89], Seite 19ff.

²⁹ Vgl. [HOAI09], §2 Abs. 2, „Instandhaltungen sind Maßnahmen zur Erhaltung des Soll-Zustandes eines Objekts“, wobei Objekte als Gebäude, raumbildende Ausbauten, Freianlagen, Ingenieurbauwerke, Verkehrsanlagen, Tragwerke und Anlagen der Technischen Ausrüstung definiert werden. Die Instandsetzungen werden gesondert definiert als Maßnahmen zur Wiederherstellung des zum bestimmungsgemäßen Gebrauch geeigneten Zustandes (Soll-Zustandes) eines Objekts, sofern diese nicht unter Maßnahmen der Modernisierung fallen.

³⁰ Nach der DIN 31051:1985-01 ist die Instandhaltung die Gesamtheit der Maßnahmen zur Bewahrung und Wiederherstellung des Sollzustands sowie zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustands von technischen Arbeitsmitteln. Der wesentliche Unterschied zur DIN 31051 in der Fassung 2003 ist die Einbeziehung von

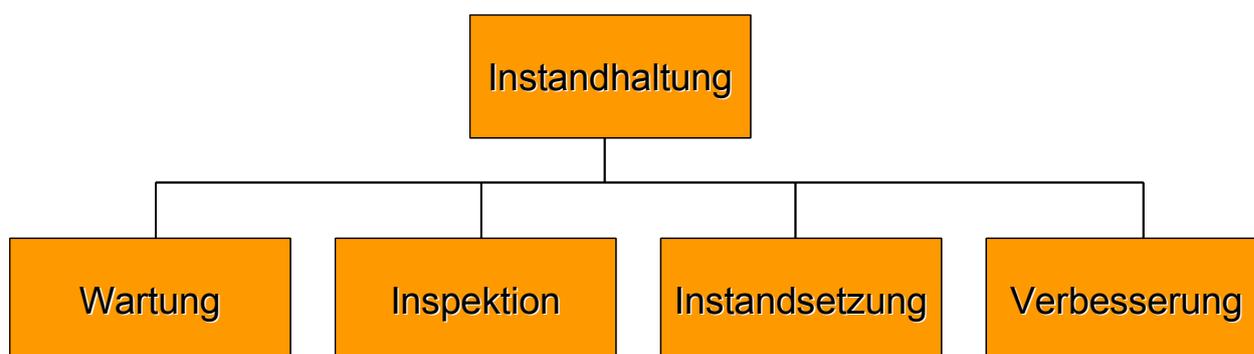


Abbildung 1: Unterteilung der Instandhaltung nach Maßnahmen [DIN31051]

Nach 'Spilker et. al.' lässt sich die DIN 31051, trotz der thematischen Gewichtung auf Maschinen und Anlagentechnik, gleichfalls für Immobilien anwenden³¹.

In der DIN 31051 sind die oben aufgeführten Begriffe wie folgt definiert:

Instandhaltung:

„Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements während des Lebenszyklus einer Betrachtungseinheit zur Erhaltung des funktionsfähigen Zustandes oder der Rückführung in diesen, so dass sie die geforderte Funktion erfüllen kann“³².

Wartung:³³

„Maßnahmen zur Verzögerung des Abbaus des vorhandenen Abnutzungsvorrats“^{34,35}.

Verbesserungsmaßnahmen unter den Begriff Instandhaltung. Darüber hinaus wird der Begriff präziser beschrieben und auf den gesamten Lebenszyklus einer Betrachtungseinheit ausgeweitet. Es sind nicht mehr nur technische Arbeitsmittel inbegriffen sondern es wird der allgemeine Begriff *Betrachtungseinheit* gewählt.

³¹ Vgl. [SpOs00] S. 5

³² [DIN31051], Seite 3; entspricht der Definition nach der EN 13306

³³ Nach VDI2067-1 Ausgabe 83 wird das Warten und Inspizieren in einer Begrifflichkeit zusammengefasst, nämlich der Wartung. Demzufolge gehören zu Wartung „ die Überwachung und Pflege, Reinigung der Anlage und des Betriebsraumes, sowie das Inspizieren der Anlagenteile....“ Diese Definition ist nicht konform zur DIN 31051, wo Wartung und Inspektion klar getrennt sind.

³⁴ [DIN31051], Seite 3

³⁵ Vgl. [LePA03], Seite 44, danach handelt es sich bei Wartung und Inspektion um generell planbare Tätigkeiten. Zu Inspektionen gehören auch Prüfungen nach gesetzlichen Vorgaben (siehe DIN 31051). Für den reibungslosen Ablauf des Prozesses ist eine rechtzeitige Information des Kunden über die Terminplanung in Bezug auf die Durchführung der Wartungen und Inspektionen wichtig. Somit können dann Terminänderungen auf Wunsch des Kunden berücksichtigt werden. Wesentlicher Bestandteil der Wartung und Inspektion ist die Inspektionsanalyse. Nur die sorgfältige Analyse der Inspektionsergebnisse sichert die rechtzeitige Auslösung von Instandsetzungsaufträgen. Durch eine sorgfältige Analyse der Wartungen und Inspektionen kann eine weitere Anpassung der Intervalle in Bezug auf sicherheitstechnische und wirtschaftliche Aspekte erfolgen. In der Auftragsabweichungsanalyse wird die Optimierbarkeit der einzelnen Arbeitsabläufe bezüglich der reinen Leistungserbringung untersucht.

Inspektion:

„Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes einer Betrachtungseinheit einschließlich der Bestimmung der Ursachen der Abnutzung und dem Ableiten der notwendigen Konsequenzen für eine künftige Nutzung“³⁶.

Instandsetzung:

„Maßnahmen zur Rückführung einer Betrachtungseinheit in den funktionsfähigen Zustand, mit Ausnahme von Verbesserungen“³⁷.

Verbesserung:

„Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements zur Steigerung der Funktionssicherheit einer Betrachtungseinheit, ohne die von ihr geforderte Funktion zu ändern“³⁸.

2.1.2 DIN 18960 – Nutzungskosten im Hochbau – Begriffe, Nutzungskostengliederung

Die DIN 18960 regelt die Einordnung der Kosten, die während der Nutzungsphase von Immobilien auftreten in definierte Kategorien. Demnach subsumieren sich unter die Betriebskosten die Kosten (KG 350) für Bedienung, Inspektion und Wartung. Kosten für Instandsetzung (KG 400) werden gesondert aufgeschlüsselt.

2.1.3 DIN EN 13306 – Begriffe der Instandhaltung

Die in der DIN EN 13306 definierten Begrifflichkeiten werden lediglich aufgelistet nicht aber gegeneinander abgegrenzt. Die Definitionen gehen mit der DIN 31051 konform, da sich diese an der Europäischen Norm orientiert.

2.1.4 Verordnung über wohnungswirtschaftliche Berechnungen nach dem Zweiten Wohnungsbaugesetz, II. BV (letzte Änderung 2007)

In der zweiten Berechnungsverordnung werden Instandhaltungskosten³⁹ definiert. Die Instandhaltung wird als Summe von Maßnahmen, die während der Nutzungsdauer zur Erhaltung des bestimmungsgemäßen Gebrauchs durchgeführt werden müssen, um die durch Abnutzung, Alterung und Witterungseinwirkung entstehenden baulichen oder

³⁶ [DIN31051], Seite 3

³⁷ [DIN31051], Seite 4

³⁸ [DIN31051], Seite 4

³⁹ Vgl. [2BVO_07], S. 20

sonstigen Mängel ordnungsgemäß zu beseitigen. Ausgeschlossen werden ausdrücklich Modernisierungsmaßnahmen und Maßnahmen der Erweiterung.

Als Modernisierungsmaßnahmen wiederum werden bauliche Maßnahmen, die den Gebrauchswert des Wohnraums nachhaltig erhöhen, die allgemeinen Wohnverhältnisse auf Dauer verbessern oder nachhaltig Einsparungen von Energie oder Wasser bewirken, bezeichnet⁴⁰.

2.1.5 Instandhaltung nach 'Alcade'

'Alcade'⁴¹ unterteilt die Instandhaltungsmaßnahmen des Weiteren in präventive, kurative und perfekte Maßnahmen⁴². Die präventiven Maßnahmen umfassen vor allem die Wartung und die Inspektion, da sie einer Verschlechterung des Zustandes eines Gebäudes bzw. einer Anlage vorbeugen sollen. Bei den kurativen Maßnahmen geht es hingegen um eine Behebung der Verschlechterung des Zustandes eines Gebäudes, seiner Bauteile oder einer Anlage. Hier fallen vor allem die Instandsetzungen ins Gewicht. Die perfekte Instandhaltung beinhaltet die Verbesserung einer Anlage. Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 2 dargestellt.

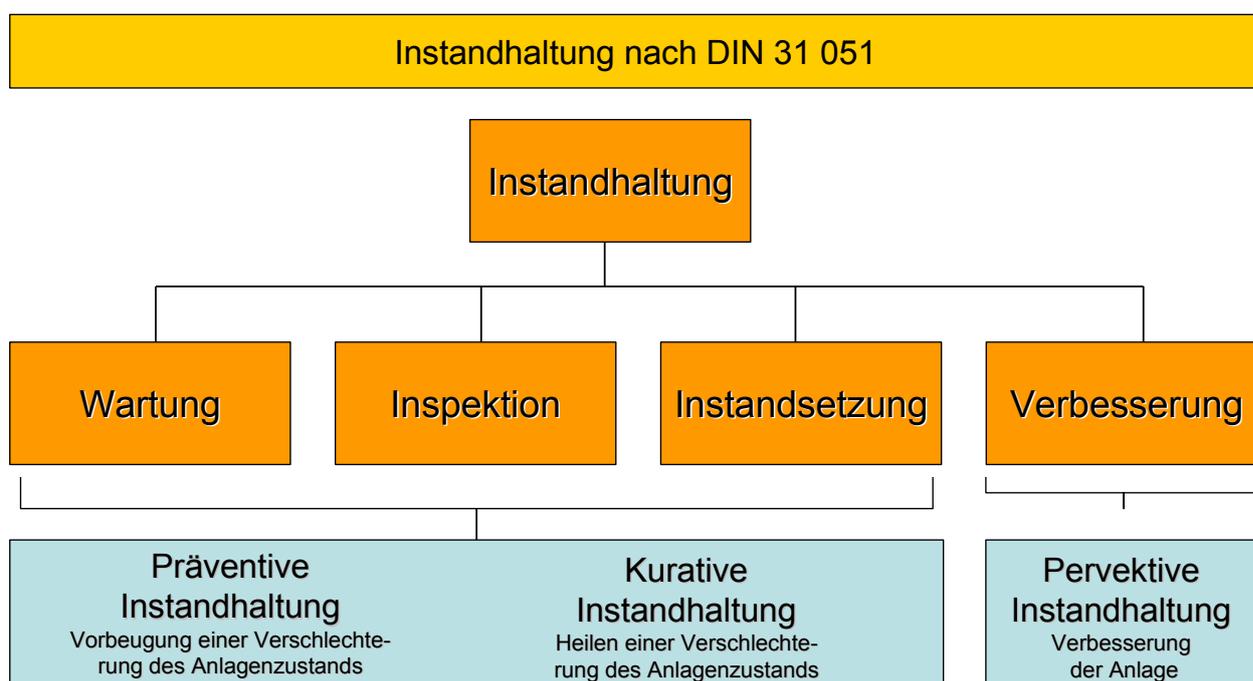


Abbildung 2: Erweiterung des Instandhaltungsbegriffes 'Alcade' vom Verfasser an DIN31051 angepasst

⁴⁰ Vgl. [2BVO_07], S.11

⁴¹ Vgl. [Alca00]

⁴² vgl. [Alca00], Seite 22f

Die perfektive Instandhaltung trägt nachhaltig dazu bei, durch die Verbesserung der Leistungsfähigkeit der baulichen oder technischen Anlage den Unternehmenserfolg zu steigern.

2.1.6 Instandsetzung nach GEFMA 122 u.a.

'GEFMA 122' unterscheidet zusätzlich zur Definition nach DIN 31051 zwischen der kleinen und der großen Instandsetzung⁴³ als Teil der Instandhaltung. Wobei unter kleiner Instandsetzung alle Maßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustandes verstanden werden, die ein gewisses Kostenlimit nicht überschreiten, während die große Instandsetzung dieses überschreitet⁴⁴. Der Austausch von Verschleißteilen im Rahmen einer Wartung zählt beispielsweise zur kleinen Instandsetzung, während eine große Instandsetzung das Reparieren mit einschließt.

Die Instandsetzung, in alten Quellen auch als Reparatur bezeichnet, dient der Wiederherstellung des Sollzustandes. In diesem Zusammenhang sollte der anzustrebende Sollzustand nicht primär mit Vergangenheitsdaten bemessen werden, sondern sich anhand eines neuen Sollzustandes mit abweichenden neuen Anforderungen, die einen erhöhten Abnutzungsvorrat⁴⁵ vorgeben, orientieren⁴⁶. Die Instandsetzung lässt sich in die Teilmaßnahmen Ausbessern und Austauschen aufteilen. Nach dem Planungs- und Vorbereitungsgrad kann man die Instandsetzung in die drei Fälle der geplanten, vorbereiteten und unvorhergesehenen Instandsetzung unterteilen⁴⁷.

⁴³ Vgl. [GEFM96], (GEFMA 122) Seite 2

⁴⁴ vgl. [Krug85], Seite 10 Instandhaltung beinhaltet Wartung, Instandsetzung und Inspektion. Instandhaltung umfasst somit Maßnahmen zur Wahrung und Wiederherstellung des Gebrauchs-, Funktions- oder Wohnwertes (Soll-Zustandes) sowie zur Feststellung und Beurteilung des gegenwärtigen Gebrauchs- Funktions- oder Wohnwertes (Ist-Zustandes).

⁴⁵ [DIN31051] Abnutzungsvorrat: „Vorrat der möglichen Funktionserfüllungen unter festgelegten Bedingungen, der einer Betrachtungseinheit aufgrund der Herstellung, Instandsetzung oder Verbesserung innewohnt.“ Siehe auch Kapitel 3.2.

⁴⁶ Vgl. [Alca00], S19ff

⁴⁷ vgl. [Alca00], Seite 20

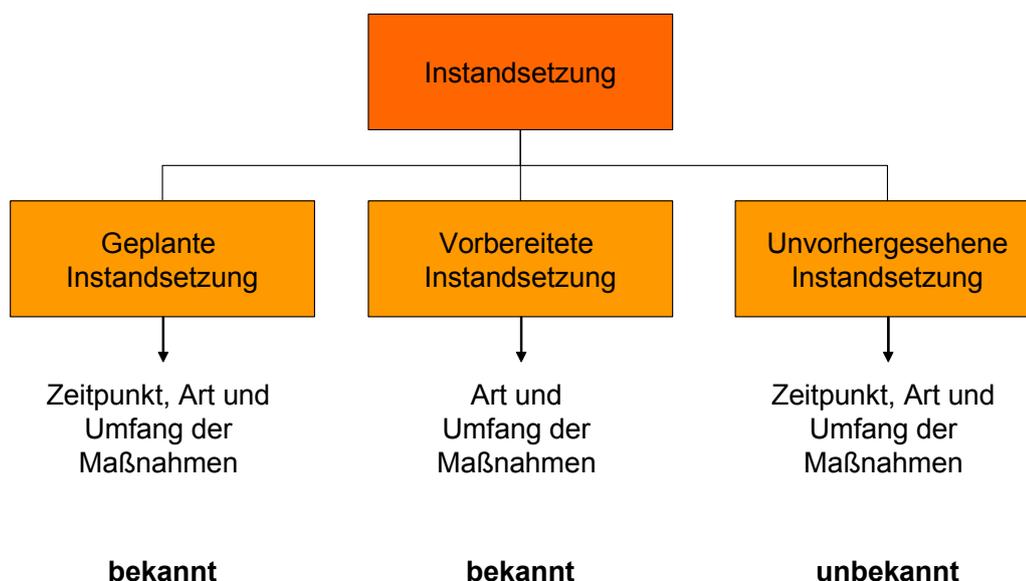


Abbildung 3: Planungs- und Vorbereitungsgrad von Instandsetzungen [Alca00]

Von *geplanter* Instandsetzung spricht man dann, wenn Zeitpunkt, Art und Umfang der Maßnahmen schon zuvor bekannt sind. Wenn zwar Art und Umfang der vorgesehenen Maßnahme schon festgelegt sind, aber der Zeitpunkt im Vorhinein nicht bekannt ist, dann spricht man von *vorbereiteter* Instandsetzung. Sind alle drei Kriterien unbekannt, wird dies als *unvorgesehene* Instandsetzung bezeichnet.

Eine Rolle bei der Instandsetzung spielt auch der Zeitpunkt, zu dem sie durchgeführt wird. Normalerweise sollte sie spätestens dann erfolgen, wenn ein Ausfall eingetreten oder aber der Zustand der Funktionsuntüchtigkeit erreicht ist. Die Vorgehensweise, welche unvorgesehene Instandsetzungen zulässt, sollte nur dann gewählt werden, wenn durch einen möglichen Ausfall keine Gefahr für Menschen und Umwelt entstehen würde. Höhere Kosten, verursacht durch Folgeschäden, sollten ebenfalls bei der Auswahl der Vorgehensweise berücksichtigt werden. Das bewusste Auslassen einer eigentlich notwendigen Instandsetzung kann dann sinnvoll sein, wenn eine Instandsetzung zum Beispiel erst zu einem späteren Zeitpunkt mit anderen Instandhaltungsmaßnahmen kombiniert werden soll. So genannte Maßnahmenpakete können umgekehrt auch dazu führen, dass trotz eines noch vorhandenen Abnutzungsvorrats⁴⁸ eine Instandsetzung in Zusammenhang mit anderen Arbeiten durchgeführt wird, ohne dass der Abnutzungsvorrat vollständig ausgeschöpft ist bzw.

⁴⁸ [DIN31051] Abnutzungsvorrat: „Vorrat der möglichen Funktionserfüllungen unter festgelegten Bedingungen, der einer Betrachtungseinheit aufgrund der Herstellung, Instandsetzung oder Verbesserung innewohnt.“ Siehe auch Kapitel 3.2.

die Abnutzungsgrenze⁴⁹ erreicht ist. Eine weitere Möglichkeit ist die Instandsetzung kurz vor Erreichen der Ausfallgrenze. Dies setzt aber eine genaue Kenntnis der Anlage und des Zustands durch regelmäßige Inspektionen voraus, um so den geeigneten Zeitpunkt bestimmen zu können. Auch kann eine Instandsetzung schon bei geringen Abnutzungserscheinungen sinnvoll sein, wenn dadurch die Lebensdauer verlängert werden kann.

2.1.1 Sanieren

Im Baugesetzbuch⁵⁰ wird der Begriff der Sanierung im städtebaulichen Kontext verwendet. Er zielt dort auf die Dorf- und Stadterneuerung ab. Der Begriff Sanieren oder Sanierung wird in den unterschiedlichsten Quellen immer wieder auch im Zusammenhang mit Gebäuden verwendet. Die im Rahmen der Untersuchung analysierten Daten beinhalteten ebenfalls häufig den Begriff Sanierung, weshalb dieser Begriff zumindest eingeordnet werden soll.

Die DIN 32736⁵¹ beschreibt Leistungen zur Wiederherstellung des Sollzustandes von baulichen und technischen Anlagen, die nicht mehr den technischen, wirtschaftlichen und/oder ökologischen sowie gesetzlichen Anforderungen entsprechen, als Sanierung.

„Giebeler“ beschreibt Sanierung als Maßnahmen, die im Gegensatz zu Instandsetzung auch intakte, aber beispielsweise unmoderne Bauteile bzw. Oberflächen mit einbezieht⁵². Subsummierend kann diesbezüglich festgehalten werden, dass „Sanierung“ unter dem Begriff Instandsetzung einzuordnen ist. Alle in Rahmen dieser Arbeit untersuchten Daten, die Maßnahmen enthalten, welche mit Sanierung oder Sanieren bezeichnet sind, werden der Instandhaltung bzw. der Instandsetzung zugeordnet

2.2 Modernisierung

Maßnahmen, die eine wesentliche und nachhaltige Verbesserung des Funktions-, Gebrauchs- oder Wohnwertes gegenüber dem Sollzustand beinhalten und aus denen wirtschaftlich gesehen ein neues – wenn auch gleichartiges – Wirtschaftsgut entsteht, werden im Rahmen dieser Arbeit als Modernisierung bezeichnet⁵³.

⁴⁹ [DIN31051] Abnutzungsgrenze: „Der vereinbarte oder festgelegte Mindestwert des Abnutzungsvorrates.“ Siehe auch Kapitel 3.2.

⁵⁰ Vgl. [BAGB09], Seite 73, §136 Abs. (1)

⁵¹ [DIN32736], Seite 3

⁵² Vgl. [GFKM08], Seite 13

⁵³ Vgl. [Krug85], Seite 10 „Definition für Modernisierung“

Im Mietrecht wird diese Unterscheidung ebenfalls getroffen, da hier Kosten für Modernisierungen auf die Miete umgelegt werden dürfen, solche für laufende Instandhaltungen hingegen nicht. Nach § 559 Absatz (1) BGB wird Modernisierung definiert als „[...] bauliche Maßnahmen [...], die den Gebrauchswert der Mietsache nachhaltig erhöhen, die allgemeinen Wohnverhältnisse auf Dauer verbessern oder nachhaltig Einsparungen von Energie oder Wasser bewirken [...]“⁵⁴. Ähnlich wird es in der Buchhaltung der Städte und Gemeinden gehandhabt. Im Vermögenshaushalt werden alle vermögenswirksamen Einnahmen und Ausgaben verbucht. Alle übrigen, vermögensunwirksamen Zahlungsströme werden im Verwaltungshaushalt ausgewiesen. Der Einnahmenüberschuss des Verwaltungshaushaltes wird dem Vermögenshaushalt zugeführt und dort für Rücklagen oder zur Finanzierung von Investitionen verwendet [BdF96]. Modernisierungsmaßnahmen tauchen daher in der Regel im Vermögenshaushalt auf, während normale Unterhaltsmaßnahmen im Verwaltungshaushalt festgehalten sind.

Die *DIN 32736* beschreibt Modernisierungsmaßnahmen als Leistungen zur Verbesserung des Ist-Zustandes von baulichen und technischen Anlagen mit dem Ziel, diese an den Stand der Technik anzupassen und die Wirtschaftlichkeit zu erhöhen⁵⁵.

Modernisierungsmaßnahmen dienen in jedem Fall der Verbesserung und steigern damit den Wert der Immobilie.

2.3 Umbau [DIN32736]⁵⁶

Leistungen, die im Rahmen von Funktions- und Nutzungsänderungen von baulichen und technischen Anlagen erforderlich sind [DIN32736].

Nach *‘Giebeler’* ist der Umbau immer auch ein Eingriff in die Struktur des Gebäudes. Es ist folglich immer auch eine fachliche Auseinandersetzung mit Tragstruktur notwendig. Umbau ist demnach eine Erweiterung der Sanierung um Maßnahmen, die das Raumgefüge und die Statik beeinträchtigen⁵⁷.

Da es sich um Änderungen der Nutzung und Funktion handelt ergibt sich in der Regel eine Einordnung in die Kategorie (bestands-)verändernder Maßnahmen.

⁵⁴ [BGB04], Seite 124

⁵⁵ [DIN32736], Seite 3

⁵⁶ [DIN32736], Seite 3

⁵⁷ Vgl. [GFKM08], Seite 14

2.4 Erweiterung/ Anbau

‘Giebeler‘ beschreibt die Erweiterung als Neubau, welcher in direktem Nutzungszusammenhang mit einem Altbau steht. Am Altbau ist meist am Anschlusspunkt eine begleitende Umbaumaßnahme notwendig⁵⁸. „Erweiterungsbauten“ sind Ergänzungen eines vorhandenen Objekts.⁵⁹ In jedem Fall ist es eine gebrauchswertsteigernde⁶⁰ Maßnahme und damit einer verändernde Maßnahme.

2.5 Verständnis von Maßnahmen im Bestand im Rahmen dieser Arbeit

Nach dem Exkurs durch die unterschiedlichen Definitionen von Instandhaltung und Modernisierung soll an dieser Stelle die Vorgehensweise im Rahmen dieser Arbeit dargestellt werden.

Abbildung 4 unterteilt Maßnahmen im Bestand für den Unterhalt und Betrieb von Immobilien in **erhaltende** und **verändernde Maßnahmen**. Die Definition der Instandhaltung nach der alten DIN 310551:1985-01⁶¹ entspricht hierbei den erhaltenden Maßnahmen während Verbesserungsmaßnahmen, Anpassung, Umbau und Erweiterung als Modernisierung (Veränderung nach der Begrifflichkeit von SIA 469 und DIN 32736) zu begreifen sind und damit verändernde Maßnahmen darstellen.

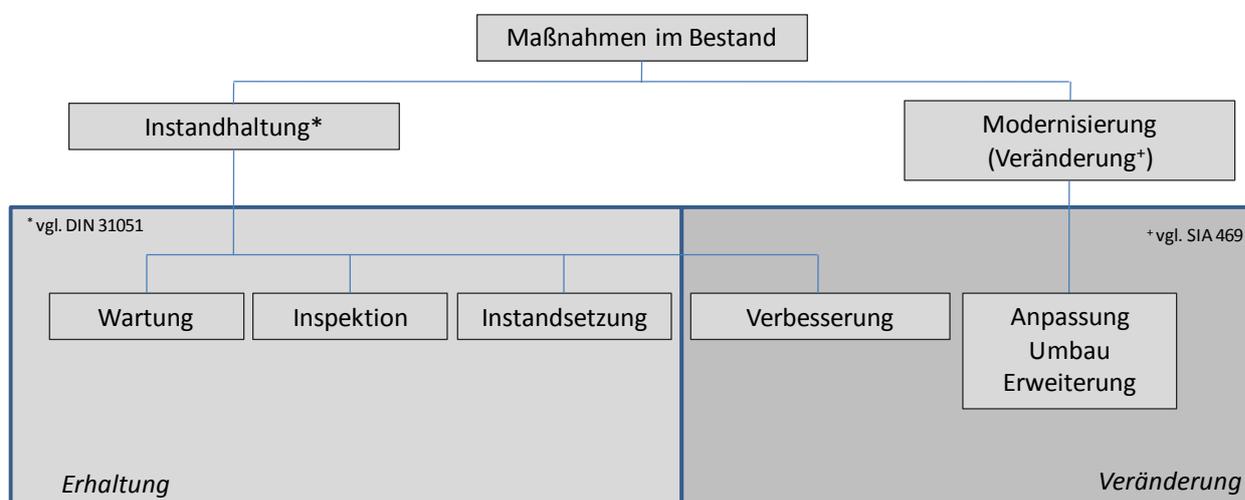


Abbildung 4: Einordnung der Instandhaltungs- und Modernisierungsdefinitionen im Rahmen dieser Arbeit

⁵⁸ Vgl. [GFKM08], Seite 15

⁵⁹ Vgl. [HOAI09], S. 2733 §2 Begriffsbestimmungen

⁶⁰ Vgl. Kalusche; Gebrauchswert: Subjektiv geschätzter Nutzen oder objektiv gegebene Eignung

⁶¹ Vgl. [DIN85]

Die in der vorliegenden Arbeit untersuchten Maßnahmen werden somit immer nach Erhaltung und Veränderung unterschieden.

2.6 Gründe und Ursachen für erhaltende Maßnahmen wie Instandhaltung

Die Gründe und Ursachen, die zur Instandhaltung führen, können sehr vielfältig sein. 'Preuß und Schöne' unterscheiden prinzipiell zwischen drei Ursachen für Instandhaltungsmaßnahmen⁶²:

- *Zustandsbedingte Maßnahmen* haben ihre Ursache in der Entdeckung eines nicht ordnungsgemäßen Zustandes einer Anlage, d.h. sie beruhen auf einer Inspektion.
- *Intervallabhängige Maßnahmen* werden in vorgegebenen Zeitabschnitten durchgeführt, d.h. es wird eine Wartung vorgenommen.
- *Schadensbedingte Maßnahmen* beruhen auf der Entdeckung eines Schadens oder eines Störfalles, d.h. es muss eine Instandsetzung durchgeführt werden.

Diese Ursacheneinteilung entspricht der Aufteilung der Instandhaltung in die drei Bereiche Inspektion, Wartung und Instandsetzung.

Als Gründe für die Instandhaltung von Gebäuden im Speziellen können folgende aufgezählt werden.⁶³

- Behebung von Schäden, die aufgrund der Alterung und Abnutzung an den Bauteilen entstanden sind.
- Baurechtliche Vorschriften, die eine Nachrüstung verlangen.
- Anpassung an neue Sicherheitsstandards.
- Anpassung an veränderte Nutzungsanforderungen und Ausstattungsstandards (beinhaltet meist eine Modernisierung, die wie bereits beschrieben nicht als Instandhaltung zählt, sehr wohl aber wichtig ist für die Unterhaltung von Gebäuden).
- Erfüllung gesetzlicher Vorschriften, z. B. für die Wartung von Aufzugsanlagen oder Brandschutzeinrichtungen.
- Minimierung der Kosten des Instandhaltungsbereichs, d.h. unter anderem der Ausfallfolgekosten.
- Minimierung von Störungen und Ausfällen.

⁶² vgl. [PrSc03], Seite 222

⁶³ in Anlehnung an [Krin00], Seite 20 und [IPBau94], Seite 57

- Bestehendes Mietrecht (Möglichkeit der Mieterhöhung nach Modernisierungen).
- Gesetzlich vorgegebene Mietminderungen bei nicht durchgeführten Instandsetzungen.
- Allgemeine Konjunkturlage (niedrige Zinssätze erleichtern die Geldaufnahme für größere Instandhaltungsmaßnahmen).
- Werterhalt einer Immobilie.

Die oben genannten Gründe sind nur ein kleiner Ausschnitt aus den zahlreichen Ursachen, die zur Instandhaltung eines Bauwerkes und seiner Bestandteile führen können. Auf die Abnutzung von Bauteilen, als einer der Hauptgründe für eine Instandhaltung, wird in Kapitel 3.1 näher eingegangen.

2.7 Gründe und Ursachen für verändernde Maßnahmen

Bestandsverändernde Maßnahmen können verschiedene Ursachen haben. So können qualifizierte, bestandsverändernde Maßnahmen (z.B. Modernisierungen oder Anbauten) aufgrund öffentlich-rechtlicher Vorgaben wie z.B. Brandschutz oder Energieeinsparverordnung (ENEV) notwendig werden⁶⁴.

Ebenfalls können Nutzungsänderungen umfangreiche Maßnahmen erfordern.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, die zu dem Ergebnis führen, dass bestandsverändernde Maßnahmen am Gebäude den Unternehmenserfolg steigern und sich die Maßnahme darüber hinaus amortisiert, sind weitere Ursachen für die Entscheidung statt einfacher Instandsetzung eine Modernisierung durchzuführen.

Nachdem im vorangegangenen Kapitel die Begriffe für die unterschiedlichen Maßnahmen, die im Rahmen eines Gebäudelebens anfallen, erläutert wurden und diese für den weiteren Verlauf der Arbeit eingegrenzt, wird im nun folgenden Kapitel 3 der Lebenszyklus einer Immobilie betrachtet. Zum Verständnis des Lebenszyklus' gehört einerseits eine globale Sichtweise auf die Gesamtimmobilie, eine Betrachtung der einzelnen Bauteile, die jeweils einen eigenen Lebenszyklus durchlaufen (inkl. Ausfall, Abnutzungs- und Alterungsverhalten) und die Erläuterung der Lebenszykluskosten, die in diesem Zusammenhang entstehen.

⁶⁴ Vgl. [THSK04], Seite 177

3 Lebenszyklusbetrachtungen für Gebäude und Bauteile

Um die Anwendung von bestandsverändernden oder erhaltenden Maßnahmen zu verstehen ist es notwendig den Lebenszyklus von Gebäuden und von deren Bauteilen zu betrachten. Bestandteil dieser Gebäude sind die Bauteile, die wiederum ihren eigenen Lebenszyklus besitzen. Erst das Zusammenspiel aller Komponenten ergibt schließlich das Gesamtgebilde „Gebäude“.

Erneuerungszyklen im Lebenszyklus⁶⁵ von Gebäuden hängen stark von den verwendeten Bauteilen ab.

Im Laufe der Lebensdauer lässt bei Gebäuden bzw. bei einem Bauteil die Erfüllung der Nutzungsanforderungen nach. Dies hängt mit dem stetig voranschreitenden Abnutzungsprozess zusammen. Mit diesem Prozess eng verbunden ist das Ausfallverhalten von Bauteilen. Der Abnutzungsprozess, unter besonderer Berücksichtigung der Alterung, soll anschließend betrachtet werden. In diesem Rahmen spielen auch die technische und die wirtschaftliche Lebensdauer eine Rolle.

Zur Veranschaulichung ist nachfolgend der Lebenszyklus eines Gebäudes dargestellt:

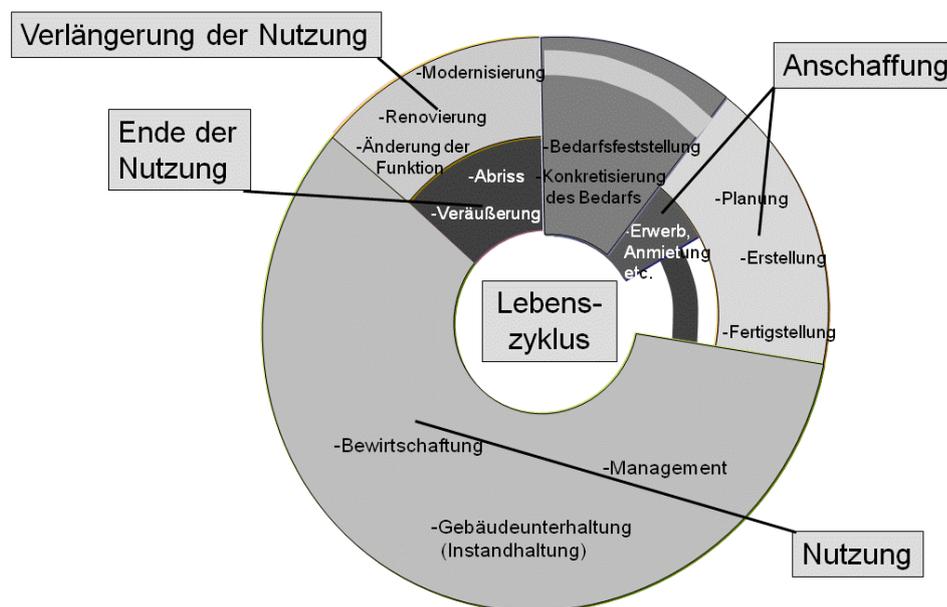


Abbildung 5: Der Lebenszyklus einer Immobilie (eigene Darstellung in Anlehnung an 'EFNMS Working Group')⁶⁶

[www1] Die Wikipedia freie Enzyklopädie definiert den Begriff Zyklus folgendermaße (männlich, griechisch κύκλος, kíklos

Der Lebenszyklus einer Immobilie beginnt in der Regel mit der Bedarfsfeststellung und der Konkretisierung des Bedarfs, der in obiger Abbildung dargestellt ist. Diese Feststellung mündet in der Entscheidung zur Anschaffung der Immobilie entweder in Form einer Anmietung oder aber in Form der Planung und Realisierung eines Bauvorhabens. Dieses Bauvorhaben endet mit der Fertigstellung und schließt mit der Nutzung des Gebäudes an.

Es wird schnell klar, dass der Großteil der Lebensdauer normaler Immobilien innerhalb der Nutzungsphase liegt. Am Ende der Nutzungsphase steht entweder die Entscheidung zur Veräußerung, der Abriss oder aber die Renovierung und/oder Modernisierung evtl. mit einer einhergehenden Nutzungsänderung, sodass eine erneute Nutzungsphase beginnt, an deren Ende schließlich die gleichen Fragestellungen auftreten.

Die IFMA geht bei der Beschreibung des Lebenszyklus einer Immobilie in ihrem Leitfaden für lebenszyklusorientierte Planung noch weiter⁶⁷. Nach diesem Verständnis wird, wie in anderen Ansätzen auch, der Lebenszyklus einer Immobilie als eine Folge nacheinander durchlaufener Lebensphasen mit einem definierten Ende beschrieben. Am Anfang stehen die Konzeption der Immobilie und eine einhergehende Projektentwicklung, die in der Baurealisierung mündet und anschließend in die Nutzungsphase übergeht. In der Nutzungsphase wird es zu erhaltenden Maßnahmen im Rahmen der Instandhaltung (Wartung, Inspektion, Instandsetzung) und verändernden Maßnahmen im Rahmen der Instandhaltung nämlich Verbesserungen von Bauteilen kommen. Während dieser Nutzungsphase kann es zur Entscheidung des Eigentümers oder Investors kommen, die Immobilie zu modernisieren. Die Modernisierung der Immobilie kann dabei mehrfach durchlaufen werden, ohne dass der Lebenszyklus der Immobilie hierdurch beendet wird. Ebenfalls Bestandteil kann eine Anpassung des Gebäudes an andere Umstände oder eine Instandhaltung eines gesamten Gebäudeteils oder einer Bauteilgruppe sein. Diese Maßnahmen sind jeweils gebrauchswertsteigernder und damit verändernder Natur. Die Möglichkeit eines Rückbaus der Immobilie beendet den Lebenszyklus.

Genauso kann eine Erweiterung notwendig sein, welche für den Gebäudeabschnitt schließlich wieder einen neuen Lebenszyklus zur Folge hat.

⁶⁶ Vgl. [EURE00]

⁶⁷ Vgl. [IFMA04]

Der Lebenszyklusgedanke nach IFMA ist in nachfolgender Abbildung 6 grafisch dargestellt.

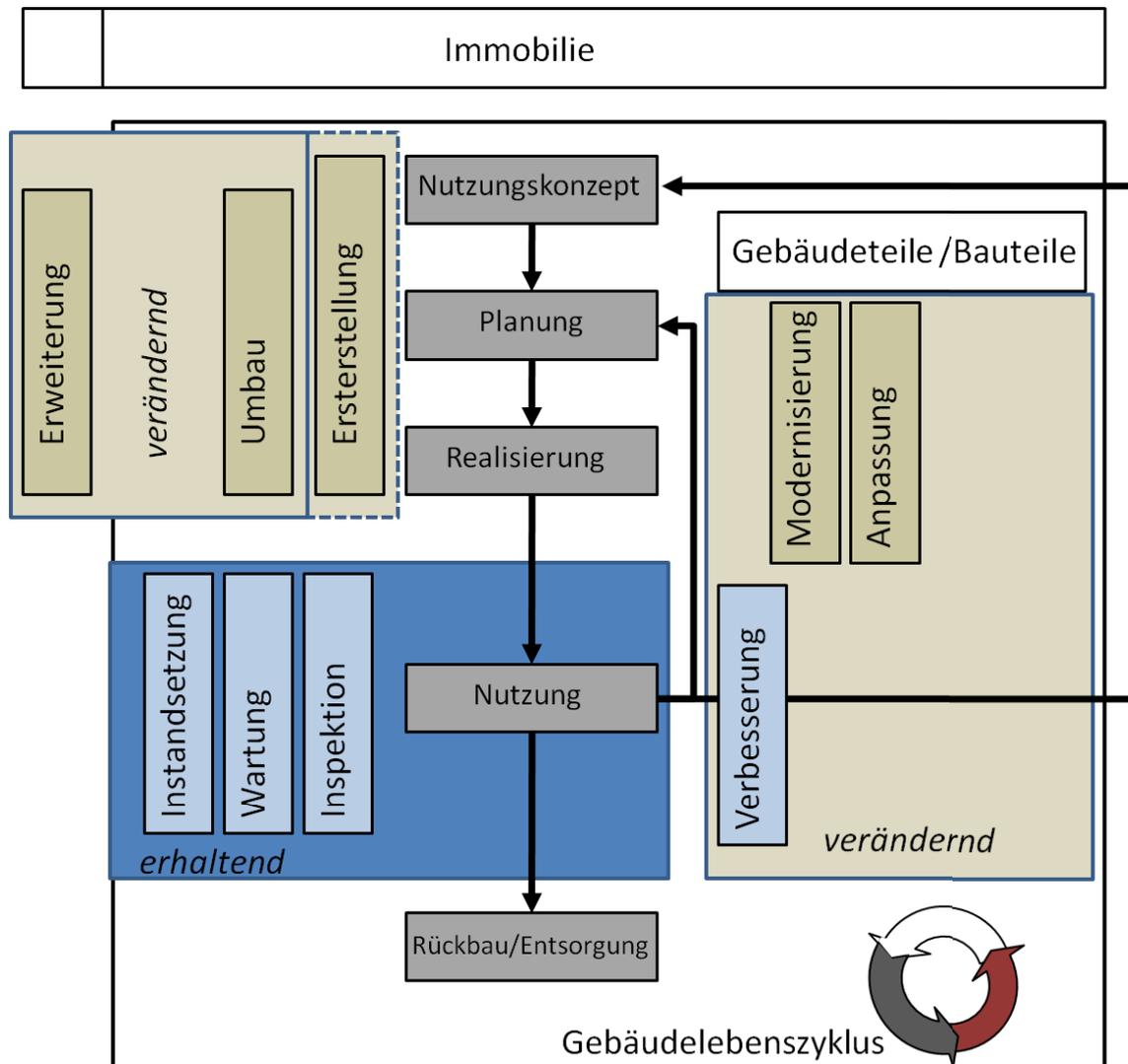


Abbildung 6: Lebenszyklus einer Immobilie eigene Darstellung in Anlehnung an [IFMA04]

Gebäude unterliegen in ihrem Lebenszyklus regelmäßigen Erneuerungszyklen, die im Folgenden beschrieben werden.

3.1 Erneuerungszyklen

Erneuerungsmaßnahmen⁶⁸ und Instandhaltungsmaßnahmen⁶⁹ fallen normalerweise nicht konstant während des Lebenszyklus einer Immobilie an, sondern treten in der Regel, wie in der nachfolgenden Abbildung gezeigt, in Zyklen auf.

⁶⁸ Im Rahmen der Arbeit als wertsteigernde Maßnahmen begriffen

⁶⁹ Im Rahmen der Arbeit als werterhaltende Maßnahmen verstanden

Alterung von Gebäuden

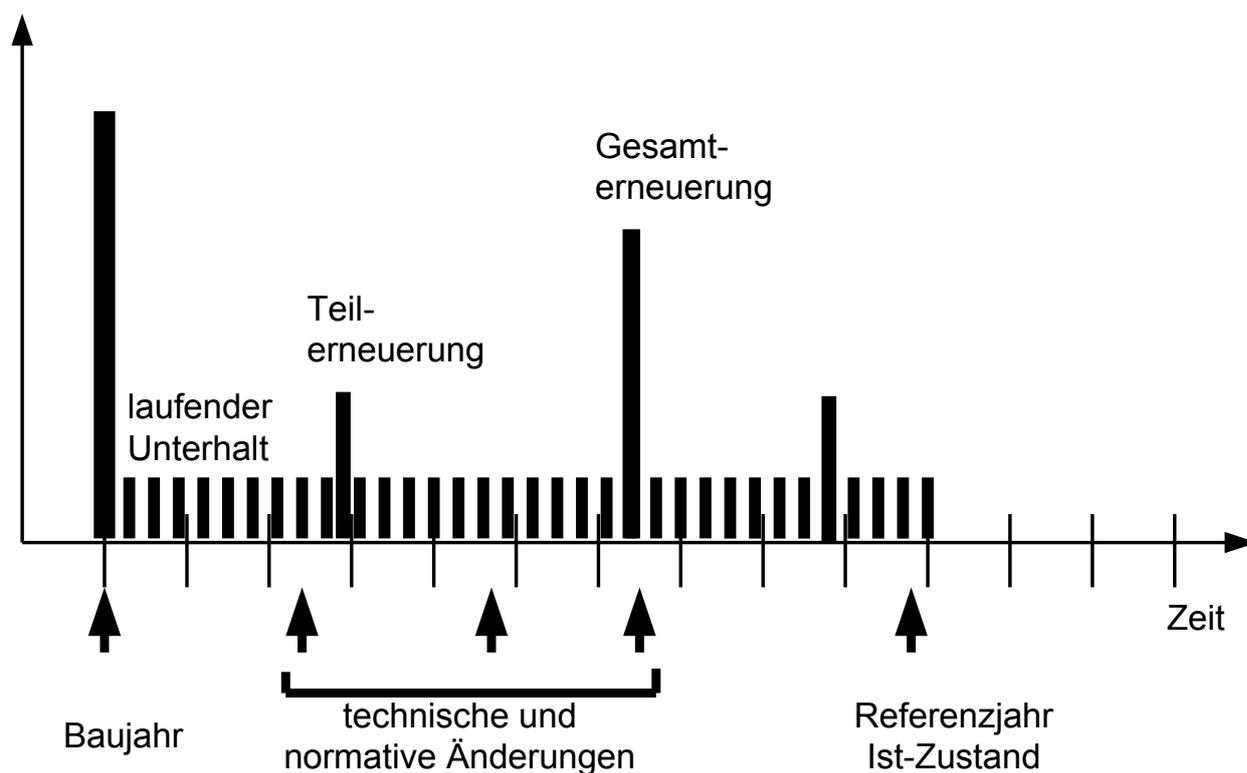


Abbildung 7: Beispielhafte Darstellung von Erneuerungszyklen von Immobilien [KoHP99]

Die Grafik stellt über den Lebenszyklus hinweg den mehr oder weniger konstanten laufenden Unterhalt dar. Darauf folgend in unterschiedlichen Abständen sind Teilerneuerungen bzw. Gesamterneuerungen abgebildet, die je nach Alters- und Nutzungsklasse bestimmten Zyklen unterliegen. Einflussfaktoren für die Größe und Häufigkeit der Zyklen können beispielsweise technische oder normative Änderungen, die Qualität und die Bewirtschaftung sein. Der Alterungsvorgang modelliert nach 'Kohler et.al.' sowohl die zeitlichen als auch die technologischen und politischen Einflüsse. 'Kohler et.al.' geht davon aus, dass für jede Klasse eine eigene mittlere Periodizität und Streuung bezüglich der Erneuerungszyklen als Grundlage für Berechnungen angenommen werden können⁷⁰.

'Krug' macht bezüglich Instandsetzungen und Erneuerungszyklen wesentlich genauere Angaben⁷¹. In der Annahme, dass die Beseitigung der ersten Baumängel über Gewährleistungsansprüche abgedeckt wird, tritt die Notwendigkeit erster großer Instandsetzungsmaßnahmen nach etwa 6 Jahren auf. Deren Umfang nimmt demnach

⁷⁰ Vgl. [KoHP99]

⁷¹ Vgl. [Krug85]

bis zum 10. Lebensjahr zu, um zwischen dem 18. und 22. Lebensjahr das Maximum zu erreichen. Danach sinken die Instandsetzungskosten wieder, weil die instandgesetzten Elemente ihrerseits zunächst nur kleine Instandsetzungen erfordern. Erst später sind wieder größere Instandsetzungen zu erwarten. Jedoch sind die Untersuchungen von 'Krug' auf Wohngebäude beschränkt und lassen sich nur sehr beschränkt auf andere Immobiliennutzungsklassen übertragen⁷².

Ebenfalls mit dem Thema Reparaturzyklen von Wohnhäusern beschäftigt haben sich 'Potyka' und 'Zabrana'. Ziel der Untersuchung war es, herauszufinden, ob es bei der Instandhaltung von Wohnbauten Zyklen gibt. In Abbildung 8 sind die Reparaturzyklen dargestellt.

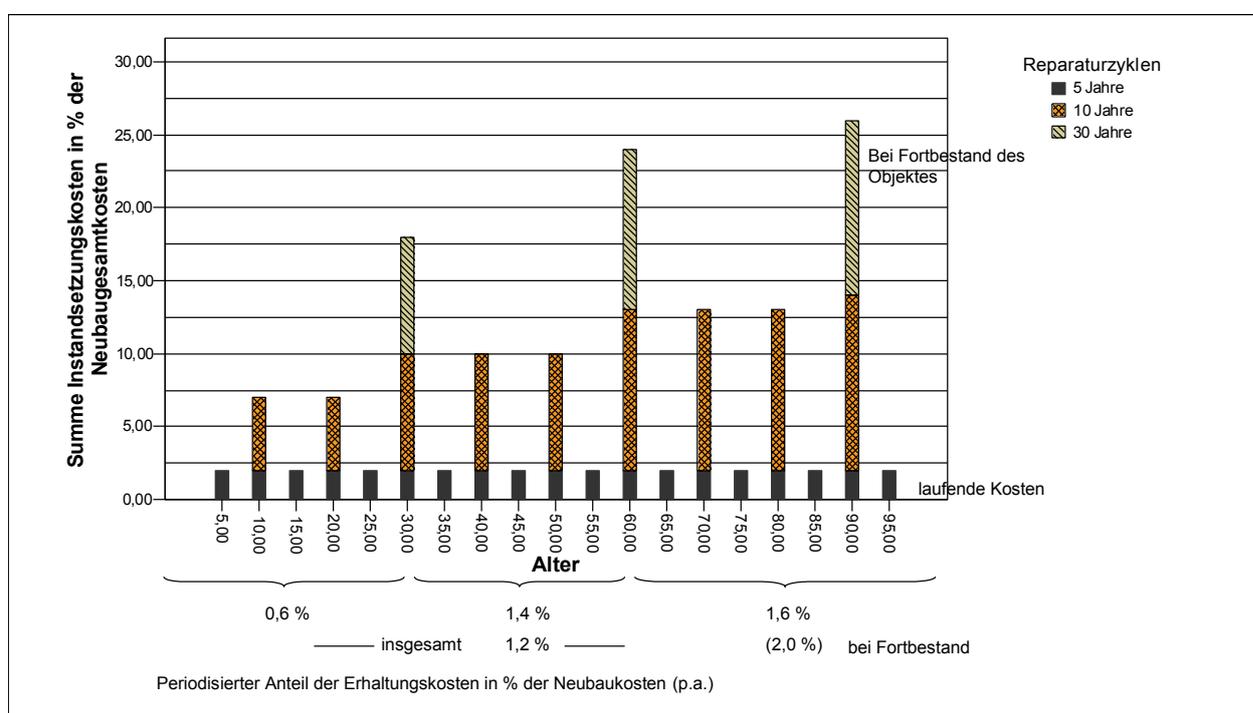


Abbildung 8: Reparaturzyklen von Wohnhäusern in Anlehnung an [PoZa85]⁷³

'Potyka' und 'Zabrana' haben vermutet, dass Instandhaltungskosten wachsend und zyklisch verlaufen. Zunächst gingen sie davon aus, dass zum einen eine regelmäßige bzw. im Fünfjahresrhythmus periodisierte Instandhaltung notwendig ist⁷⁴. Hinzu kommt ein zehnjähriger Instandsetzungszyklus für wiederkehrende Reparaturen. In diesem Zusammenhang schlagen sie auch eine Verdichtung anderer, miteinander zu vereinbarenden Arbeiten, die eigentlich im 20-25 Jahresrhythmus stattfinden sollten, auf

⁷² Es ist nicht ersichtlich, ob 'Krug' zur Ermittlung dieser Werte auf Realdaten zurückgreift. [Krug85]

⁷³ [PoZa85], Seite 155

⁷⁴ [PoZa85]

einen Zehnjahresrhythmus vor. Darüber hinaus vereinheitlichen sie die in der Literatur genannten 20 bis 30-jährigen Reparaturzyklen zu einem einzigen 30-jährigen Zyklus. Dieser wird als Hauptinstandsetzungszyklus bezeichnet. Wie oft sich dieser 30-jährige Hauptinstandsetzungszyklus wiederholt, hängt von der angestrebten Lebensdauer des Gebäudes ab. So sollte bei der dritten Wiederholung im 90. Lebensjahr der Immobilie abgeschätzt werden, ob eine große Hauptinstandsetzung noch lohnend ist, oder ob das Gebäude schon das Ende der Lebensdauer erreicht hat^{75 76}.

Ein empirischer Nachweis der Reparaturzyklen erwies sich laut *'Potyka'* und *'Zabrana'* als schwierig⁷⁷. So konnten theoretisch beschriebene Zyklen in der Praxis nur sehr eingeschränkt nachgewiesen werden. Tatsächlich stellte sich heraus, dass bei Wohngebäuden mietrechtliche Vorschriften und sich wandelnde Finanzierungssituationen einen wesentlich größeren Einfluss auf den Zeitpunkt einer Instandhaltungsmaßnahme haben als der konkrete Bedarf. An dieser Stelle drängt sich die Frage auf, wie sich während des Lebenszyklus von anderen Immobilien als Wohnimmobilien die Instandhaltungs- und Modernisierungskosten verhalten. Ob diese auch im Wesentlichen von wirtschaftlichen Faktoren gesteuert werden, wie es *'Potyka'* und *'Zabrana'* für Wohnimmobilien festgestellt haben. Die Maßnahmenzyklen in Abbildung 8 sind eine stark vereinfachte Form der Darstellung von Unterhaltsmaßnahmen im Lebenszyklus einer Immobilie. In der Realität sind die Zyklen weit unregelmäßiger und stärkeren Schwankungen ausgesetzt. Auch ist die dort abgebildete lineare Steigerung der turnusmäßigen Kosten nicht so vereinfacht zu erwarten. (Siehe hierzu auch Kapitel 9.2.7.1).

Um den Lebenszyklus einer gesamten Immobilie beschreiben zu können bedarf es dem Wissen um das Bauteilverhalten. Im Folgenden wird die Abnutzung, Alterung und das Ausfallverhalten von Bauteilen erläutert.

3.2 Abnutzung, Alterung und Ausfallverhalten

Die Abnutzung bzw. der Abnutzungsprozess, die Alterung und das Ausfallverhalten von Anlagen und Bauteilen haben einen entscheidenden Einfluss auf die zu planende Instandhaltung und deren Teilbereiche (siehe auch Kapitel 2.1). Die Alterung kann hierbei als eine der Ursachen des Abnutzungsprozesses angesehen werden. Das

⁷⁵ Vgl. [PoZa85], Seite 153f und Seite 294

⁷⁶ Vgl. [ZeWi67] hier werden Instandhaltungszyklen für Gebäude mit einer Lebenserwartung von 100 Jahre auf genau die gleiche Weise wie [PoZa85] beschrieben.

⁷⁷ Vgl. [PoZa85], S. 9f

Ausfallverhalten wiederum hängt unter anderem von der Abnutzung ab. Daher werden die drei Begriffe im Folgenden näher beschrieben.

3.2.1 Abnutzung und Abnutzungsvorrat

Bei der Inbetriebnahme einer Anlage oder eines Objektes ist dieses mit einer bestimmten technischen und/oder stofflichen Beschaffenheit ausgestattet, welche sich wiederum durch verschiedene physikalische, chemische und sonstige Merkmale auszeichnet⁷⁸. Im Verlauf der Nutzungsphase ändern sich diese Eigenschaften, was zumeist zu einer Reduzierung der Leistungsfähigkeit der Anlage führt. Zusätzlich ändern sich die wirtschaftlichen Gegebenheiten, was zu einer Entwertung der Anlage führen kann. Dieser Prozess wird als Abnutzung bezeichnet. Er kann zwar nicht verhindert werden, aber man kann ihn durch gezielte Instandhaltungsmaßnahmen beeinflussen⁷⁹. Bereits in der Planungsphase ist eine besondere Berücksichtigung des Abnutzungsverhaltens und –verlaufs wichtig, da bereits zu diesem Zeitpunkt über Erfolg oder Nicht-Erfolg einer späteren Instandhaltung im Betrieb entschieden wird.

Der Verlauf der Abnutzung wird durch die Beanspruchung, d.h. den Zustand der Komponenten und die Belastung sowie durch die einwirkenden Abnutzungsmechanismen bestimmt⁸⁰.

⁷⁸ vgl. [Männ68], Seite 29

⁷⁹ vgl. [EURE00,Vol.3] Seite 12

⁸⁰ vgl. [SINU01], Seite 19

Generell kann die Abnutzung nach zwei Hauptursachen unterschieden werden. (siehe Abbildung 9)

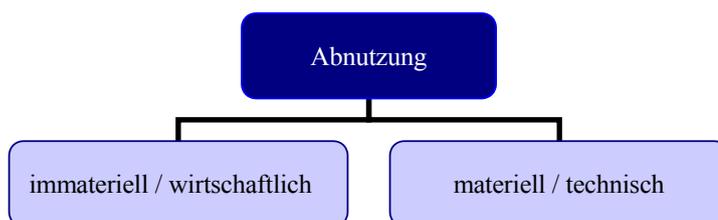


Abbildung 9: Hauptursachen der Abnutzung

Diese Hauptursachen werden nach *Krug*⁸¹ zum Einen als immaterielle / wirtschaftliche Ursachen gekennzeichnet, zum Anderen beschreibt er materielle bzw. technische Gründe für Abnutzung⁸². Bei der immateriellen Abnutzung handelt es sich um Wertverluste, die ihre Ursache in den wachsenden Ansprüchen und Anforderungen sowie in den neuen, technisch und wirtschaftlich verbesserten Elementen haben. Neben dem technischen Fortschritt kann es sich hierbei um Wandlungen im Markt- und Konsumentenverhalten oder aber um sich ändernde gesetzliche Auflagen handeln. Dieser Form der Abnutzung oder Entwertung kann zumeist nur durch eine Modernisierung, nicht aber durch Instandhaltungsmaßnahmen, entgegengewirkt werden. Erfolgt eine Modernisierung, so hat dies eine Veränderung zur Folge. Die immaterielle Abnutzung kann darüber hinaus als nicht-stoffliche Abnutzung bezeichnet werden, während die materielle oft auch als stoffliche Abnutzung bezeichnet wird.

⁸¹ [Krug85]

⁸² vgl. [Alca00], Seite 9f

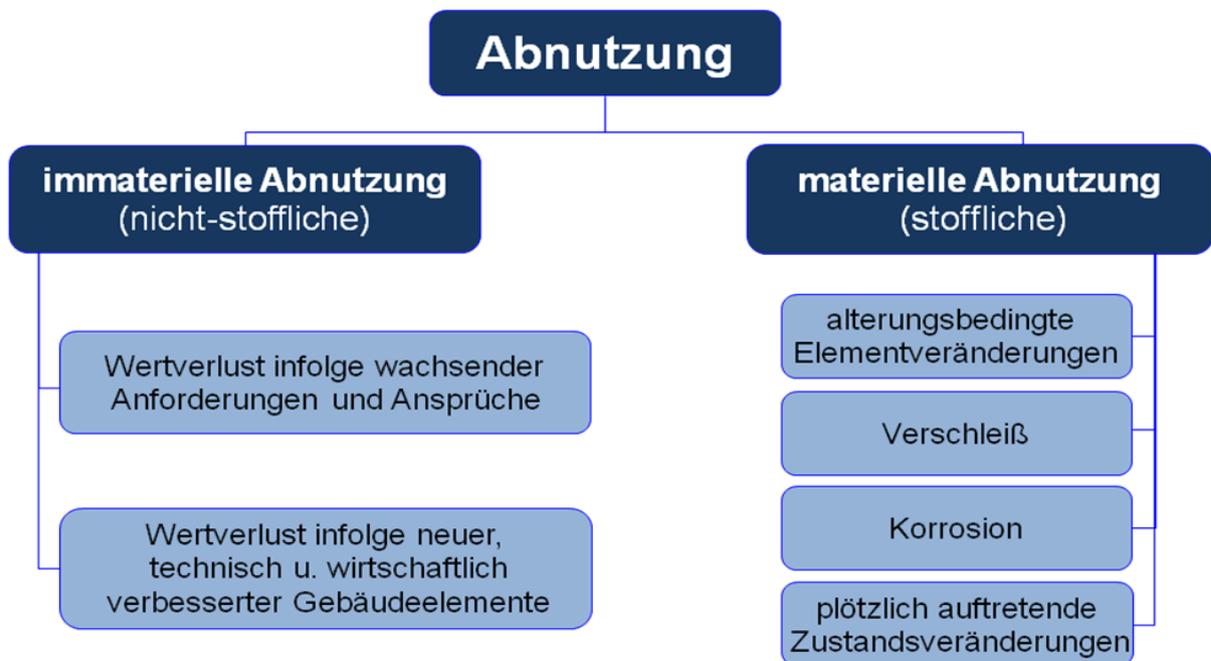


Abbildung 10: Hauptursachen für Abnutzung⁸³

Die technische bzw. materielle Abnutzung kann zum Einen durch den Betrieb der Anlage, zum Anderen durch die Bedingungen der Umgebung hervorgerufen werden.

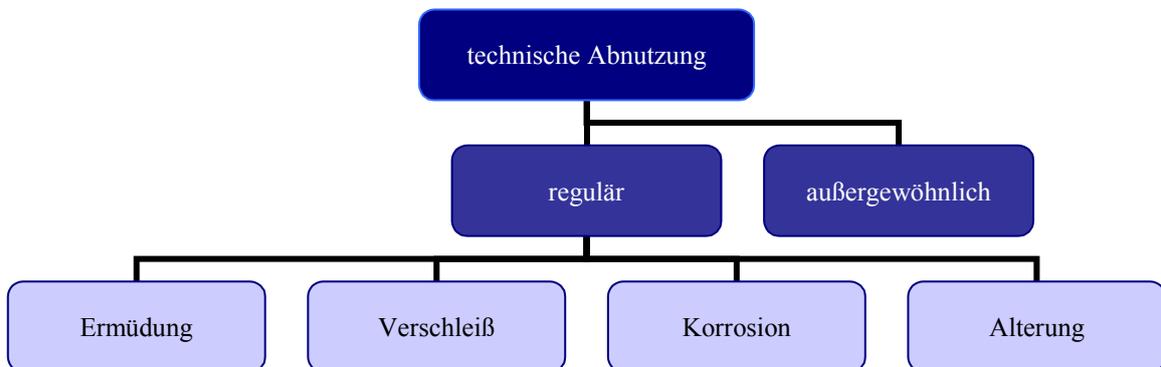


Abbildung 11: Formen der technischen Abnutzung⁸⁴

'Alcalde Rasch' beschreibt in seiner Arbeit die reguläre Abnutzung abhängig von folgenden Faktoren: Ermüdung, Verschleiß, Korrosion und Alterung (Siehe Abbildung 11 und Abbildung 10)⁸⁵.

In Abbildung 12 sind zur Verdeutlichung des Sachverhalts und zum besseren Verständnis der Begriffe Abnutzungsvorrat und Abnutzung verschiedene Abnutzungskurven bis zu deren Ausfallgrenze illustriert.

So sind in der Linie 1 Korrosionsvorgänge oder Abrieb dargestellt (bspw. Abrieb von Bodenbelägen). In Linie 2 ist das Abnutzungsverhalten, wie es in der DIN 31051 beschrieben wird, dargestellt. Als Beispiele können Zahnriemen oder Lüftungsanlagen genannt werden. Die Linie 3 stellt eine Wertminderung nach [WertV97] dar. Die vierte Linie stellt ein plötzliches Versagen dar, welches beispielsweise bei Federn oder elektrischen Bauteilen auftritt.

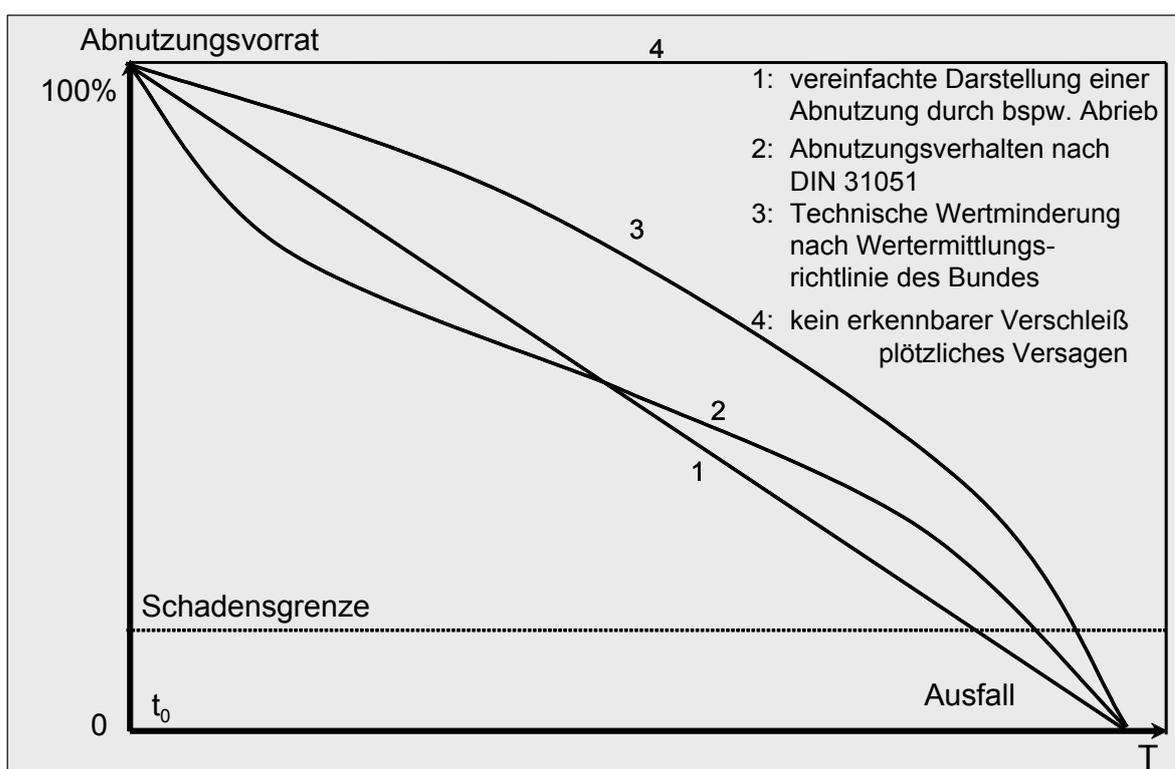


Abbildung 12: Darstellung verschiedener Abnutzungskurven nach [ToRF95]

Die verschiedenen Formen der regulären Abnutzung zeichnen sich vor allem dadurch aus, dass sie vorhersehbar sind. Plötzlich auftretende Zustandsänderungen (siehe auch Abbildung 10) werden hingegen als außergewöhnliche Abnutzung bezeichnet. Sie entstehen zumeist zufallsbedingt, zum Beispiel durch Bedienungsfehler, Mängel in der Konstruktion oder durch von außen einwirkende Störfaktoren. Durch Instandsetzungen und Wartungsmaßnahmen kann der Prozess der materiellen / technischen Abnutzung zumeist verlangsamt oder behoben werden.

Das Modell in Abbildung 13 stellt die im Zeitablauf abnehmende Funktionsfähigkeit eines Elements dar.

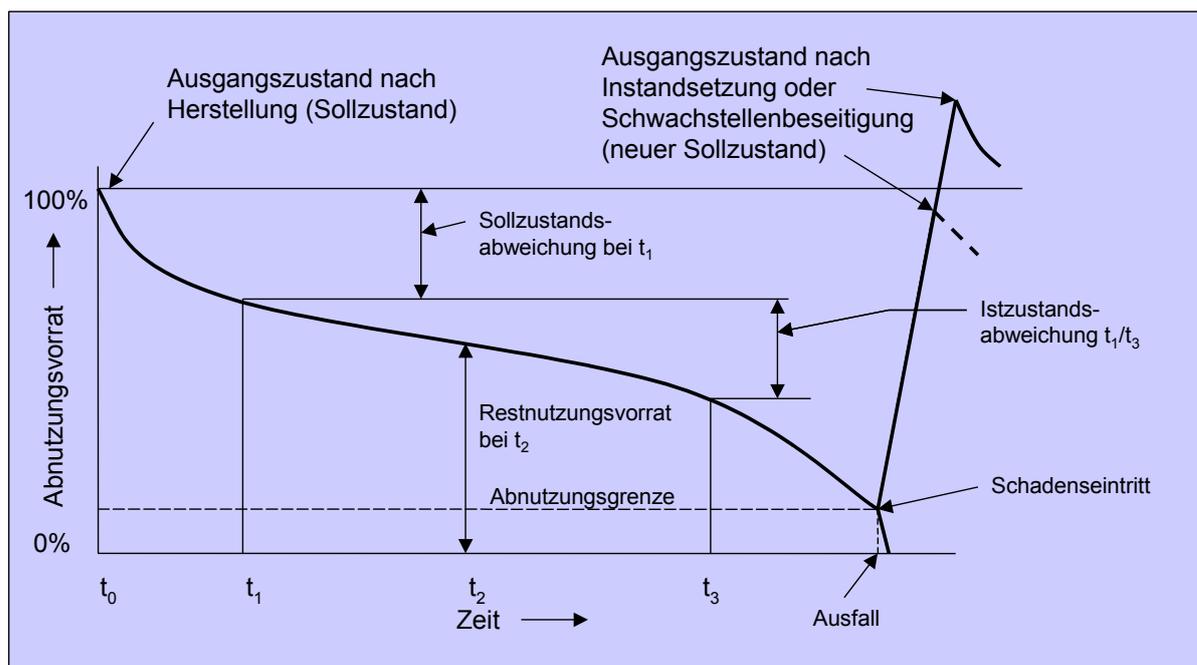


Abbildung 13: Modell des Abnutzungsvorrates⁸⁶

Der Abnutzungsvorrat wird über der Zeit aufgetragen. Er bezeichnet nach der DIN 31051 den „Vorrat der möglichen Funktionserfüllung unter festgelegten Bedingungen, der einer Betrachtungseinheit aufgrund der Herstellung, Instandsetzung oder Verbesserung innewohnt“⁸⁷. Jedes Element bzw. Bauteil hat bei seiner Inbetriebnahme einen Abnutzungsvorrat von 100%, der im Laufe der Zeit durch den Betrieb der Anlage bzw. äußere Einflüsse abgebaut wird. Dieser Zustand bei der Inbetriebnahme wird auch als Sollzustand bezeichnet. Es kommt zu einer steigenden Soll-Zustandsabweichung⁸⁸. Der Zustand der Anlage differiert immer mehr vom anfänglichen Zustand zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme. Eine Ermittlung der Soll-Zustandsabweichung erfolgt in der Regel durch Inspektionsmaßnahmen. Das Erreichen der Abnutzungsgrenze beinhaltet eine Reduzierung des Abnutzungsvorrates, es kann zum Schadensfall kommen. Wird sogar solange fortgefahren, bis der Abnutzungsvorrats 0% beträgt, resultiert daraus ein endgültiger Ausfall der Anlage oder des Bauteils. Soll die Anlage weiterverwendet werden können, ist eine Instandsetzungsmaßnahme unabdingbar. Dadurch wird wieder ein Abnutzungsvorrat

⁸⁶ vgl. [Alc00], Seite 15 und [DIN31051], Seite 6

⁸⁷ [DIN31051], Seite 5

⁸⁸ Die Sollzustandsabweichung beschreibt die Differenz zwischen Soll-Zustand und Ist-Zustand

von mindestens 100% erreicht. Wird das Bauteil oder die Anlage eventuell sogar verbessert, ist auch ein höherer neuer Soll-Zustand erreichbar.

Der Abbau des Abnutzungsvorrats kann unterschiedliche Gründe aufweisen. 'Krug' nennt für Gebäude die folgenden Einflussfaktoren für die Abnutzung⁸⁹:

Tabelle 2: Einflüsse auf das Abnutzungsverhalten und die Lebenserwartung von Gebäudeelementen nach 'Sinus'⁹⁰

Bauwerkseigenschaften	Standort / Umwelt	Nutzung	Sonstiges
<ul style="list-style-type: none"> • Gebäudealter • Gebäudegattung (Form, Grundfläche, Geschosszahl, Gliederung) • Art der Gebäudekonstruktion • Ausstattungsgrad • Installationsgrad • Ausbildung der Ver- und Entsorgung des Gebäudes • Qualität des Bauentwurfs • Qualität der Bauausführung • Baustoffarten • Baustoffqualität (-güte, -verarbeitung, -verträglichkeit, -pflegebedarf) • Zugänglichkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • (Temperatur, Luftfeuchtigkeit,..) • Verschmutzung von Luft und Grundwasser • Verkehrserschütterungen • Bodenbeschaffenheit (Setzungen, Auslaugungen) 	<ul style="list-style-type: none"> • Art der Nutzung • Intensität der Nutzung • Nutzungsdauer • Intensität und Qualität der Instandhaltung 	<ul style="list-style-type: none"> • Missbräuchliche Nutzung • Mutwillige Gewalteinwirkung • Außergewöhnliche Ereignisse, wie z.B. Feuer, Explosion, Sturm, Hochwasser, Erdbeben usw.

Je nach Art und Lage der Anlage oder des Bauteils wird die Abnutzung mehr oder weniger durch oben aufgelistete Faktoren beeinflusst. Die jeweilige Kombination dieser Faktoren beeinträchtigt die Abnutzung.

3.2.2 Alterung

In der Literatur können unterschiedliche Definitionen für das Zusammenwirken von Alterung und Abnutzung ausgemacht werden. Teilweise wird die Alterung als Teil der Abnutzung beschrieben, im anderen Fall werden die Alterung und die Abnutzung zusammengefasst. In jedem Fall bedingen beide einander (siehe auch Abschnitt 3.2.1).

⁸⁹ vgl. [Krug85], S. 35 und [SINU01], S. 77f

⁹⁰ Vgl. [SINU01], S. 77

Allgemein lässt sich feststellen, dass eine Vernachlässigung der Instandhaltung zu einer Beschleunigung der Alterung führt, bzw. dass durch regelmäßige Instandhaltungsmaßnahmen der Alterungsprozess verzögert werden kann⁹¹.

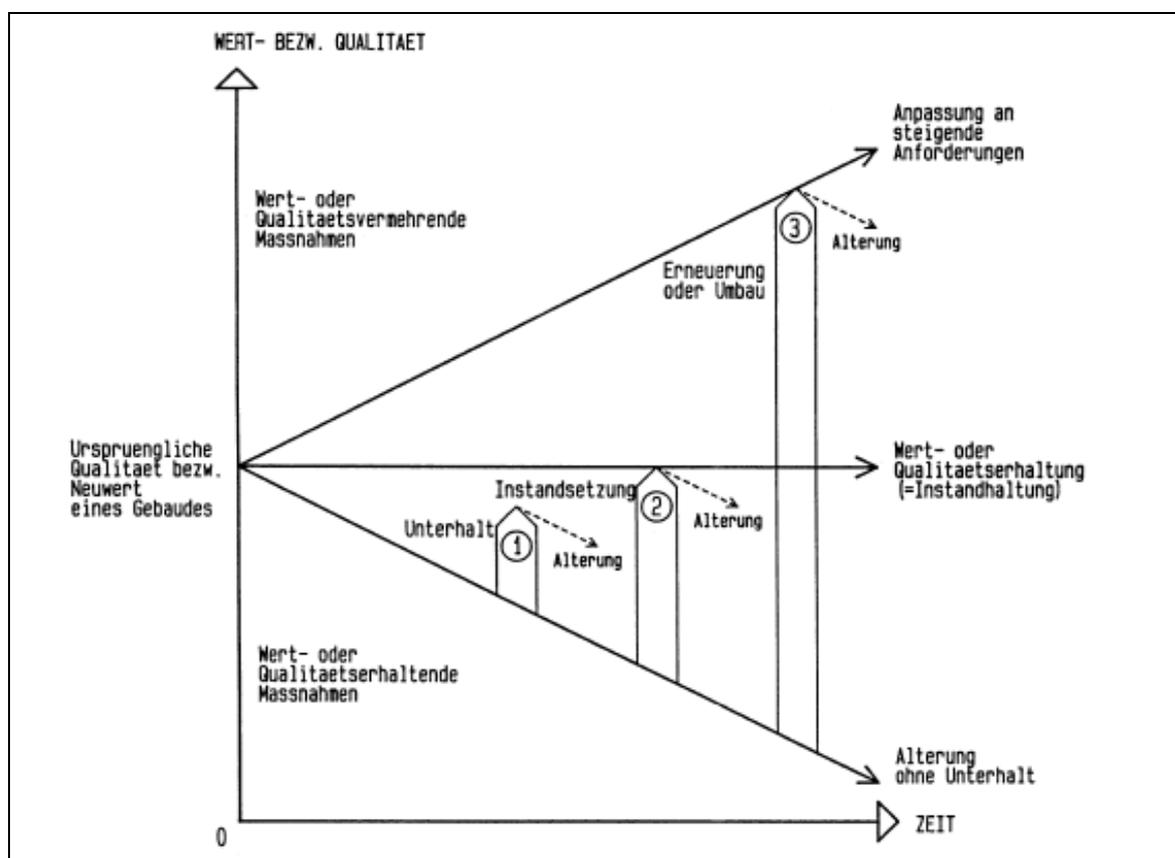


Abbildung 14: Verlauf der Alterung in Abhängigkeit der Instandhaltung⁹²

In Abbildung 14 ist dargestellt, wie sich regelmäßige Instandhaltungsarbeiten bzw. eine Anpassung an sich ändernde Anforderungen auf die Qualität und den Wert einer Immobilie auswirken können.

Zum Zeitpunkt der Herstellung wohnt einer Immobilie ein gewisser Wert (z.B. Verkehrswert oder Versicherungswert) bei, der dem Neuwert entspricht. Zu Anfang kann man der Immobilie eine ursprüngliche Qualität zuordnen. Wird nun im Laufe der Zeit versäumt, Instandhaltungsmaßnahmen durchzuführen, nehmen der Wert und das Qualitätsniveau ab, bis hin zum Erreichen der Abnutzungsgrenze. Die Alterung ohne Unterhalt wird in der abfallenden Gerade dargestellt. Die Horizontale steht für die Wert- oder Qualitätserhaltung durch laufend durchgeführte Instandhaltungsmaßnahmen. Wird

⁹¹ Vgl. [IPBau91]

⁹² [IPBau91], Seite 10

im Laufe der Zeit die Immobilie an steigende Anforderungen durch Modernisierungsmaßnahmen oder Umbaumaßnahmen angepasst, kann der Wert bzw. das Qualitätsniveau über den ursprünglichen Grad hinaus angehoben werden (siehe ③ in Abbildung 14). Die Realität liegt meistens dazwischen. So kann durch Unterhaltsmaßnahmen oder durch Instandhaltungsmaßnahmen der Wert bzw. die Qualität gesteigert (siehe ①) oder auf das ursprüngliche Maß angehoben werden (siehe ②)⁹³.

Generell wird die Alterung hauptsächlich von den drei folgenden Parametern beeinflusst⁹⁴:

- Entwurfs- und Erstellungsqualität
- Nutzungsintensität
- Instandhaltungsqualität

Die Alterung hängt demnach immer von der Qualität und der Nutzung ab. Einflussfaktoren für Alterung sind Abnutzungsfaktoren wie z.B. Strahlung, Temperatur, Wasser, Luftverunreinigungen, biologische Faktoren (Mikroorganismen, Pilze, Bakterien), Belastungsfaktoren (z.B. physikalische Effekte von Wasser und Wind) sowie sogenannte Inkompatibilitätsfaktoren chemischer und physikalischer Art ebenso wie Nutzereinflüsse.

‘Impulsprogramm Bau‘ unterteilt Alterung demnach in *natürliche*, *umweltbedingte* und *funktionelle* Alterung⁹⁵.

Die *natürliche* Alterung bezieht sich auf die jedem Bauteil eigene spezifische Dauerhaftigkeit. Die bei einem Gebäude höchste Dauerhaftigkeit hat der Rohbau, während der Innenausbau oder technische Anlagen eine wesentlich geringere besitzen. Es gilt daher bei der Planung von Gebäuden auf die richtige Kombination von Bauteilen zu achten. Langlebige und kurzlebige Bauteile sollten so kombiniert werden, dass ein Austausch des kurzlebigen Bauteils ohne Probleme möglich bleibt.

Die *umweltbedingte* Alterung beschleunigt die bautechnisch bedingte, natürliche Alterung. Sie entsteht unter anderem dadurch, dass Lärm- und Abgasbelastungen, Erschütterungen oder Beeinträchtigungen durch chemische Schadstoffe zu hoch sind.

⁹³ vgl. [IPBau91], Seite 10

⁹⁴ vgl. [ChMe99], Seite 22

⁹⁵ vgl. vgl. [IPBau94-2], Seite 11ff.

Die *funktionelle* Alterung⁹⁶ bezieht sich auf die sich ändernden Ansprüche der Gesellschaft. Wandelnde Ansprüche sind zwar wesentlich vielfältiger, lassen sich aber auch besser beeinflussen als die technischen Änderungen einer Komponente.

Allgemein lässt sich festhalten, dass man die Alterung nicht verhindern kann. Sie kann aber durch geeignete Maßnahmen hinausgeschoben oder zumindest verlangsamt werden.

3.2.3 Ausfallverhalten

Das Ausfallverhalten ist eng verbunden mit dem Abnutzungsprozess, denn die Abnutzung kann Auslöser für Ausfälle sein.

Die DIN31051 bezeichnet den Ausfall als „Beendigung der Fähigkeit einer Betrachtungseinheit, eine geforderte Funktion zu erfüllen“.

Die Funktionsfähigkeit einer Anlage wird demnach unbeabsichtigt unterbrochen, so dass sich die Anlage nicht mehr in einem gebrauchsfähigen Zustand befindet⁹⁷. Bei Kenntnis des Ausfallverhaltens einer Betrachtungseinheit lassen sich dementsprechend Instandhaltungsmaßnahmen besser planen.

‘Rentz’ kategorisiert Ausfälle folgendermaßen⁹⁸:

- Sprungausfall
- Driftausfall
- Driftverlauf mit Sprungausfall

Bei einem *Sprungausfall* lässt die Betriebseigenschaft einer Anlage plötzlich nach. Das Eintreten eines solchen Ausfalls kann nicht vorhergesehen werden, da er sich im Voraus nicht durch erkennbare Anzeichen andeutet. Die Betriebseigenschaft ist bis zum Ausfall vollständig vorhanden, um dann plötzlich verloren zu gehen.

Der *Driftausfall* hingegen ist gekennzeichnet durch ein allmähliches Nachlassen der Betriebseigenschaft. Solche Ausfälle kündigen sich bereits im Voraus durch eine kontinuierliche Veränderung von technischen Eigenschaften an.

Die Kombination aus *Driftverlauf und Sprungausfall* verläuft folgendermaßen: das Ausfallverhalten einer Anlage verhält sich zu Beginn wie bei einem Driftausfall, d.h. die

⁹⁶ Nicht zu verwechseln mit der funktionalen Obsoleszenz, die im späteren Verlauf der Arbeit als Definition für die nachlassende Funktionsfähigkeit einer Einheit steht.

⁹⁷ vgl. [ReGS03], Seite 254

⁹⁸ [Alca00], Seite 12f.verwendet eine ähnliche Unterteilung

Betriebseigenschaft lässt allmählich nach. In der Folge verliert die Komponente plötzlich komplett die Betriebseigenschaft, wie bei einem Sprungausfall.

Eine weitere Möglichkeit von Ausfallarten ist in

Abbildung 15 dargestellt. Die Unterteilung erfolgt nach der Zeit des Auftretens. Die Ausfälle werden als Frühausfälle, Zufallsausfälle und Altersausfälle bezeichnet. Die Ausfallrate bzw. Wahrscheinlichkeit von Frühausfällen ist in der Anfangsphase oder Anlaufperiode einer Betriebseinheit am höchsten. Je länger die Anlaufperiode dauert, desto mehr verringert sich die Wahrscheinlichkeit dieser Frühausfälle. Oft besteht für diese Zeit eine Herstellergarantie, die einen Ausfall abdeckt.

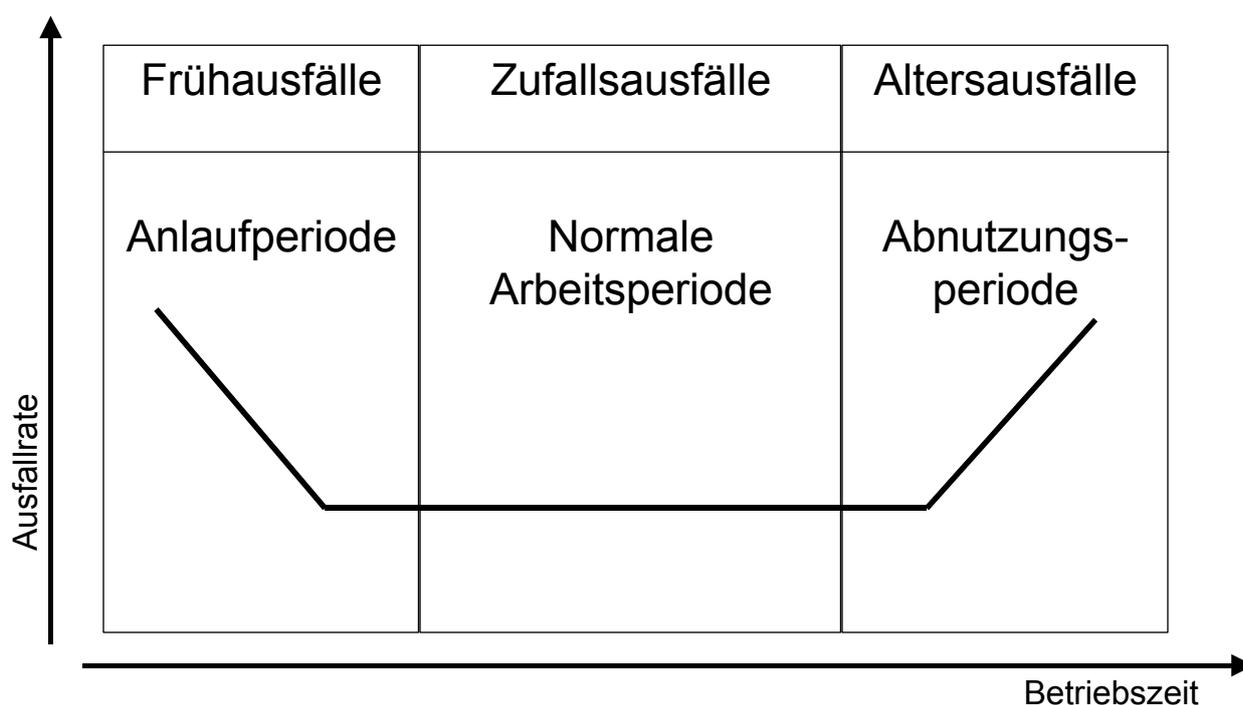


Abbildung 15: Ausfallrate eines Elementes in Abhängigkeit der Betriebszeit [EURE00,Vol.3]

In der nächsten Phase, der normalen Arbeitsperiode, kommt es zu gelegentlichen Zufallsausfällen. Diese eher außergewöhnlich auftretenden Ausfälle sind vom normalen Alterungsprozess unabhängig zu sehen. Oftmals werden sie durch Bedienfehler oder zu hohe Belastung ausgelöst. Erst gegen Ende der normalen Arbeitsperiode steigt die Anzahl der Ausfälle wieder stetig an. Es handelt sich um Altersausfälle, die während der letzten Periode, der Abnutzungsperiode, vermehrt auftreten. Altersausfälle haben ihre Ursache in der normalen technischen Abnutzung. Mit zunehmendem Alter einer Anlage steigt die Abnutzung immer weiter an, so dass auch die Anzahl der Altersausfälle anwächst.

Der in Abbildung 15 beschriebene Verlauf⁹⁹, der in der Literatur oft als „Badewannenkurve“ bezeichneten Kurve, ist qualitativ, da er von Anlage zu Anlage bzw. von Bauteil zu Bauteil sehr verschieden sein kann. Will man die Instandhaltung auf dieser schematischen Darstellung aufbauen, so fällt auf, dass planmäßige Instandhaltungsmaßnahmen nur in der letzten Phase, der Abnutzungsperiode, sinnvoll sind, da in dieser Phase die Ausfallwahrscheinlichkeit durch gezielte Instandhaltung gesenkt werden kann. Planmäßige Instandhaltungsmaßnahmen in der Anlaufperiode würden die Ausfallwahrscheinlichkeit sogar noch erhöhen. Einige weitere Unterteilungen der Ausfallarten sind in *‘Jahn‘* dargestellt¹⁰⁰. Hier werden die Ausfälle unter anderem nach der Ursache in konstruktionsbedingte, fertigungsbedingte und nutzungsbedingte Ausfälle unterteilt. Auch kann ein Ausfall abhängig als Folge eines anderen Ausfalls entstehen. Bei einem Totalausfall kann die Anlage nicht mehr genutzt werden, während sie bei einem Teilausfall auch nach Eintritt des Ausfalls weiterhin zumindest teilweise genutzt werden kann.

Eine weitere Möglichkeit, sich mit dem Thema Ausfälle zu beschäftigen, basiert auf der Statistik von Ausfallwahrscheinlichkeiten, Ausfalldichten und Ausfallraten.

Im nachfolgenden Kapitel werden statistische Ansätze zur Ermittlung des Ausfallverhaltens erwähnt.

3.2.3.1 Statistische Ansätze zur Ermittlung des Ausfallverhaltens

Statistische Ansätze zur Ermittlung des Ausfallverhaltens beruhen auf zuverlässigkeitstheoretischen Modellen¹⁰¹. Die Wahrscheinlichkeitstheorie bildet den Hintergrund für die Zuverlässigkeitstheorie: Realer Hintergrund hierfür ist in den deterministisch nicht oder nur unvollständig erfassbaren Einflüssen wie Belastungsschwankungen, Abnutzung, Materialfehler und zunehmend menschliches Versagen zu suchen. Fragestellungen der Zuverlässigkeitstheorie stellen sich nach *‘Beichelt‘* wie folgt¹⁰²:

⁹⁹ Vgl. [BeFr84], Seite 19

¹⁰⁰ vgl. [Jaco92], Seite 29

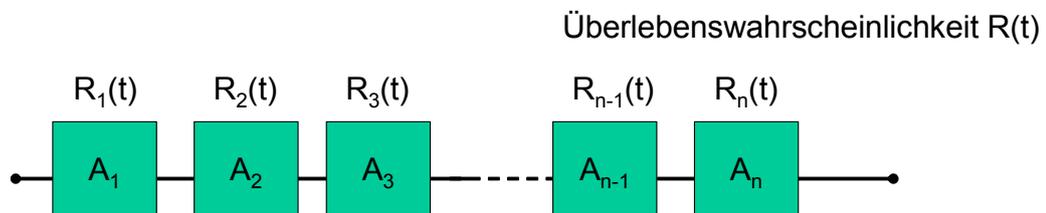
¹⁰¹ Die Zuverlässigkeitstheorie beschäftigt sich mit der Messung, Vorhersage, Erhaltung und Optimierung der Zuverlässigkeit technischer Systeme [BeFr93]

¹⁰² Vgl. [BeFr93]

- Untersuchung des wechselseitigen Zusammenhangs zwischen Zuverlässigkeitskenngrößen eines Systems und seiner Teilsysteme.
- Modellierung des Ausfallverhaltens und der Abnutzung von Systemen.
- Schätzung der Zuverlässigkeitskenngrößen von Systemen.
- Entwicklung, Untersuchung und Optimierung von Maßnahmen zur Erhaltung und Wiederherstellung der Funktionstüchtigkeit von Systemen (Instandhaltungstheorie)

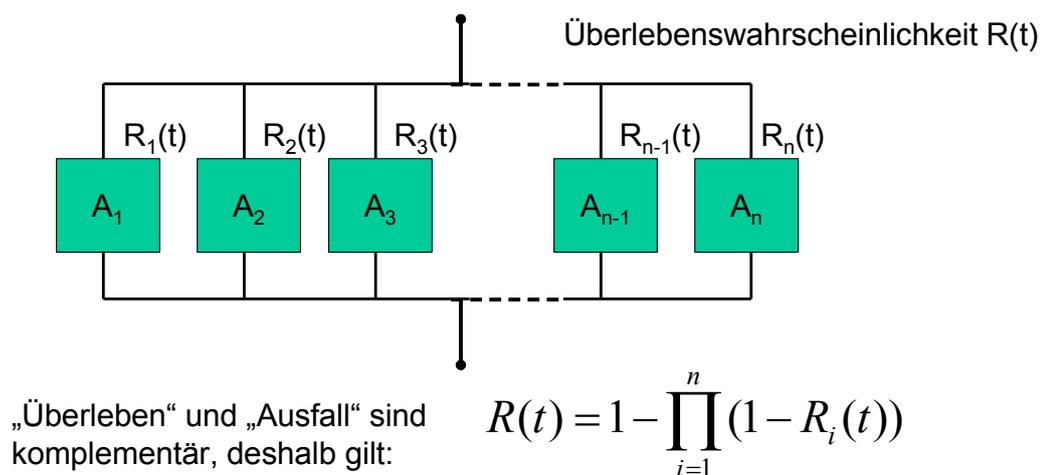
Um die Komplexität zu verdeutlichen, sollen an dieser Stelle zwei einfache strukturierte Systeme, die Serien- und die Parallelsysteme, Erwähnung finden.

Beide Systeme sind in den folgenden zwei Abbildungen mit den jeweiligen Überlebens- bzw. Ausfallwahrscheinlichkeiten dargestellt.



$$R(t) = R_1(t) \cdot R_2(t) \cdot R_3(t) \cdot \dots \cdot R_{n-1}(t) \cdot R_n(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t)$$

Abbildung 16: Überlebenswahrscheinlichkeit von Seriensystemen



$$R(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i(t))$$

Abbildung 17: Überlebenswahrscheinlichkeit von Parallelsystemen

Man unterscheidet bei solchen Systemen zwischen kalter¹⁰³, warmer¹⁰⁴ und heißer¹⁰⁵ Redundanz. Bei einem Gebäude mit seiner heterogenen stofflichen Komposition aus verschiedenen Baustoffen und technischen Anlagen ist die Abhängigkeit dieser Elemente nicht immer auf diese beiden einfachen Systeme zurückzuführen. Es sind komplexere Systemmodelle notwendig.

Auf Verfahren zur weiteren Abschätzung von Lebensdauerwahrscheinlichkeiten solcher Systeme soll in diesem Zusammenhang nicht näher eingegangen werden.

3.2.4 Lebensdauer und Nutzungsdauer

Um den Zusammenhang von Erhalt und Bestandsveränderung umfänglich zu verstehen, bedarf es einer Erklärung des regelmäßig verwendeten Begriffs „Lebens- bzw. Nutzungsdauer“. Daher soll im folgenden Abschnitt auf die verschiedenen Begriffsbestimmungen eingegangen werden.

Im Abschlussbericht des Forschungsprojekts *SINUS*¹⁰⁶ wird die Lebensdauer als die Zeit definiert, während der eine Betrachtungseinheit wirtschaftlich genutzt wird. Dahingegen ist die Nutzungsdauer, die meist kürzer als die Lebensdauer ist, jene Zeit, in der die Betrachtungseinheit tatsächlich genutzt wird¹⁰⁷. Zumeist werden die beiden Begriffe aber wegen der schweren Abgrenzbarkeit synonym benutzt. Daher wird auch in dieser Arbeit beiden Begriffen dieselbe Bedeutung zugeschrieben¹⁰⁸.

‘Schub/Stark’¹⁰⁹ unterscheiden die folgenden drei Gesichtspunkte, nach denen die Lebensdauer definiert werden kann¹¹⁰:

¹⁰³ [BeFr93] S. 44; kalte Redundanz: Im Reservezustand sind die Elemente keinerlei Beanspruchungen ausgesetzt. Infolgedessen verändern sich ihre Zuverlässigkeitskenngrößen nicht. Insbesondere können sie, solange sie sich im Reservezustand befinden nicht ausfallen.

¹⁰⁴ [BeFr93] S. 44; warme Redundanz: Die Reserveelemente sind geringeren Beanspruchungen ausgesetzt als die Arbeitselemente. Zwar sind die Ausfälle von Reserveelementen möglich, aber die Ausfallwahrscheinlichkeit eines Elementes im Arbeitszustand ist größer als die eines Elementes im Reservezustand.

¹⁰⁵ [BeFr93] S. 44: Heiße Redundanz: Die Reserveelemente sind den gleichen Anforderungen ausgesetzt wie die Arbeitselemente. Statistisch äquivalente Elemente haben also im Arbeits- wie im Reservezustand die gleiche Ausfallverteilung. Die Unterscheidung zwischen Arbeits- und Reserveelementen ist deshalb im Fall der heißen Reserve formaler Natur; entscheidend für die Funktionstüchtigkeit des Systems ist nur, dass die Anzahl der funktionstüchtigen Elemente eine vorgegebene Mindestanzahl nicht unterschreiten darf.

¹⁰⁶ vgl. [SINUS01], Seite 17

¹⁰⁷ [ISO00] definiert Lebensdauer folgendermaßen: „Zeitdauer nach Errichtung während dem ein Gebäude oder seine Bauteile die Anforderung an seine Funktion erreichen oder übersteigen“.

¹⁰⁸ vgl. [ScLP05] und [BuHe04] im Englischen wird für die Begriffe Lebensdauer und Nutzungsdauer in beiden Fällen in Bezug auf technische Systeme „service life“ verwendet.

¹⁰⁹ vgl. [ScSt85], Seite 11f

¹¹⁰ Vgl. [PfAr05] geht hier nur von technischer und wirtschaftlicher Lebensdauer aus.

- **technische** Lebensdauer
- **funktionelle** Lebensdauer
- **wirtschaftliche** Lebensdauer

Die **technische** Lebensdauer ist demnach die Zeit, in der der Abnutzungsvorrat der Betrachtungseinheit verbraucht wird und eine Instandsetzung bzw. Bestandserhalt technisch nicht mehr sinnvoll ist, also die Zeitspanne zwischen Errichtung und Abbruch. Sie stellt eine Obergrenze für die Haltbarkeit von Bauteilen dar und ist erreicht, wenn eine Anlage oder ein Bauteil die ihm zugedachte Funktion nicht mehr erfüllen kann, eine Instandsetzung technisch nicht mehr möglich ist und die Anlage oder das Bauteil ausgetauscht werden muss¹¹¹. Die Anlage oder das Bauteil ist technisch obsolet.

Die **funktionelle** Lebensdauer ist die Zeitspanne, innerhalb der eine Anlage oder ein Bauteil wunsch- und ordnungsgemäß genutzt werden kann, d.h. innerhalb der die Betriebs- und / oder Produktionsvorgänge (beim produzierenden Gewerbe) reibungslos ablaufen. Sie ist daher sowohl von der Art der Nutzung und dem Standort als auch den technischen, betrieblichen bzw. produktionsbedingten Einrichtungen abhängig. Sie endet beim Erreichen des Zeitpunktes, an dem die vorgegebene Funktion nicht mehr erfüllt werden kann^{112 113}. Die Anlage oder das Bauteil ist funktional obsolet.

Die **wirtschaftliche** Lebensdauer für ein Bauteil ist der Zeitraum, in dem eine wirtschaftliche Nutzung ohne oder auch mit Instandhaltung und Instandsetzung im vorgesehenen finanziellen Rahmen möglich ist.¹¹⁴ Die wirtschaftliche Lebensdauer lässt sich nach [Jahn80] aus dem Minimum der Gesamtkostenkurve bestimmen.

¹¹¹ vgl. [GrHü03], Seite 90

¹¹² Vgl. [PfAr05] S. 11; hier Bestandteil der technischen Lebensdauer

¹¹³ Vgl. [EbTo02]: er beschreibt die tatsächliche Lebensdauer als den Nutzungszeitraum eines Bauteils oder Gebäudes, welcher von Bauteileigenschaften, der Ausführungsqualität, der konkreten Beanspruchung und der Instandhaltungsintensität abhängt.

¹¹⁴ Vgl. [PfAr05] S. 11

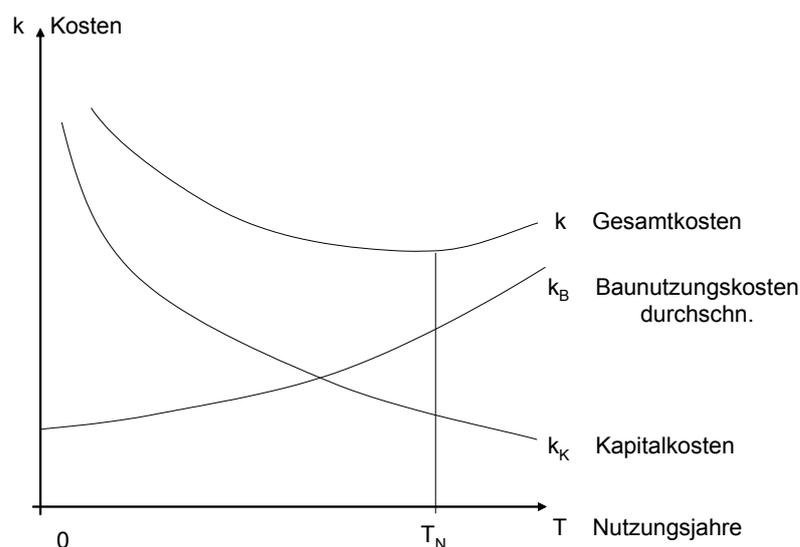


Abbildung 18: Gesamtkostenkurve eines Bauwerks während des Lebenszyklus¹¹⁵

Das Ende der wirtschaftlichen Lebensdauer lässt sich folglich definieren als das Erreichen der Nutzungsdauer infolge des Übersteigens der Kosten gegenüber den Erträgen einer baulichen Anlage. Ein weiterer Indikator für das Erreichen des Endes der wirtschaftlichen Nutzungsdauer ist, wenn der Ersatz der alten Anlage durch eine neue kostengünstiger wäre. Die wirtschaftliche Nutzungsdauer bei Immobilien hängt sowohl von der Nutzungsmöglichkeit als auch von den Abhängigkeiten der Bauteile untereinander und dem ästhetischen Empfinden der Eigentümer ab¹¹⁶.

Je besser die Anpassbarkeit eines Bauteils bzw. einer Anlage an sich verändernde Voraussetzungen ist, umso länger beträgt die wirtschaftliche Lebensdauer¹¹⁷. Die wirtschaftliche Lebensdauer ist demnach meist kleiner als die technische Lebensdauer. Die Berücksichtigung im Rahmen einer Nachhaltigkeitsanalyse erfolgt in der Regel durch individuelle Vorgaben der Nutzer.

Prinzipiell unterscheidet 'Graubner/Hüske' die Bestimmung dieser Lebensdauer nach zwei Gruppen¹¹⁸:

Die erste Kategorie umfasst Bauteile, welche aus wirtschaftlichen, optischen oder technisch obsoleten Gründen ausgetauscht werden. Es liegt bei dieser Gruppe kein direkter Bauteilschaden oder eine Funktionsbeeinträchtigung vor. Bei der anderen Gruppe handelt es sich um Bauteile bzw. Bauteilschichten, deren ökonomische

¹¹⁵ Vgl. [Jahn80], S. 12

¹¹⁶ Vgl. auch [EbTo02] Kapitel Lebenszykluskosten

¹¹⁷ vgl. [GrHü03], Seite 91

¹¹⁸ Vgl. [GrHü03]

Lebensdauer abhängig ist von einem anderen Bauteil, welches hingegen eine geringere technische Lebensdauer innehat. Eine Vermeidung dieses Sachverhaltes ist bei der Planung zu berücksichtigen. Entweder sollte eine Abhängigkeit dieser Art möglichst nicht entstehen, oder aber das technisch nicht so langlebige Element sollte relativ einfach und ohne Beeinträchtigung des anderen Bauteils austauschbar sein.

3.2.5 Sägezahnmodell [HFSZ08]

‘Hegger’ beschreibt eine Darstellungsform für die Veranschaulichung des Zusammenwirkens verschiedener Bauteile auf den Gesamtlebenszyklus bzw. die daraus resultierenden Kosten. Um die unterschiedliche Dauerhaftigkeit von Baustoffen und Bauteilen darzustellen empfiehlt er das Sägezahnmodell¹¹⁹. Hierbei geht das Modell davon aus, dass jedes Bauteil bis zum Ende seiner Dauerhaftigkeit verwendet wird und dann ausgetauscht wird. In der Abbildung dargestellt sind verschiedene Bauteile, jeweils mit unterschiedlicher Dauerhaftigkeit. Man kann diese von ‘Hegger’ beschriebene Dauerhaftigkeit mit dem Abnutzungsvorrat gleichsetzen.

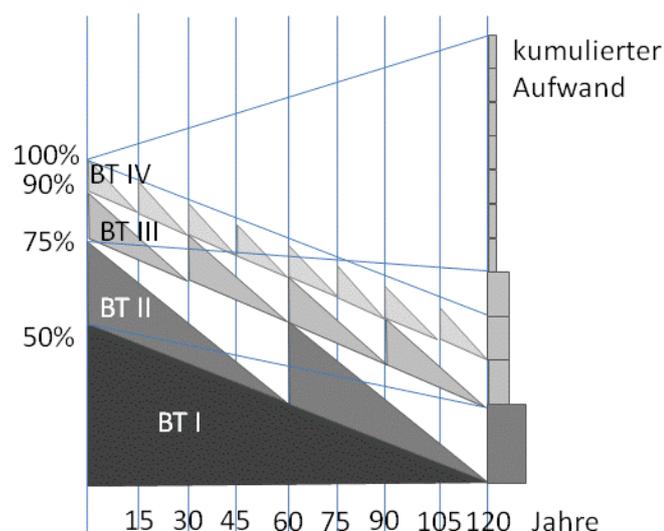


Abbildung 19: Sägezahnmodell [HFSZ08]

In Abbildung 19 ist vereinfacht ein Gebäude mit 4 Bauteilen dargestellt. Die Bauteile haben unterschiedliche Lebensdauern. Ein Bauteil [BT I] (beispielsweise das Betonskelett) hätte nach 120 Jahren seinen Abnutzungsvorrat aufgebraucht. Das zweite Bauteil [BT II] hat seinen Vorrat nach 60 Jahren aufgebraucht und muss dementsprechend ausgetauscht werden, Bauteil III entsprechend nach 30 Jahren usw. Es wird schnell klar, dass eine Verringerung der Anzahl der Bauteile oder

Bauteilgruppen sowie eine Verlängerung der Lebensdauer einzelner Bauteile, Auswirkungen auf den Aufwand, der sich kumuliert für das gesamte Gebäude über den Lebenszyklus hinweg ergibt, haben wird. Um ein solches Sägezahnmodell erstellen zu können, bedarf es prospektiver Kenntnis über die Bauteillebensdauern innerhalb eines Gebäudes.

Das Modell veranschaulicht in vereinfachter Form das Zusammenspiel mehrere Bauteile innerhalb des komplexen Systems von Gebäudebauteilen im Gebäude.

3.2.6 Service life planning nach ISO 15686-1:2000 und –2:2001

In der 'ISO 15686 1-6'¹²⁰ wird das Vorgehen bei der Kalkulation von Unterhaltszyklen beschrieben. Im speziellen wird die so genannte Faktoren-Methode angeführt. Ziel dieser Methode ist die Abschätzung der Lebensdauer bzw. Nutzungsdauer für einzelne Bauteile bzw. Bauwerke. Die Methode basiert auf der Bezugslebensdauer einzelner Bauteile. Um so genau wie möglich im Vorhinein abschätzen zu können, wie lang die realen Lebensdauern von Bauteilen sind, ist es notwendig, die angegebenen Bezugslebensdauern der Bauteile mit Modifikationsfaktoren zu multiplizieren. Die Modifikationsfaktoren, die einzeln betrachtet erheblichen Einfluss auf die Lebensdauer von Bauteilen haben, sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

¹²⁰ [ISO00]

Tabelle 3: Modifikationsfaktoren für die Abschätzung der Lebensdauer von Gebäudeelementen.¹²¹

Ursache	Faktor	Vorraussetzung	Beispiele
Bauteilqualität	A	Qualität der Komponenten	Herstellungsweise, Lagerung, Transportbedingungen, Materialien, schützende Beschichtungen
	B	Qualität der Konstruktion	Fügungen, konstruktiver Schutz
	C	Ausführungsqualität	Baustellenbedingungen, Qualität der handwerklichen Ausführung, klimatische Bedingungen während der Ausführung
Umgebung	D	Inneneinflüsse	Raumluftbedingungen
	E	Außeneinflüsse	Wetter, Bauwerkserschütterungen, Außenluftqualität
Gebrauchsbedingungen	F	Nutzungsintensität	mechanische Einwirkungen, Art der Nutzung, Verschleiß
	G	Instandhaltungsqualität	Art und Häufigkeit der Pflege, Zugänglichkeit

Jede Kombination dieser Faktoren kann die Lebensdauer von Gebäudeelementen beeinflussen. Dementsprechend kann die Faktorenmethode als Formel dargestellt werden.

$$\text{ESLC} = \text{RSLC} \times \text{Faktor A} \times \text{Faktor B} \times \text{Faktor C} \times \text{Faktor D} \times \text{Faktor E} \times \text{Faktor F} \times \text{Faktor G}$$

ESLC: veranschlagte Lebensdauer
(estimated service life of the component)

RSLC: angegebene Bezugslebensdauer des Bauteils
(reference service life of the component)

Wichtig bei der Verwendung dieser Faktoren ist der Grad der Verlässlichkeit des verwendeten Datenmaterials¹²².

Grundsätzlich gilt, dass für die Anwendung der Faktoren bei der Ermittlung der veranschlagten Lebensdauer von Bauteilen hinreichende Kenntnisse über die Bauteilbedingungen notwendig sind. Auch ist eine gewisse Erfahrung in der Anwendung und Gewichtung der einzelnen Faktoren unabdingbar.

¹²¹ Vgl. [ISO00] S. 23

¹²² Vgl. [PfBL06] S.200

4 Lebenszykluskostenbetrachtungen

Beschäftigt man sich mit der Instandhaltung und Erneuerung von baulichen Anlagen und technischen Anlagen, taucht immer wieder die Fragestellung der Kosten und der Kostenminimierung auf. Die Bestimmung der Kosten im Voraus erweist sich als schwierig, da viele Parameter Einfluss auf die Kostenentwicklung haben. Einige wichtige Parameter sind:

- Zeit
- Bauwerksalter
- Nutzung
- Verschleiß
- Instandhaltungsstrategie
- Wichtigkeit des Bauwerks für den Eigentümer / Nutzer
- Finanzielle Lage des Eigentümers

Diese Parameter beeinflussen die jeweils zu treffende Instandhaltungsentscheidung unterschiedlich¹²³.

Um die Zusammenhänge besser zu verstehen, sollen folgend die Instandhaltungskosten in den Lebenszyklus eines Gebäudes eingeordnet werden.

4.1 LCC (Lebenszykluskostenberechnungen von Gebäuden)

Als Folge des Fehlens eines einheitlichen Standards für Lebenszykluskosten gibt es die unterschiedlichsten Beschreibungen und Definitionen¹²⁴.

Nach der *ISO 15686* sind Lebenszykluskosten „*alle Kosten eines Gebäudes oder seiner Bauteile während seiner Lebensdauer einschließlich Planungskosten, Entwicklungskosten, Anschaffungskosten, Betriebskosten, Unterhaltskosten und Entsorgungskosten abzüglich des Restwertes*“. „*Life Cycle Costing*“ wird als Verfahren zum Berechnen von Lebenszykluskosten beschrieben¹²⁵.

‘*Fuller/Petersen*‘ beschreibt mit LCCA¹²⁶ eine Lebenskostenanalyse als Methode zur Projektbewertung, welche alle Kosten von Eigentumskosten, Betriebskosten,

¹²³ Vgl. [Clau89] S. 19

¹²⁴ LCC: Life Cycle Costs

¹²⁵ Vgl. [ISO04]

¹²⁶ LCCA: Life Cycle Cost Analysing

Instandhaltungskosten und letztendlich die Entsorgungskosten umschließt¹²⁷. Diese Lebenszykluskostenanalyse ist demnach hauptsächlich geeignet, um verschiedene Gebäudevarianten auszuwerten, welche die geforderten Ausführungsstandards berücksichtigt (einschließlich Nutzungskomfort, Sicherheit, Erfüllung von Vorschriften und Normen, Zuverlässigkeit als auch die Beachtung von gestalterischen Aspekten). Dies wiederum kann zu unterschiedlichen Herstellungskosten, Betriebskosten, Instandhaltungskosten und Reparaturkosten (OM&R)¹²⁸ einschließlich Energie und Wasserverbrauch führen; unter Umständen auch zu unterschiedlichen Lebensdauern¹²⁹.

In *ISO 15686-5* wird nicht nur von den Lebenszykluskosten (LCC) sondern darüber hinaus von den WLC (Whole life costs) gesprochen¹³⁰¹³¹. So sind nach *ISO 15686-5* WLC's für den Gebäudebestand, auf der Ebene der Anlagen und „Facilities“ von Bedeutung, wenn es darum geht, alternative Investitionsszenarien zu entwerfen (Erhaltung oder Neubau), die Auswahl unterschiedlicher Entwürfe (Fachwerkkonstruktionen oder sonstigen Tragwerkssystemen) oder unterschiedlicher Ausstattungsvarianten (Metall- oder Holzfenster) zu treffen. Demnach können solche Kosten die Basis bilden für den Vergleich und die Bewertung zwischen unterschiedlichen Strategien auf allen Ebenen. Um dieses Ziel zu erreichen, ist es notwendig, dass die Kostenstrukturen klar definiert und vergleichbar gehalten sind. Das ermöglicht eine Strategieüberprüfung des Kapitaleinsatzes bzw. der Ziele (wie bspw. Steigerung der Nachhaltigkeit oder Verbesserung der Funktionalität). Die Strategien sind wiederum beeinflusst von lokalen, nationalen und internationalen Bedingungen, Gesetzgebung, Steuern usw.

Die *ISO 15686-5* unterscheidet zwischen verschiedenen Ebenen der WLC Daten und darüber hinaus nach unterschiedlichen Kosten für alle Ebenen eines Immobilienprojekts.

Mögliche Strukturierungen der Kosten sind in nachfolgender Abbildung dargestellt.

¹²⁷ Vgl. [FuPe96]

¹²⁸ OM&R: Operation Maintenance and Repair

¹²⁹ Vgl. [FuPe96] Chapter1-2

¹³⁰ Diese Bezeichnungen werden hauptsächlich in Großbritannien und Kanada verwendet.

¹³¹ Vgl. [ISO04]

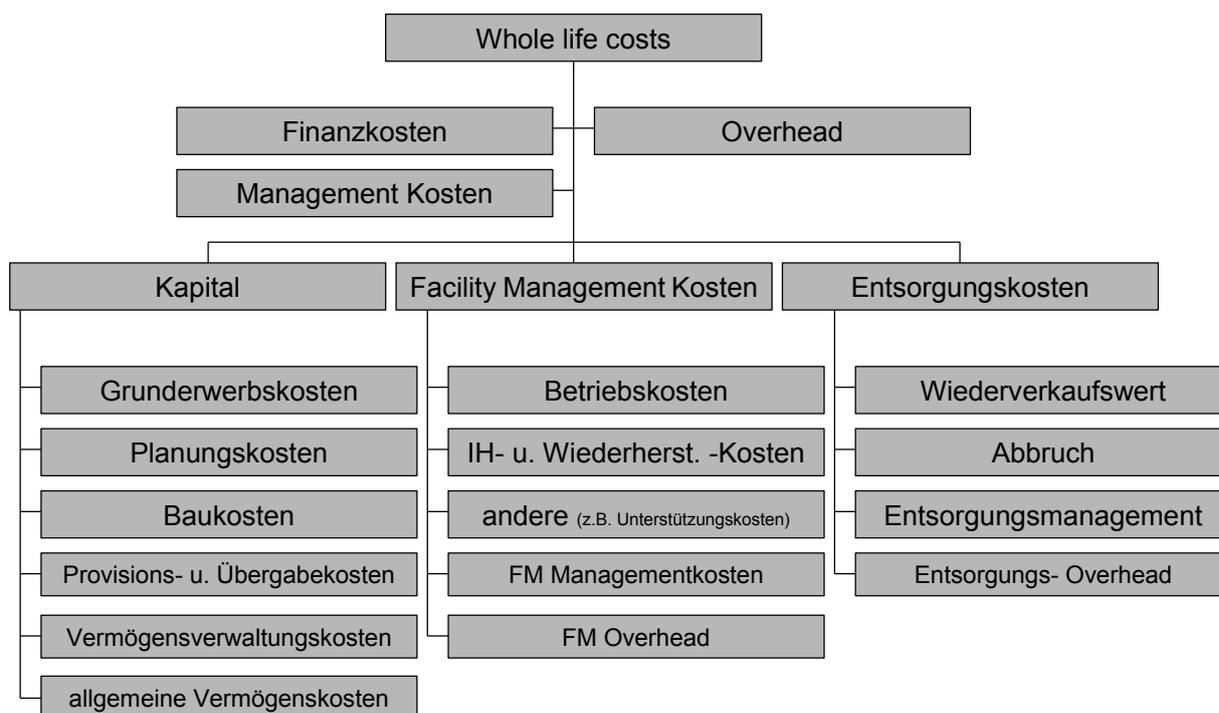


Abbildung 20: Kostenstruktur für jede Phase eines Immobilienprojekts¹³²

Weitere Bezeichnungen führt 'Pelzeter' mit den 'Through Life Costs' (TLC) oder den Total Ownership Costs (TCO) an¹³³.

Eine Abgrenzung der unterschiedlichen Bezeichnungen wird in der ISO 15686-5 vorgenommen und ist in anschließender Darstellung abgebildet.

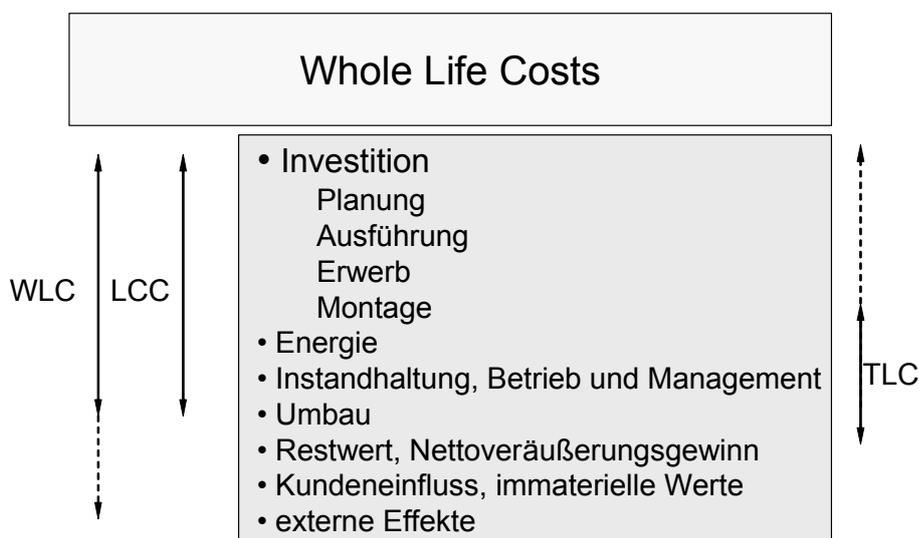


Abbildung 21: Abgrenzung der unterschiedlichen Lebenszyklusdefinitionen¹³⁴

¹³² Vgl. [ISO04], S. 44

¹³³ Vgl. [PeAn05] S. 35 f, 'Pelzeter' geht dort auf die verwirrende Begriffsvielfalt bei der Bezeichnung der unterschiedlichen Kostenbezeichnungen bei Lebenszykluskostenbetrachtungen.

Nach 'Graubner/Hüske'¹³⁵ sind Lebenszykluskosten (LCC) die Summe aller Kosten, die ein Gebäude im Laufe eines Lebenszyklus von der Planung über die Herstellung und die Nutzung bis hin zu seiner Beseitigung verursacht.

Unter Lebenszykluskosten fallen nach 'Graubner/Hüske' die Planungs- und Herstellungskosten, die Nutzungs- und die Abbruchkosten.

Unter **Planungs- und Herstellungskosten** werden in der [DIN276] die Gesamtkosten für alle Maßnahmen zur Herstellung des Bauwerks einschließlich der Planungs- und Finanzierungskosten (Grundstück, Erschließung, Baukonstruktion, Technische Anlagen, Außenanlagen, Ausstattung, Baunebenkosten) verstanden¹³⁶.

Die **Nutzungskosten** sind nach DIN18960 „regelmäßige oder unregelmäßige wiederkehrende Kosten“ während der Nutzungsphase (Kapitalkosten, Verwaltungskosten, Betriebskosten und Instandsetzungskosten) sowie Kosten für Umbaumaßnahmen und Modernisierung.

Die Gliederung der Nutzungskosten erfolgt in drei Ebenen¹³⁷.

In der ersten Ebene der Nutzungskostengliederung ergibt sich eine Aufteilung der Gesamtkosten auf folgende Nutzungskostengruppen:

100	Kapitalkosten
200	Verwaltungskosten
300	Betriebskosten
400	Instandsetzungskosten (Bauunterhaltungskosten)

¹³⁴ Vgl. [ISO04] S. 7f

¹³⁵ Vgl. [GrHü03]

¹³⁶ [EbTo02] Abschnitt Lebenszykluskosten: beschreibt zusätzlich noch die Änderungs- und Beseitigungskosten. Das sind die Kosten die anfallen, um das Baugrundstück so herzurichten, dass mit dem eigentlichen Herstellungsprozess begonnen werden kann. Sie können demnach für die Entscheidung, ob an einem bestimmten Standort gebaut werden kann oder nicht von zentraler Bedeutung sein. Da sie aber durch ein vorheriges Bauprojekt verursacht werden, sollen sie an dieser Stelle nicht zu den Lebenszykluskosten miteinbezogen werden.

¹³⁷ Vgl. [DIN18960] S.3

Diese werden entsprechend in der DIN 18960 jeweils in Nutzungskostengruppen der zweiten und dritten Ebene gegliedert.

'Graubner' und 'Hüske' definieren die Lebenszykluskosten aus ökonomischer Sicht folgendermaßen¹³⁸.

$$LCC = H + N + A \quad [€] \quad (\text{Gl. 1})$$

H	Kosten der Planungs- und Herstellungsphase
N	Kosten der Nutzungsphase
A	Kosten des Abbruchs

'Riegel' verfeinert diese Herangehensweise noch um weitere Faktoren¹³⁹.

$$LCC = E + \sum_{i=1}^m N_i + \sum_{j=1}^n M_j + \sum_{k=1}^o U_k + A \quad [€] \quad (\text{Gl. 2})$$

E	Entwicklungs- und Erstellungskosten
N	Nutzungskosten
M	Modernisierungskosten
U	Umbaukosten
A	Abbruch- und Entsorgungskosten
m	Anzahl der Nutzungsphasen
n	Anzahl der Modernisierungen
o	Anzahl der Revitalisierungen

Die **Modernisierungs- und Umbaukosten** entsprechen Maßnahmen, durch welche Bauteile entsprechend dem aktuellen Stand und den anerkannten Regeln der Technik ausgetauscht werden. Bei einer nicht mehr darstellbaren Wirtschaftlichkeit kommt es häufig zu Umbaumaßnahmen. Im Gegensatz zu 'Riegel' werden Revitalisierungsmaßnahmen im Rahmen dieser Arbeit unter Umbau und Erweiterung subsummiert. Die Kosten einer Revitalisierung können somit als Teil der oben genannten Maßnahmen verstanden werden¹⁴⁰.

'Riegel' gliedert die Lebenszykluskosten, wie in Abbildung 22 illustriert, streng nach Erst- und Folgekosten¹⁴¹. Die Übergabe des fertigen Gebäudes an den Eigentümer stellt die Trennlinie zwischen Erst- und Folgekosten dar. Die in der Abbildung dargestellten Änderungs- und Beseitigungskosten treten nur auf, wenn beispielsweise

¹³⁸ Vgl. [GrHü03]

¹³⁹ Vgl. [Rieg04]

¹⁴⁰ Vgl. [Rieg04]

¹⁴¹ Vgl. [Rieg04]

ein Grundstück für eine Bebauung gesondert hergerichtet werden muss. Dies können unter Umständen, wenn man nur das Objekt betrachtet, auch Abbruch- und Entsorgungskosten eines vorher bestehenden Gebäudes sein. Unter Investitionsgesichtspunkten gehören diese Kosten zum Lebenszyklus des folgenden Objekts. In jedem Fall ist dies die Schnittstelle zwischen *altem* und *neuem* Lebenszyklus.

Die **Abbruch- und Entsorgungskosten** beinhalten alle Maßnahmen für die Beseitigung der baulichen Anlagen und die Entsorgung der anfallenden Baurestmassen, inklusive einfließender Erträge durch die Wieder- bzw. Weiterverwendung von Bauteilen.

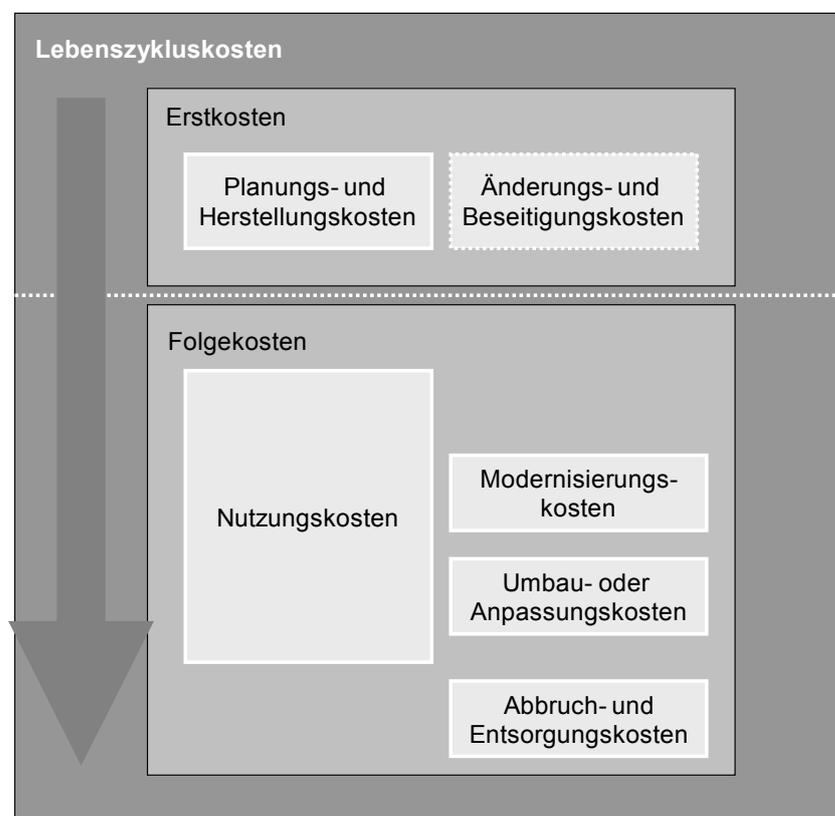


Abbildung 22: Gliederung der Lebenszykluskosten von Gebäuden (eigene Darstellung angelehnt an [GrRi04])

In Anlehnung an die Darstellungsform von 'Graubner/Riegel' dient Abbildung 22 dazu, die wesentlichen Lebenszykluskostenblöcke übersichtlich abzubilden. Der Block der Erstkosten kann zum Einen in Form von Planungs- und Herstellungskosten auftreten,

zum Anderen als Änderungs- und Beseitigungskosten, wenn während des Gesamtlebenszyklus Umbauten stattfinden oder um diese Umbauten durchführen zu können, zusätzlich noch Beseitigungskosten auftreten. Für dieses geänderte oder neu erstellte Bauteil beginnt damit wieder ein neuer Lebenszyklus. Im Block Folgekosten sind zum einen die Nutzungskosten zu nennen, welche die Summe der Kosten darstellt, die aus der Nutzung der Immobilie resultieren. Es können im Laufe der Nutzungsphase aber notwendige Modernisierungen oder gar Umbaukosten notwendig werden, die als Kostenblöcke rechts daneben dargestellt sind. Als letzter Kostenblock sind schließlich die Abbruch- und Entsorgungskosten dargestellt.

'Fuller/Petersen'¹⁴² lehnen sich eher an die Gesamtlebenszyklusbetrachtung an, in der sie von folgender Berechnung ausgehen.

$$LCC = I + \text{Repl} - \text{Res} + E + W + \mathbf{OM\&R} + \mathbf{Mo.} + D \quad (\text{Gl. 3})$$

LCC	Lebenszykluskosten
I	Investitionskosten
Repl.	(Wieder-)Herstellungskosten
Res.	Residualwert (Wiederverkaufs-, Rest-, Schrottwert)
E	Energiekosten
W	Wasserkosten
OM&R	Betriebs-, Instandhaltungs-, Wartungs- und Reparaturkosten (<i>erhaltend und z.T. verändernd</i>)
Mo.	Modernisierungskosten (<i>verändernd</i>)
D	Rückbau- und Entsorgungskosten

Gemeinsam haben alle Ausdrücke und Definitionen die Kombination von Anfangs- und Folgekosten während des gesamten Lebenszyklus einer Immobilie.

In 'Pfründer/Bahr/Lennerts' werden die Betriebs-, Instandhaltungs-, Wartungs- und Reparaturkosten als erhaltende Maßnahmen bezeichnet, während die Modernisierungskosten primär als gebrauchswertsteigernde und damit als verändernde Maßnahmen zu bezeichnen sind¹⁴³. (siehe hierzu auch Kapitel 2.5).

Wie in Abbildung 22 dargestellt entstehen alle vorher beschriebenen Kosten während unterschiedlicher Lebensphasen einer Immobilie.

¹⁴² [FuPe96]

¹⁴³ Vgl. [PfBL06] S. 2

Nur während der frühen Lebenszyklusphasen eines Objekts lassen sich die Weichen für später entstehende Kosten stellen. Hierzu gehört immer das Wissen um die ideale Ausgestaltung der Nutzungsphase.

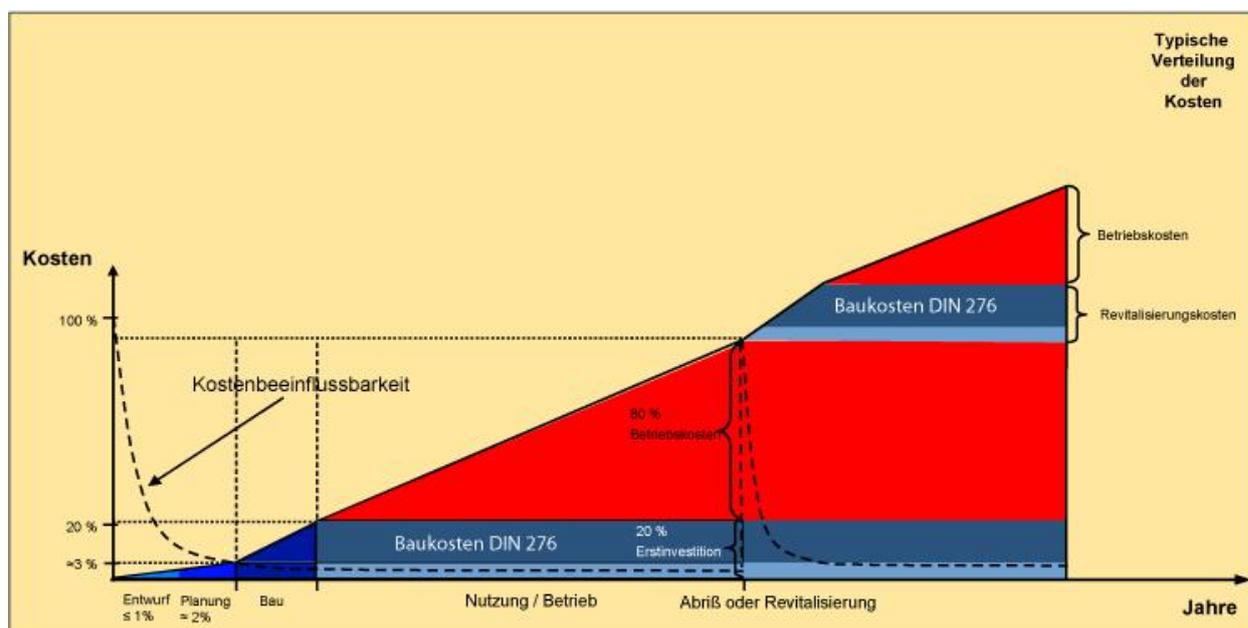


Abbildung 23: qualitativer Verlauf der Lebenszykluskosten und deren Beeinflussbarkeit¹⁴⁴

In Abbildung 23 sind qualitativ die Lebenszykluskosten kumuliert aufgetragen. Zusätzlich ist die Beeinflussbarkeit der während des Lebenszyklus anfallenden Kosten schematisch dargestellt. Es fällt die enorme Wichtigkeit der lebenszyklusorientierten Planung auf.

Abbildung 23 verdeutlicht, dass lediglich am jeweiligen Ende der Nutzung (im Falle z.B. einer möglichen Revitalisierung) die Beeinflussbarkeit der Baufolgekosten wieder höher ist, da sich hier eine neue Planungsphase an den bisherigen Lebenszyklus anschließt.

4.1.1 Nutzungskosten

Die Nutzungskosten für ein Verwaltungsgebäude überragen bei einer Lebensdauer von 40-50 Jahren um ein Vielfaches die Planungs- und Erstellungskosten (93%-95% gegenüber 5%-7%)¹⁴⁵.

¹⁴⁴ In Anlehnung an [Rieg04] S. 20 und [ZeWi67] S. 12

¹⁴⁵ Vgl. [Lenn00]

In 'Schub/Stark' wird dieses Thema anhand der Unterscheidung in Erst- und Folgekosten diskutiert¹⁴⁶. Eine gegenseitige Substitution von Erstkosten durch Folgekosten oder von Folgekosten durch Folgekosten ist genauso möglich wie eine Substitution von Erst- durch Folgekosten und umgekehrt. Bei der Abhängigkeit der Folge- von den Erstkosten ergeben sich verschiedene Möglichkeiten.

- Hohe (niedrige) Erstkosten können auch höhere (niedrigere) Folgekosten bewirken.
- Andererseits können aber auch aus hohen Erstkosten niedrige Folgekosten entstehen und umgekehrt.

Als Beispiel können offen zugängliche Abwasserleitungen, die in der Erstellung oftmals teurer sind, die Folgekosten senken, da so eine Instandhaltung ohne Aufbrechen des Bodens oder der Wände möglich ist. Ziel sollte es also sein, eine kostenoptimale Kombination von Erst- und Folgekosten zu finden, was, wie oben beschrieben, eine Auseinandersetzung mit den Folgekosten bereits in der Planungsphase voraussetzt.

In der folgenden Abbildung sind die Einflussmöglichkeiten in der Planungsphase auf die Höhe der Bauunterhaltungskosten qualitativ dargestellt.

¹⁴⁶ [ScSt85], Seite 37ff.

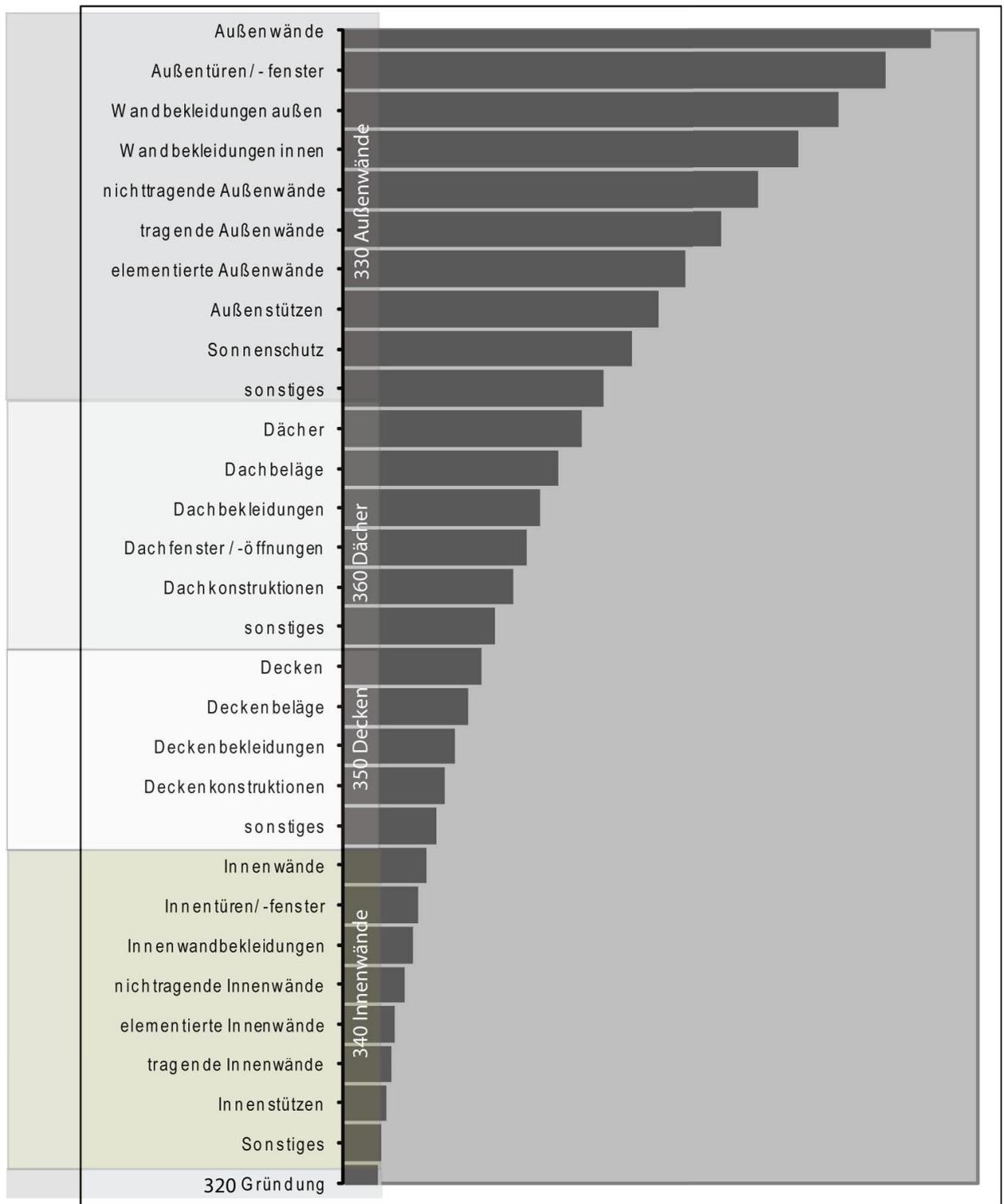


Abbildung 24: Einflussmöglichkeiten des Planers auf die Bauunterhaltskosten einzelner Bauelemente (nach DIN 276)[NASa02]¹⁴⁷

‘Naber’¹⁴⁸ beschreibt an dieser Stelle die hohe Verantwortung des Planers in Bezug auf die Baufolgekosten. Als einfaches Beispiel nennt ‘Naber’ die Wahl eines

[NaSa02]

Sichtmauerwerks im Gebäudeinneren, welches die Verlegung von Leitungen in speziellen Verlegesystemen notwendig macht, welche sich wiederum in den Folgekosten niederschlagen können. Für die Strategiebildung bei der Instandhaltungsplanung von Immobilien spielt dies eine entscheidende Bedeutung.

Was an dieser Stelle jedoch ebenfalls von entscheidender Bedeutung ist, ist die tatsächliche Höhe der Folgekosten während des Lebenszyklus der einzelnen Bauteile. Die Höhe des Einflusses der Erstellung auf die Folgekosten mag für die in Abbildung 24 dargestellten Bauteile unterschiedlich groß sein, es stellt sich hier aber immer die Frage, von welchen Dimensionen man in der Praxis spricht. Die Erkenntnis des Einflussgrades ist wichtig, der gewünschte Nutzen, die Frage der Nachhaltigkeit und die Höhe der Kosten im Gesamtkontext, also die Fragestellung, welche die in der Nutzung teuersten Bauteile sind. Bei diesen Bauteilen ist der Grad der Kostenbeeinflussung als erstes zu untersuchen.

4.1.2 Prognose von Lebenszykluskosten

Es gibt verschiedene Ansätze zur prospektiven Kalkulation von Lebenszykluskosten. Der **statistische** Ansatz beruht auf der Auswertung von empirischen Daten. Der **analytische** Ansatz beruht auf Prognosemodellen, die die Objekteigenschaften annäherungsweise abzubilden versuchen.

'Graubner' unterscheidet hierbei nach Modellen, die anhand von Prozesskenntnis und jeweiliger Objekteigenschaft abhängig gebildet werden, um daraus Kosten zu ermitteln.

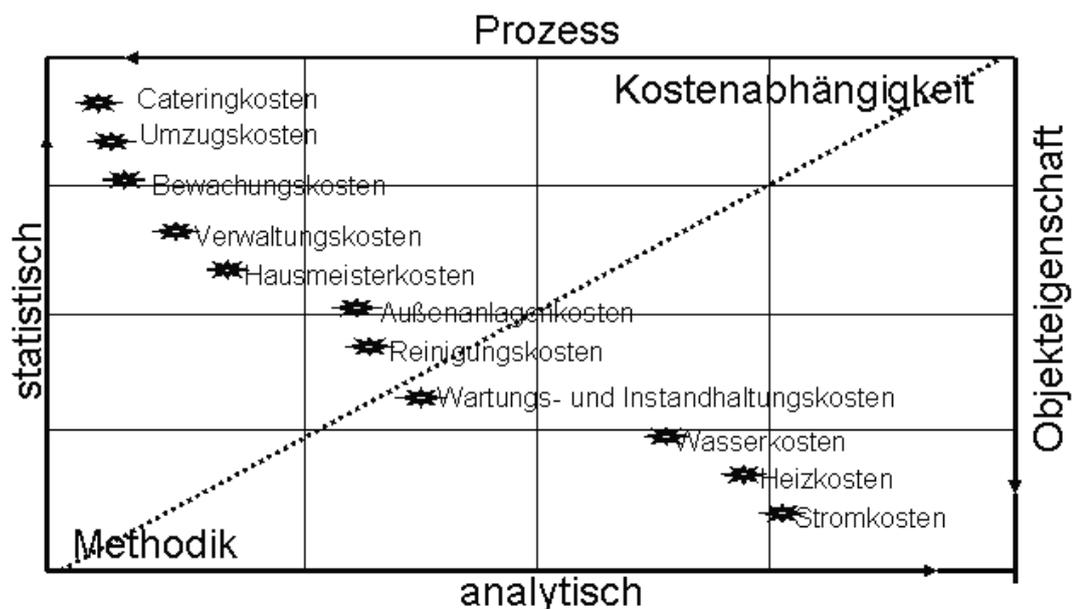


Abbildung 25: Methoden der LCC-Kosten und deren Zuordnung zur prospektiven Kostenermittlungsmethode [GrCA06]

So sind praktisch gesehen infrastrukturelle Betriebskosten wie Catering, Umzug bis hin zu Reinigungskosten, sofern empirische Daten zur Verfügung stehen, am besten statistisch zu ermitteln. Verbrauchswerte wie Strom, Heiz- und Wasserkosten hingegen sind stark objektabhängig und damit modellierbar. Hierzu ist allerdings ausgeprägtes Expertenwissen bezüglich der korrekten Modellbildung und deren Anwendung notwendig. *'Riegel'* beschreibt in seiner Dissertation ein softwaregestütztes Berechnungsverfahren zur Prognose und Beurteilung der Nutzungskosten von Bürogebäuden¹⁴⁹. In [PfBL06] wird auf die Notwendigkeit von empirischen Daten für statistische, aber auch für analytische Methoden hingewiesen. So sind nach Abbildung 25 für Wartungs- und Instandhaltungskosten statistisch-analytische Verfahren notwendig, um Prognosen für die Zukunft treffen zu können.

4.2 Gesamtkostenoptimierung / Management der Nutzungskosten

Oft sind die Mieten von Immobilien nicht mehr der Hauptkostentreiber bei der Anmietung oder Nutzung von Immobilien, sondern die anfallenden Nebenkosten. Der Mieter oder Nutzer hat ein maßgebliches Interesse an der Optimierung dieser Kosten. Die Gesamtkostenoptimierung von Instandhaltungsaufgaben im lebenszyklusorientierten Ansatz spielt hier eine entscheidende Rolle¹⁵⁰.

Für eine Wirtschaftlichkeitsberechnung sind folgende Einflussgrößen erforderlich:

- Präventivkosten
- Ausfallkosten
- Lebensdauer der jeweiligen Bauteile

Zur Erreichung dieses Kostenoptimums ist es dabei von wesentlicher Bedeutung, ob diese Informationen zu einer deterministischen¹⁵¹, stochastischen oder lediglich zu einer probabilistischen Entscheidungssituation führen.

Das Minimum an Kosten zu erreichen, ist nach *'Rötzel'* nicht einfach. *'Rötzel'*¹⁵² bemerkt, dass es üblicherweise einem Instandhalter leichter fällt, technische Mittel zu finden, einen Ausfall zu verhindern, als die wirtschaftlichste Lösung zu berechnen.

¹⁴⁹ Vgl. [Rieg04]

¹⁵⁰ Vgl. [GäGS05], S. 41

¹⁵¹ **deterministische Beziehung**

Eine Beziehung, in der die Abhängigkeit der abhängigen Variablen frei von Zufallseinflüssen ist und daher zwei Größen dadurch gekennzeichnet sind, dass die eine die andere oder beide einander bedingen; Wahrscheinlichkeiten spielen dabei keinerlei Rolle.

Ziel einer Gesamtkostenoptimierung ist es, das Optimum aus indirekten und direkten Instandhaltungskosten zu finden. Würde man nur der Forderung möglichst geringer (direkter) Instandhaltungskosten nachgehen, wäre das hinsichtlich dauerhafter und ganzheitlicher Kostenbetrachtung nicht zielführend.

Zunächst einmal soll die Optimierung der direkten Instandhaltungskosten betrachtet werden. Hierbei geht es, wie in Abbildung 26 dargestellt, um die Ermittlung des Kostenoptimums für präventive und kurative Maßnahmen¹⁵³.

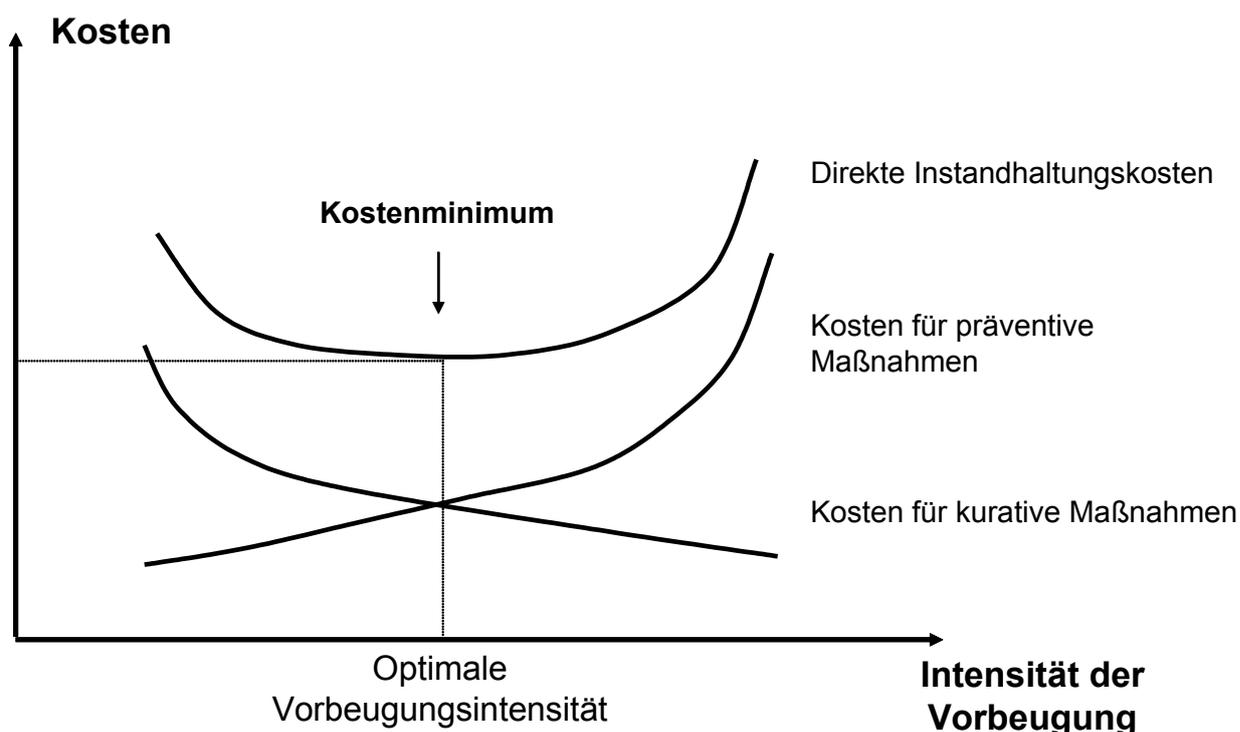


Abbildung 26: idealtypischer Verlauf der direkten Instandhaltungskosten in qualitativer Darstellung¹⁵⁴

Um die erforderliche Bauteilverfügbarkeit sicherstellen zu können, ist die richtige Kombination aus Wartungs-, Inspektions-, und Instandsetzungsmaßnahmen auszuwählen. Vernachlässigt man Kosten für eine perfekte Instandhaltung, ergibt sich der idealtypische Verlauf, wie in Abbildung 26 dargestellt.

Bei niedrigen Kosten für präventive, schadensvorbeugende Maßnahmen werden nur wenige Instandsetzungen, Wartungen oder vorbeugender Teileaustausch durchgeführt. Dies führt dazu, dass Verschlechterungen des Zustandes von Anlagen nicht erkannt werden und es so häufiger zu Schadenseintritten und Ausfällen kommt. Somit

¹⁵² Vgl. [Roet92]

¹⁵³ in Anlehnung an [Alca00], Seite 80ff. und [PrSc03], Seite 223f.

¹⁵⁴ vgl. [Alca00], S.81 und [PrSc03], Seite 224

entstehen höhere Kosten für kurative Maßnahmen. Durch eine Erhöhung der Anzahl präventiver Maßnahmen können die kurativen Kosten gesenkt werden. So können beispielsweise durch regelmäßige Wartungsmaßnahmen an einer Lüftungsanlage Abnutzungserscheinungen wie z.B. festgefahrene Lager und daraus resultierende Schäden frühzeitig erkannt und behoben werden. Allerdings können kurative Kosten trotz hoher Intensität der präventiven Maßnahmen weiterhin entstehen. So können z.B. Sprungausfälle trotz regelmäßig stattfindender Inspektionen nicht erkannt und somit nicht vermieden werden. Das heißt also, dass trotz sehr hoher Ausgaben für präventive Maßnahmen die Kosten für kurative Maßnahmen nicht vollständig eliminiert werden können, sondern nur auf ein Minimum reduziert werden.

Eine wirtschaftliche Instandhaltung eines Bauwerkes hat neben einer Minimierung der direkten und indirekten Instandhaltungskosten auch das Ziel, die Gebäudesubstanz in einem möglichst guten Zustand zu erhalten¹⁵⁵.

Dies wird in der Regel nicht nur in Form von erhaltenden Maßnahmen wie Instandhaltung geschehen sondern in der Realität auch durch verändernde Maßnahmen erfolgen.

Es gilt also die richtige Strategie zu finden, die wirtschaftlich nicht nur kurzfristig, sondern an nachhaltigen und langfristigen Zielen ausgerichtet sein sollte.

4.2.1 Instandhaltbarkeit

Die Instandhaltbarkeit ist nach VDI 4004 ein Merkmal für die einer Betrachtungseinheit (System, Systemebene) innewohnenden Eigenschaften, durch die beeinflusst wird, wie gut sie in der Nutzungsphase betrieben und instand gehalten werden kann. Die Instandhaltbarkeit ist gegeben durch bestimmte qualitative und quantitative Anforderungen, die der Betrachtungseinheit während ihrer Entwicklung eingeprägt wurden.

Zu den qualitativen Merkmalen gehören:

- die Zugänglichkeit zu den instand zu haltenden Bauteilen, Prüfpunkten oder Schmierstellen,
- die Prüfbarkeit einer Betrachtungseinheit zur Feststellung des Ist-Zustandes,
- die Überwachbarkeit durch in Anlagen installierte Überwachungseinrichtungen zur Abgabe von Warnsignalen,
- die Austauschbarkeit von Komponenten, Geräten und Bauteilen,

¹⁵⁵ in Anlehnung an [Krug85], Seite 29

- die Standardisierung von Komponenten, Geräten, Bauteilen, Befestigungs- und Verbindungsmitteln,
- ggf. leichte Justierbarkeit und Kalibrierbarkeit,
- die Wahl instandsetzungsfreundlicher bzw. instandsetzungsfreier Geräte oder Bauteile und
- Anforderungen bzgl. des Ausbildungsstandards des Instandhaltungspersonals.

Bedarfskenngrößen zur Kennzeichnung von Häufigkeiten und Aufwandskenngrößen können als quantitative Kenngrößen die Eignung von Betrachtungseinheiten zur Instandhaltung beschreiben. Zu den Bedarfskenngrößen gehören z.B. die Zeit zwischen zwei präventiven Instandhaltungsmaßnahmen, die Anzahl präventiver Instandhaltungsmaßnahmen bezogen auf eine Zeiteinheit oder die mittlere Dauer zwischen zwei Instandhaltungsmaßnahmen.

Zu den Aufwandskenngrößen zählen dagegen die Dauer eines Instandhaltungsvorgangs, die Kosten für die Instandhaltung innerhalb der Nutzungsdauer oder der Aufwand (in Mannstunden) für einen Instandhaltungsvorgang. Die Instandhaltbarkeit von Gebäudeelementen ist eng mit deren Wirtschaftlichkeit verknüpft. So sollte schon bei der Planung von Gebäuden eine gute Instandhaltbarkeit mitberücksichtigt werden. Gebäudeelemente, bei denen es nicht wirtschaftlich ist, eine Inspektion durchzuführen, können von der systematischen Instandhaltungsplanung ausgenommen werden. So kann es z.B. wirtschaftlich sein, zur Kontrolle von dahinter liegenden Leitungen eine Wandverkleidung zu entfernen. Der Aushub des Erdreiches zur Kontrolle der Grundleitungen ist dagegen nicht als wirtschaftlich anzusehen

4.2.2 Gesamtaufwendungen für die Instandhaltung eines Gebäudes

In zahlreichen Quellen zum Thema Instandhaltung von Gebäuden werden Annahmen zu den voraussichtlichen Gesamtaufwendungen für die Instandhaltung während des Lebenszyklus' einer Immobilie bzw. den jährlich anfallenden Instandhaltungskosten getroffen.

Eine bei Wohnungseigentümern bekannte Näherung für die jährlich anfallenden kalkulatorischen Instandhaltungskosten ist die sogenannte „Petersche Formel“^{156 157}

¹⁵⁶ vgl. [Peter84], Seite 144

¹⁵⁷ [www2] „Die Petersche Formel wird zur Abschätzung der zu erwartenden jährlichen Instandhaltungskosten von Gebäuden genutzt. Nach dieser Methode müssen die reinen Herstellungskosten (ohne Grundstücks- oder Erschließungskosten) mit dem Faktor 1,5 multipliziert und davon etwa 65 bis 70% angesetzt werden, dann durch 80 Jahre dividiert werden. Grundlage dieser Kalkulation ist es, dass innerhalb von 80 Jahren der 1,5-fache Wert der Baukosten für die Instandhaltung des Gebäudes anfällt und davon etwa 65 bis 70% auf das Gemeinschaftseigentum. Hierdurch wird die Höhe einer nötigen jährlichen Zuführung zur Instandhaltungsrücklage

$$\text{Instandhaltungsaufwand} = \frac{\text{Baukosten im Erstellungsjahr} \times 1,5}{80 \times \text{m}^2 \text{ Wohn} - / \text{Nutzfläche}} \quad (\text{Gl. 4})$$

Diese Formel besagt, dass bei einer Lebensdauer eines Gebäudes von 80 Jahren innerhalb dieses Zeitraumes das 1,5fache der ursprünglich investierten reinen Baukosten für die Instandhaltung aufgebracht werden müssen. Sie gibt die jährlich anfallenden kalkulatorischen Kosten an, die für Instandsetzungsmaßnahmen zurückgelegt werden sollten.

'Jehlen' beschreibt verschiedene Berechnungsmethoden zur Ermittlung des durchschnittlichen Instandhaltungsaufwandes eines Gebäudes. Er führt folgende Methoden auf¹⁵⁸:

- Verfahren der KGSt (Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsvereinfachungen)
- Verfahren des AMEV (Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen)
- Berliner Verfahren¹⁵⁹ (Senator für Bau- und Wohnungswesen)
- Bayerisches Verfahren (Oberste Baubehörde)
- DA Bau Hessen (Dienstanweisung Bau des Landes Hessen)
- RB Bau (Richtlinie des Bundes für Bauaufgaben)

Darüber hinaus gibt es zumindest für Schulgebäude eine mittlerweile veraltete Studie des Schulbauinstitutes der Länder von 1972¹⁶⁰

Studie 15 Folgekosten im Schulbau

bei Eigentumswohnungen ermittelt. Will ein Vermieter die jährlichen Instandhaltungskosten ermitteln, sind auch die Instandhaltungskosten für die Wohnung zu berücksichtigen. Dann darf nicht auf 65 bis 70% reduziert werden.“

¹⁵⁸ Vgl. [Jehl89]

¹⁵⁹ Der Autor [Jehl89] bezeichnet die Vorgaben des Amtes für Bau- und Wohnungswesen für die Instandhaltung als Berliner Verfahren, es ist nicht mit dem statistischen Verfahren der Zeitreihenanalyse, welches auch als Berliner Verfahren bezeichnet wird, zu verwechseln.

¹⁶⁰ Vgl. [Stu72] Die Studie beschäftigte sich mit den Folgekosten im Schulbau und ermittelte Überschlagsrechnungen um folgende Kosten zu bestimmen: Energiekosten, Reinigungs- und Pflegekosten, Materialkosten, Lohn- und Gehaltskosten, Gebühren und Versicherungen, Fahrtkosten für Schüler, Zins- und Tilgungskosten, Abschreibungskosten, verschiedene Kosten. Die Angaben die die Studie zu Instandhaltungskosten macht sind sehr grob gefasst und betragen 1 % der Herstellungskosten.

Die einzelnen Verfahren sind bezüglich ihres hinsichtlich der Instandhaltung ermittelten Mittelbedarfs qualitativ in Abbildung 27 dargestellt.

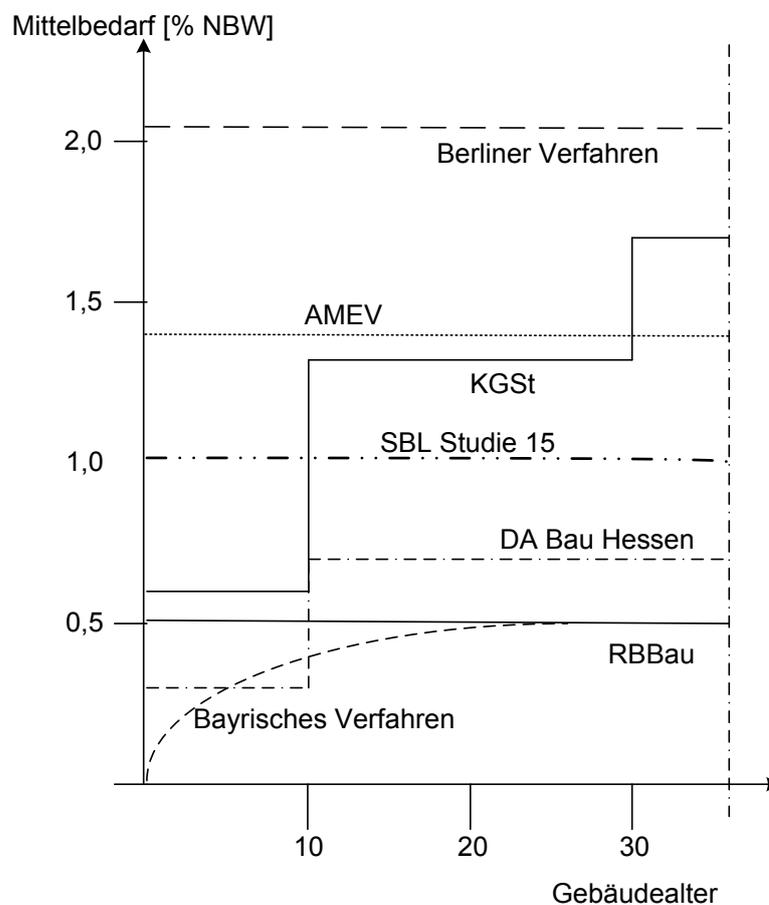


Abbildung 27: Instandhaltungsaufwand in Abhängigkeit vom Gebäudealter bei verschiedenen Bemessungsverfahren¹⁶¹

Es bleibt für die aufgeführten Verfahren die Fragestellung, welche dieser Methoden einer ausreichenden Instandhaltung am nächsten kommt, bzw. wie sich die tatsächliche Höhe des Aufwandes für Instandhaltung darstellt¹⁶².

Im *'Impulsprogramm Bau'* werden sowohl Angaben für die Höhe der Instandhaltungskosten als auch für die Instandsetzungskosten gemacht¹⁶³. Dies lässt sich auf die Tatsache zurückführen, dass in der Schweiz (SIA), wie in Abschnitt 2.1 beschrieben, Instandsetzung kein Unterbereich der Instandhaltung ist, sondern eigenständig auf einer Stufe mit der Instandhaltung steht. Als jährlicher

¹⁶¹ In Anlehnung an [Jehl89] mit eigenen zusätzlichen Angaben

¹⁶² Vgl. [BaCa08]

¹⁶³ Vgl. [IPBau94]

Instandhaltungsaufwand werden 0,8 bis 1,1% des Gebäudeversicherungswertes angesetzt. Für die Instandsetzung wird mit 1,6 bis 2,6% des Gebäudeversicherungswertes gerechnet. Rechnet man also mit einem Nutzungszeitraum für eine Immobilie von 100 Jahren, so muss in diesem Zeitraum ca. das Dreifache der Erstellungskosten für Instandhaltung und Instandsetzung ausgegeben werden¹⁶⁴. Eine etwas gröbere Angabe nimmt die *'EFNMS Building Maintenance Group'* vor¹⁶⁵. Hier werden 1 bis 3% des Marktwertes einer Immobilie pro Jahr für Instandhaltung und Reparaturkosten angesetzt¹⁶⁶. In *'Christen et.al.'* werden als durchschnittliche Kosten pro Jahr bei einem 25-jährigen Instandsetzungszyklus und 100%iger Instandhaltungsqualität 1,5% des Gebäudeversicherungswertes (=Neuwert) angesetzt¹⁶⁷. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt *'Krug'*, der mit jährlichen Instandsetzungskosten von 1,5% des Nettoanlagevermögens für Wohngebäude und Gebäude mit wohngebäudeähnlicher Baustruktur rechnet.¹⁶⁸

4.2.2.1 Gesamtaufwendungen für die Instandhaltung eines Gebäudes (Zusammenfassung)

Zu den oben genannten Verfahren und Berechnungsmethoden (siehe auch Gl.4) ist zu resümieren, dass demnach durchschnittlich mit 1,5 bis 2,5% des Versicherungswerts bzw. des Marktwertes pro Jahr für Instandhaltungsmaßnahmen gerechnet werden muss. Dies ist allerdings eine recht pauschale Einschätzung. Außerdem bleibt zu bedenken, dass bei solchen Angaben der Kostenverlauf als linear angesehen wird. In der Praxis hingegen sind die anfallenden Kosten gerade in den ersten Jahren sehr gering, während sie in den Folgejahren ansteigen. Oftmals lassen sich sogenannte Instandsetzungszyklen erkennen, d.h. dass in gewissen größeren Zeitabständen jeweils eine Gruppe von Bauteilen und Anlagen erneuert oder ersetzt werden muss (siehe Abschnitt 3.1). Ein weiterer Punkt der gegen die Anwendung der oben genannten Angaben spricht, ist, dass sie alle auf dem Versicherungs- bzw. dem Marktwert oder aber den Herstellungskosten beruhen. Die Qualität des erstellten Gebäudes spielt hierbei keine Rolle. Für ein Gebäude, das mit einer hohen Qualität erstellt wurde und dadurch höhere Herstellungskosten aufweist, würden nach diesen Angaben auch höhere Instandhaltungsaufwendungen entstehen. Dies muss aber nicht der Fall sein, da

¹⁶⁴ vgl. [IPBau94], Seite18

¹⁶⁵ [EURE00,Vol.2]

¹⁶⁶ vgl. [EFNMS00-2], Seite 146

¹⁶⁷ vgl. [ChMe99], Seite 6

¹⁶⁸ vgl. [Krug85], Seite 2

durch die höhere Qualität niedrigere Instandhaltungskosten angesetzt werden können. In den oben beschriebenen Modellen wird diese Möglichkeit nicht berücksichtigt.

Darüber hinaus ist bei allen Verfahren immer zu beachten, was unter Instandhaltung jeweils genau zu verstehen ist. Da unterschiedliche Definitionen bestehen, ist hier äußerste Vorsicht geboten.

Bei diesen Modellen werden darüber hinaus die verändernden Maßnahmen, die normalerweise im Rahmen eines Lebenszyklus eines Gebäudes anfallen, nicht berücksichtigt. Die Modelle gehen lediglich von der erhaltenden Instandhaltung aus. Durch Einbau von qualitativ verbesserten Bauteilen im Rahmen von Modernisierungsmaßnahmen ändern sich zum einen der Neubauwert und zum anderen das relative Gebäudealter.

Auch muss an dieser Stelle erwähnt sein, dass eine empirische Untersuchung der tatsächlichen Ausgaben entsprechend des jeweiligen Lebenszyklus einer Immobilie für die Verifizierung solcher Verfahren dringend notwendig ist.

5 Instandhaltungsmanagement

Instandhaltungsmanagement ist als Teil des Gebäudemanagements¹⁶⁹ zu sehen. Bestandteil des Instandhaltungsmanagement ist die Planung, Gestaltung, Lenkung und Entwicklung von Instandhaltungsmaßnahmen wie Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserungsmaßnahmen.

Eine erfolgreiche Instandhaltung beginnt mit Planen und Steuern. Die Anforderungen an die Aufgaben der Planung und Steuerung sind abhängig von der vorliegenden Aufgabe sehr umfangreich. Es treten zwei Ziele in den Vordergrund:

- Wirtschaftliche Ziele
- Humane Ziele

Im Folgenden werden die „wirtschaftlichen“ Ziele näher beleuchtet, während die „humanen“ Ziele nicht näher betrachtet werden.

Wenn die Planung und die Steuerung von Instandhaltungsaufgaben für ein Projekt klar definiert sind, ist ein entscheidender Schritt zur wirtschaftlichen Unterhaltung von Immobilien erfolgt. Zur Festlegung der entsprechenden Ziele ist in der jeweiligen Organisation die Entscheidung für eine Strategie zu treffen. (s.a. Abschnitt 6.2 ff.)

Das Instandhaltungsmanagement kann je nach Planungshorizont in die beiden Unterbereiche strategisches und operatives Instandhaltungsmanagement unterteilt werden¹⁷⁰, in Anlehnung an eine allgemeine Managementdefinition, welche im Sinne von Instandhaltungsmanagement Maßnahmen der Planung, Realisierung und Kontrolle umfasst¹⁷¹.

Das strategische Instandhaltungsmanagement hat als Aufgabe die langfristige Lenkung, Gestaltung und Entwicklung der Instandhaltung. Es legt unter anderem die Ziele der Instandhaltung, die damit verbundene Instandhaltungsstrategie und die Organisation der Instandhaltung fest.

¹⁶⁹ Gebäudemanagement wird als Teil des Facility Management verstanden und beschäftigt mit der Bewirtschaftung von bestehenden Gebäuden und technischen Anlagen.

¹⁷⁰ Vgl. vgl. [Alca00] Seite 70f und Seite 131f.

¹⁷¹ In Anlehnung an die Definition von Management in [Gabl00] S.2042

In den folgenden Abschnitten werden die Aufgaben der Instandhaltung sowie deren Zielgrößen erläutert. Darüber hinaus werden unterschiedliche Strategien beschrieben. Im Rahmen dieser Arbeit sei darauf hingewiesen, dass sich das so bezeichnete Instandhaltungsmanagement auch auf die bestandsverändernden Maßnahmen wie Modernisierungen erweitern lässt.

5.1 Ziele und Zielgrößen der Erhaltung von Immobilien

Nach *'EFNMS Building Maintenance Group'* ist das Formalziel der Instandhaltung als Funktionsbereich eines Unternehmens die volle Erfüllung seiner Aufgaben im Rahmen der globalen Unternehmensziele durch Abwenden jeglicher monetärer Nachteile. Es ist folglich sicherzustellen, dass ein garantierter Erfüllungsgrad aller baulichen und technischen Anlagen gewährleistet ist¹⁷². Bei der Immobilienunterhaltung geht es zwar nicht immer um die Ziele einer Unternehmung, doch auch hier ist darauf zu achten, finanziellen Schaden, der durch die Immobilie entsteht, zu vermeiden.

Die Ziele der Instandhaltung werden im folgenden Abschnitt erörtert.

Instandhaltung folgt meist einem oder mehreren Zielen. Zur Überprüfung lassen sich Zielgrößen festlegen, die in Form von Kennzahlen zu überprüfen sind. Die Ziele sind eng verknüpft mit der angewandten Instandhaltungsstrategie.

5.2 Formulierung von Zielen der Instandhaltung und Unterhaltung von Immobilien

Neben betriebswirtschaftlichen Aspekten spielen bei der Zieldefinition auch sicherheitstechnische und gesetzliche Vorgaben, unternehmerische Zielstellungen als auch ästhetische Kriterien eine Rolle. Aber auch immer mehr ökologische Aspekte, die die Immobilie betreffen, spielen im Sinne der Nachhaltigkeit des Einsatzes von Materialien und Ressourcen eine große Rolle. Im Bereich der Instandhaltung sind aus den übergeordneten Unternehmenszielen nachgelagerte Instandhaltungsziele abzuleiten¹⁷³. Allgemeines Sachziel der Instandhaltung ist nach *'Alcalde'* im betrieblich funktionalen Sinn die Sicherstellung der Funktionsfähigkeit der technischen Anlagen. Funktionsfähigkeit nimmt je nach Anlage einen anderen Stellenwert ein. Die Ziele für

¹⁷² vgl. [EURE00, Vol. 1], Seite 88

¹⁷³ vgl. [Alca00], S. 73

Gebäude, Flugzeuge, Maschinen, Produktionsanlagen, medizintechnische Gerätschaften usw. können differieren¹⁷⁴.

Zu den betriebswirtschaftlichen Zielen bezogen auf die Instandhaltung gehören die Folgenden:

- Minimierung des Instandhaltungsaufwandes über die Nutzungszeit bei definiertem Nutzungszweck
- Optimierung der Kosten der Instandhaltung
- Maximierung des Gewinnbeitrages
- Einhaltung eines vorgegebenen Instandhaltungsbudgets
- Maximierung der Wirtschaftlichkeit
- Minimierung des Kapitalbedarfs zur Erreichung eines positiven Betriebsergebnisses

Die produktionstechnischen, ästhetischen, gesetzlichen und sicherheitstechnischen Aspekte führen unter anderem zu den folgenden Zielen der Instandhaltung:

- Erfüllung sicherheitstechnischer, durch Gesetze und Bestimmungen vorgegebener Anforderungen
- Maximierung der Zuverlässigkeit
- Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit
- Maximierung des Nutzungsgrades z.B. bei einer Maschine in der Produktion
- Senkung der Störungsrate
- Substanzerhaltung
- Außenwirkung, z.B. durch eine Fassadenerneuerung bei einem Gebäude

Die oben aufgeführten Ziele hängen z.T. stark voneinander ab. So führt die Maximierung der Zuverlässigkeit einer Anlage automatisch zu einer Steigerung der Anlagenverfügbarkeit. Die Zuverlässigkeit einer Anlage gibt die Wahrscheinlichkeit an, in welcher die Anlage über einen bestimmten Zeitraum und unter gegebenen Bedingungen störungs- bzw. ausfallfrei arbeitet¹⁷⁵. Wird die Zuverlässigkeit im Fall von bspw. technischen Anlagen oder Maschinen erhöht, sinken damit auch die Ausfallzeiten und die Anlagenverfügbarkeit steigt ebenfalls. Hiermit verknüpft ist wiederum die Maximierung des Nutzungsgrades, welcher jedoch in der Regel von der Produktion selbst abhängt. Im Fall von Gebäuden ist der Nutzungsgrad wiederum durchaus von

¹⁷⁴ Vgl. [Alca00]

¹⁷⁵ vgl. [Alca00], Seite 78

der Instandhaltung beeinflussbar. Hier wird deutlich, dass sich je nach Nutzung oder Art der Anlage, ob es sich um ein Gebäude, Maschine oder technischen Anlage etc. handelt, unterschiedliche Definitionen bzw. wie oben beschrieben unterschiedliche Ziele ergeben.

Wirtschaftlichkeitsmaximierung als Zielsetzung der Instandhaltung scheint sehr global formuliert zu sein. Hiermit eng verknüpft ist die Gewinnmaximierung, die wiederum zu einer Erhöhung der Wirtschaftlichkeit beiträgt. Schwierig wird es dem Bereich der Instandhaltung einen für das jeweilige Unternehmen selbst zu verantwortenden Gewinnanteil am Gesamtunternehmensgewinn zuzuordnen¹⁷⁶.

Als formales Ziel der Instandhaltung könnte also die Sicherstellung der erforderlichen Anlagenverfügbarkeit bei möglichst geringen Kosten formuliert werden¹⁷⁷. Übertragen auf die Gebäudeinstandhaltung spricht dieses Ziel nicht nur die Verfügbarkeit der technischen Anlagen im Gebäude an, sondern auch die Erhaltung des nutzergerechten Zustandes der Immobilie unter ökonomischen, technischen wie regulativen Gesichtspunkten.

Wie verschieden die Ziele auch sind, die Instandhaltung verfolgt meist zumindest nachhaltige Ziele. Daher sollte sich die Instandhaltung an der zukünftigen Nutzung orientieren. Die Instandhaltung ist keine Reaktion auf Ereignisse, sondern sie übt vielmehr einen aktiven Einfluss auf den Abnutzungsprozess aus. Nach dem *'Institut für Instandhaltung gGmbH'* sollte das Ziel der Instandhaltung nicht lauten, den Abnutzungsvorrat so groß wie möglich zu gestalten, sondern nur so groß wie nötig und sinnvoll¹⁷⁸.

5.3 Organisation der Gebäudeerhaltung

Neben der Wahl einer der Instandhaltungsstrategien spielt die Organisation der Instandhaltung eine entscheidende Rolle im Instandhaltungsmanagement. Hierbei ist immer häufiger die Verlagerung der Instandhaltungsaktivitäten auf externe Dienstleister ein Thema.

Generell werden in der Literatur drei verschiedene Konzepte für die Organisation der Instandhaltung unterschieden¹⁷⁹:

¹⁷⁶ vgl. [Sche72], S. 38

¹⁷⁷ in Anlehnung an [Alca00], Seite 75f

¹⁷⁸ vgl. [SINUS01], Seite 18

¹⁷⁹ vgl. [PrSc03], Seite 276ff. und [SIA03], Seite 26f.

- Insourcing (reine Eigenerstellung)
- Outsourcing (reine Fremdvergabe)
- Gemischte Modelle

5.3.1 Insourcing

Beim Konzept des Insourcing werden sämtliche Leistungen mit den eigenen personellen, finanziellen und materiellen Ressourcen erstellt. Dies bedeutet, bezogen auf die Bewirtschaftung von Gebäuden, dass der Eigentümer sämtliche anfallenden Arbeiten mit eigenem Personal durchführt¹⁸⁰.

Die Vorteile der reinen Eigenerstellung von Leistungen in der Bewirtschaftung und damit bei der Instandhaltung von Gebäuden sind vor allem die Folgenden¹⁸¹:

- Die Verantwortung für die Bewirtschaftung eines Gebäudes liegt in einer Hand.
- Es können Synergien zwischen den einzelnen Gewerken und Leistungsbereichen ausgenutzt werden (z.B. Reinigung, Elektriker und Mechaniker).
- In sensiblen Gebäudebereichen, wie z.B. Labors ist die Beschäftigung von eigenem Personal von Vorteil.
- Die Mitarbeiter verfügen über vergleichsweise gute Kenntnisse über die Gebäude und Anlagen sowie die betrieblichen Anforderungen.
- Die Mitarbeiter verfügen bei längerer Betriebszugehörigkeit über eine gewisse Identifikation mit „ihrem“ Objekt.
- Durch die Präsenz der Mitarbeiter kann auf Ausfälle sehr schnell reagiert werden, so dass Störungen im Betriebsablauf auf ein Minimum reduziert werden können.

¹⁸⁰ vgl. [SIA03], Seite 26

¹⁸¹ vgl. [PrSc03], Seite 276f. und [SIA03], Seite 26

Diese Vorteile müssen aber auch gegen die Nachteile der reinen Eigenerstellung bzw. der reinen Eigenbewirtschaftung abgewogen werden¹⁸²:

- Notwendigkeit der Vorhaltung personeller und materieller Ressourcen
- Im Falle des gleichzeitigen Auftretens mehrerer Ausfälle können eventuell diese vorgehaltenen Ressourcen zu schnellen Behebung aller Störungen nicht ausreichen.
- Da die interne Leistungserstellung durch ihren Monopolcharakter zumeist kein angemessenes Preis-Leistungsverhältnis zustande kommen lässt, wäre diese unter reinen Kostengesichtspunkten nicht wettbewerbsfähig.
- Geringere Qualität der Leistungen als bei Outsourcing, da der Outsourcingnehmer zumeist über ein besseres Know-how und eine höhere Spezialisierung verfügt.

Bei dieser Variante der Leistungserstellung liegt der gesamte Planungs- und Steuerungsaufwand in den Händen des Eigentümers. Da dieses Konzept oftmals zu teuer ist und eine Konzentration auf das Kerngeschäft stattfinden soll, wird häufig das Konzept des Outsourcings gewählt.

5.3.2 Outsourcing

Outsourcing ist das Auslagern eigener Leistungen aus dem Unternehmen oder innerhalb der Firmengruppe an eigenständige Firmen.

Unter Outsourcing wird im Bereich der Gebäudebewirtschaftung eine vollständige Auslagerung von Leistungen des Gebäudemanagements auf einen externen Dienstleister verstanden¹⁸³.

Eine Verallgemeinerung dieser Aussage führt zu folgender Definition: Outsourcing beschreibt die Externalisierung bestimmter Teilleistungen oder Funktionen einer Unternehmung und deren Übernahme durch externe Anbieter¹⁸⁴. Outsourcing zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass es sich nicht um eine kurzfristige oder zufällig andauernde, sondern um eine langfristig angelegte Externalisierung handelt. Dies

¹⁸² vgl. [PrSc03], Seite 277 und [SIA03], Seite 26

¹⁸³ vgl. [PrSc03], Seite 276

¹⁸⁴ vgl. [BrHe98], Seite 22

bedeutet, dass Leistungen dauerhaft, inklusive der Handlungsverantwortung, an Externe übergeben werden¹⁸⁵.

Jede Outsourcingbeziehung ist insbesondere durch die folgenden Merkmale gekennzeichnet¹⁸⁶:

- Strategische Bedeutung.
- Ausrichtung auf eine längerfristige Kooperation.
- Sehr umfassende Analyse der Funktionen.

Generell werden beim Outsourcing zwei grundlegende Strukturformen unterschieden. Zum einen ist dies die Auslagerung, auch als externes Outsourcing oder Outsourcing im eigentlichen Sinne bezeichnet. „Unter einer Auslagerung versteht man eine partielle oder vollständige Übertragung von Unternehmensfunktionen an betriebsfremde Institutionen¹⁸⁷.“ Bei dieser Form des Outsourcing wird die eigene Fachabteilung zumindest teilweise oder ganz aufgelöst. Eine Einflussnahme auf die Arbeitserstellung ist nur noch über vertragliche Vereinbarungen möglich.

Die zweite Form ist das interne Outsourcing, das auch unter dem Begriff Ausgliederung bekannt ist. Bei einer Ausgliederung erfolgt eine Übertragung von Funktionen und Vermögen auf eine oder mehrere Unternehmungen. Nach einer Ausgliederung werden die Leistungen von einer seitens des Kapitals verbundenen Unternehmung erbracht. Hauptziel einer Ausgliederung ist es, die Flexibilität einer Unternehmung zu steigern und die Erstellung der Leistungen effizienter und mit einer höheren Kosten- und Leistungstransparenz zu gestalten, ohne eine direkte Einflussnahme zu verlieren. Diese Form wird als Inhouse-Outsourcing bezeichnet¹⁸⁸.

¹⁸⁵ vgl. [BrHe98], Seite 16f.

¹⁸⁶ vgl. [BrHe98], Seite 22f

¹⁸⁷ vgl. [BrHe98], Seite 55

¹⁸⁸ vgl. [BrHe98], Seite 56

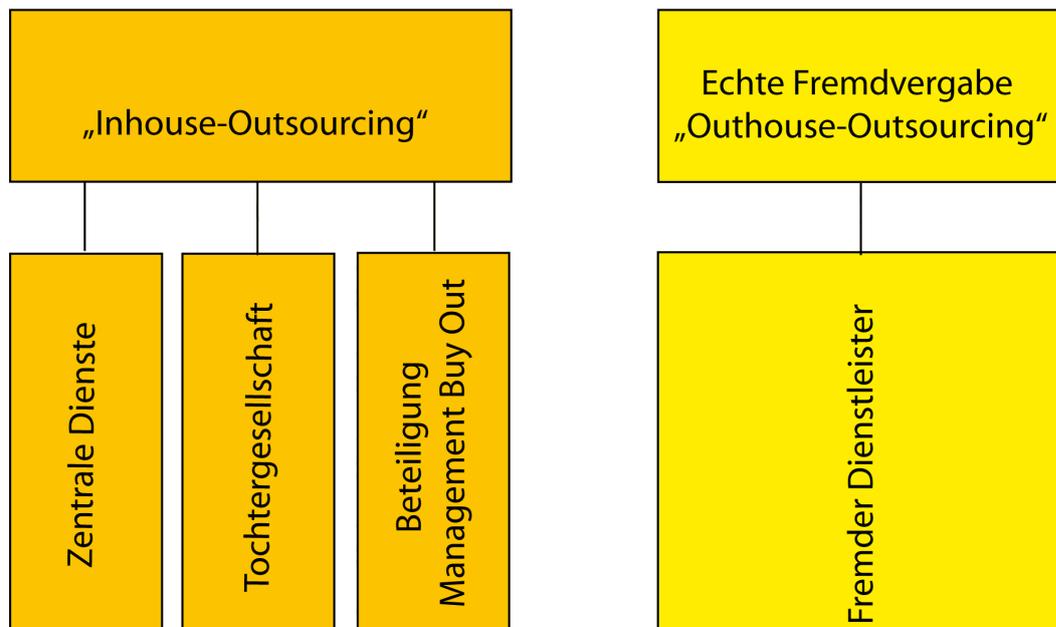


Abbildung 28: verschiedene Formen von Outsourcing (eigene Darstellung)

Ebenso wie die reine Eigenerstellung ist auch das Outsourcing mit einigen Vorteilen und Nachteilen verbunden. Als Vorteile sind vor allem die folgenden Aspekte zu nennen¹⁸⁹:

- Konzentration auf das Kerngeschäft.
- Leistungs- und Qualitätssteigerung aufgrund besseren Know-How's des Dienstleisters.
- Geringerer Planungs- und Steuerungsaufwand.
- Kosteneinsparung durch bessere Einkaufskonditionen des Dienstleisters, da es sich hierbei um sein Kerngeschäft handelt.

Demgegenüber müssen einige Nachteile des reinen Outsourcing genannt werden:

- Know-How Verlust im eigenen Unternehmen.
- Je nach Gewerk eventuelle starke Abhängigkeit vom Dienstleister und dessen Geschäftsentwicklung.
- Bei Gewerken mit wenig Konkurrenz eventuell Verlust der möglichen Einflussnahme auf den Dienstleister.
- Kosten können langfristig nicht mehr so einfach geplant werden, da diese abhängig von Dienstleistern und der aktuellen Marktentwicklung sind.

¹⁸⁹ in Anlehnung an [BrHe98], Seite 31ff., [KoTh00], Seite 277 und [Alca00], Seite 114f.

Die Vorteile des Outsourcing können zwar gleichzeitig als Nachteile des Insourcing genannt werden, sind aber einzelfallabhängig.

Bevor in einem Unternehmen oder einer Gebäudeverwaltung die Entscheidung Pro oder Contra des Outsourcing getroffen wird, sollte diese sorgfältig abgewogen werden.

5.3.3 Gemischte Modelle

Neben der reinen Eigenerstellung oder Fremdvergabe sind in der Literatur verschiedene andere Möglichkeiten zu finden.

Der *'Schweizer Ingenieur- und Architektenverein'* stellt ein gemischtes Modell für die Gebäudebewirtschaftung vor¹⁹⁰. Bei diesem Modell werden das strategische Facility Management und die kaufmännische Bewirtschaftung durch den Eigentümer durchgeführt, wohingegen die Planung und Ausführung von technischen und infrastrukturellen Leistungen durch Dritte ausgeübt werden. Ein Beispiel der gemischten Bewirtschaftung von Gebäuden ist das Contracting. Hierbei übernimmt der Anbieter sämtliche mit einem bestimmten Bauteil zusammenhängenden Leistungen (z.B. Wärmeerzeugung), während alle anderen Leistungen für die übrigen Bauteile vom Eigentümer selbst erbracht oder anderweitig vergeben werden¹⁹¹.

5.3.4 PPP

Eine weitere Möglichkeit der reinen Fremdvergabe im Falle der öffentlichen Hand ist das Public Private Partnership, bei dem ganze Immobilien im Paket an einen privaten Investor (Privatpartner) übergeben werden, der die Aufgaben der Bewirtschaftung dieser Immobilien komplett für einen langen Zeitraum übernimmt. Der Eigentümer nutzt während dieser Zeit weiterhin das Gebäude nach seinen Wünschen¹⁹².

Nach *'Möller/Kalusche'* kann es sich bei dem privaten Partner um ein einzelnes Unternehmen oder um eine Projektgesellschaft handeln.

¹⁹⁰ Vgl. [SIA03]

¹⁹¹ vgl. [SIA03], Seite 27

¹⁹² Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (2003): „PPP ist eine langfristige, vertraglich geregelte Zusammenarbeit zwischen öffentlicher Hand und Privatwirtschaft zur Erfüllung öffentlicher Aufgaben, bei der die erforderlichen Ressourcen in einem gemeinsamen Organisationszusammenhang eingestellt und vorhandene Projektrisiken entsprechend Risikomanagementkompetenz der Projektpartner angemessen verteilt werden.“

Es werden verschiedene PPP-Modelle unterschieden:

- Kooperationsmodell¹⁹³
- Finanzierungsmodell¹⁹⁴
- Betreibermodell¹⁹⁵

Vorteil dieser Vorgehensweise ist die Notwendigkeit für den Anbieter, sich mit dem Lebenszyklus des Objektes zu beschäftigen, um die Nutzungskosten so wirtschaftlich wie möglich zu gestalten, da er einen ausgehandelten Fixpreis vom Auftraggeber erhält. Darüber hinaus gilt es, den Auftraggeber über einen langen Zeitraum zufrieden zu stellen. Wichtig bei einer solchen Vorgehensweise ist die vertragliche Ausgestaltung eines Projektes, da die Immobilie am Ende der Vertragslaufzeit in der Regel wieder vollständig an den Eigentümer übergeht. Das Thema PPP soll in dieser Arbeit nicht weiter vertieft werden, da es in seiner Tiefe den Rahmen sprengen würde. Es soll an dieser Stelle nur auf die Möglichkeit einer solchen Vorgehensweise hingewiesen werden. Gerade für einen Dienstleister, der PPP anbietet, spielen nachhaltige Strategien bei der Instandhaltung und Erhaltung von Immobilien eine gewichtige Rolle.¹⁹⁶

5.3.5 Organisation der Gebäudeerhaltung (Zusammenfassung)

Zusammenfassend zu den oben genannten Möglichkeiten der Organisation von Gebäudeerhaltung und Gebäudeinstandhaltung bleibt festzuhalten, dass Immobilieneigentümer über ein gewisses Know-How der Maßnahmen und notwendigen Leistungen, die während eines Lebenszyklus einer Immobilie anfallen, verfügen müssen. Die Entscheidung ob und welche Leistungen an Dritte vergeben werden hängt stark von den Kompetenzen der eigenen Organisation ab. Gemischte Modelle ermöglichen das Bewahren von Kompetenzen. Für den langfristigen und nachhaltigen Unterhalt von Immobilien ist jedenfalls der fachkundige Umgang mit der Immobilie vor Ort ein entscheidender Faktor (siehe auch Kapitel 5.3.1.) Es bedarf einer oder mehrerer Personen, die sich mit der jeweiligen Immobilie identifizieren. Dieser Personenkreis (in der Regel Hausmeister und Objektmanager) sollten durch die langjährige Betreuung der

¹⁹³ Projektgesellschaft als Gemeinschaftsunternehmen der öffentlichen Hand und eines privaten Partners.

¹⁹⁴ Der private Partner übernimmt neben der Errichtung eines Bauwerkes auch dessen Finanzierung, z.B. in Form von Leasing.

¹⁹⁵ Typisches PPP-Modell bei dem der private Partner wesentliche Aufgaben in allen Lebensphasen einer Immobilie übertragen bekommt. Der öffentliche Auftraggeber zahlt dem privaten Partner ein laufendes Nutzungsentgelt.

¹⁹⁶ Vgl. [MoKa08], Seite 23

jeweiligen Immobilie über das Wissen um deren Besonderheiten verfügen. Gelingt es überdies, den jeweiligen Objektverantwortlichen bspw. durch Weiterbildung so zu qualifizieren, dass er umfassend Verantwortung für „seine“ Immobilie übernehmen kann verbessert dies den Gebäudeerhalt. Die Erfahrungen, die der Verfasser dieser Arbeit im Rahmen der vorliegenden Untersuchung bei der Begutachtung verschiedener Immobilien gemacht hat, bestätigen das. Man kann an einer Immobilie durchaus ablesen, wie verantwortlich sich z.B. der Hausmeister für seine Immobilie zeigt.

Ob die verantwortliche Person nun unternehmensintern oder von einem externen Dienstleister (durch Outsourcing oder PPP) gestellt wird ist zwar in erster Linie zweitrangig, die Wahrscheinlichkeit einer langfristigen Betreuung durch ein und denselben Personenkreis ist jedoch höher, wenn dieser im eigenen Unternehmen beschäftigt ist. Bei Beauftragung von externen Dienstleistern sollte zumindest durch entsprechende Vertragsregelungen Kontinuität sichergestellt werden.

Bei allen Überlegungen über Outsourcing oder Insourcing muss berücksichtigt werden, dass ein gewisses Maß an Immobilienkompetenz im eigenen Unternehmen vorhanden sein sollte, um die „eigenen“ Immobilien optimal nutzen zu können und nachhaltig zu erhalten.

6 Strategien

Im folgenden Kapitel werden grundsätzliche Strategien für das gesamte Gebäude besprochen und ein Ebene darunter die Grundstrategien der Instandhaltung erläutert.

Der Begriff Strategie stammt ursprünglich aus dem Griechischen und beschreibt die Kunst der Feldherren im Führen eines Krieges. Der *‘Duden‘* beschreibt Strategie als Art des Vorgehens unter genau geplanter Verfahrensweise. Also die Planung von Handlungen unter Einbeziehung von möglichen Konsequenzen im Vorfeld der Handlung.

‘Gabler‘ definiert Strategie als die grundsätzliche, langfristige Verhaltensweise (Maßnahmenkombination) einer Unternehmung und relevanter Teilbereiche gegenüber ihrer Umwelt zur Verwirklichung der langfristigen Ziele¹⁹⁷.

‘Klingenberg‘ schreibt einer Strategie in Bezug auf Instandhaltung von Gebäuden grundsätzlichen und langfristigen Charakter zu¹⁹⁸.

Dies trifft natürlich in besonderem Maße auf Gebäude und Immobilien zu, da diese in der Regel schon aufgrund ihrer Immobilität langfristigen Charakter besitzen. Um diesen mehr oder weniger langen Zeitraum während des Lebenszyklus‘ einer Immobilie optimal zu gestalten bedarf es Zielstellungen, die es mithilfe einer Strategie zu erreichen gilt.

Jedes Bauwerk unterliegt im Laufe seines Lebenszyklus‘ einem kontinuierlichen Abnutzungsprozess, selbst dann, wenn es nicht genutzt wird. Nach *‘Lennerts‘* unterliegt es besonders dann sogar in Teilbereichen einer erhöhten Abnutzung¹⁹⁹. Diese Tatsache erfordert, an einer Immobilie stetige Instandhaltung und Modernisierungen²⁰⁰ durchzuführen. Selbst bei einer zeitweisen Nichtnutzung der Immobilie ist ein minimaler Unterhalt notwendig, der die Immobilie für eine spätere Nutzung bereithält. Trotz dieses stetigen Unterhalts wird ein Bauwerk sich abnutzen und damit altern. Wie schon in Kapitel 3.1 beschrieben. Daher müssen in gewissen Zeitabständen Erneuerungsmaßnahmen durchgeführt werden.

¹⁹⁷ Vgl. [Gabi10]

¹⁹⁸ Vgl. [KlJo07] S.138

¹⁹⁹ Vgl. [LeKu98]

²⁰⁰ Instandhaltung und Modernisierung sollen in diesem Zusammenhang als erhaltende und verändernde Maßnahmen verstanden werden.

Je nachdem, welche Ziele bei diesen Instandhaltungs- und Modernisierungsmaßnahmen verfolgt werden, ist es sinnvoll, eine übergeordnete Erhaltungsstrategie zu wählen. Es ist also hinsichtlich der gesteckten Ziele notwendig eine den eigenen unternehmerischen Bedürfnissen angepasste Strategie zu wählen. Generell sollen hier drei verschiedene Strategien unterschieden werden, die im Folgenden weiter hinsichtlich der Relevanz speziell bezüglich der Instandhaltung präzisiert werden:

- Obsoleszenzstrategie (Verlotterungsstrategie)
- Substanzerhaltungsstrategie
- Erneuerungs- oder Wertvermehrungsstrategie

Bei der später folgenden Untersuchung der Realdaten der Gebäude wird davon ausgegangen, dass für das Gebäude eine Substanzerhaltungsstrategie von den Immobilieneignern (öffentliche Hand und Kirchen) verfolgt wird.

6.1 Erhaltungsstrategien

6.1.1 Obsoleszenzstrategie (Verlotterungsstrategie)

Die Obsoleszenzstrategie beinhaltet eine Bewirtschaftung auf Abbruch. Sie zielt auf eine mögliche Wertsteigerung des Grundstückes ab. Diese Vorgehensweise wartet unter Wahrung der Verkehrssicherheit auf den Zeitpunkt des Erreichens einer vorher gesetzten Grenze für den Marktwert des Grundstücks. Wenn nun die Grundstückspreise steigen, wird das alte Gebäude zugunsten eines an den neuen Marktverhältnissen ausgerichteten Neubaus abgerissen. Diese Strategie ist daran gebunden, dass entweder der Grundstückspreis einer erheblichen Wertsteigerung unterliegt und gleichzeitig die maximal erzielbare Rendite der Liegenschaft geringer ist, oder z.B. die Renditen, die für die Liegenschaft zu erzielen sind, wesentlich geringer sind als jene am Kapitalmarkt.

Hierbei gilt es jedoch zu beachten, dass der Markt auch psychologischen Aspekten folgen kann. Sollte sich das Erscheinungsbild einer obsolet gewordenen Liegenschaft negativ auf die Nachbarliegenschaften auswirken, kann dies unter Umständen in der Folge Auswirkungen auf den Marktwert der eigenen Liegenschaft haben. Es gilt also bei

Anwendung einer solchen Strategie mehr als nur die aktuelle Marktentwicklung zu beachten.

Selbst wenn die Wertsteigerung wie erwartet eintritt, bleibt diese Strategie psychologisch, sozial und politisch umstritten.

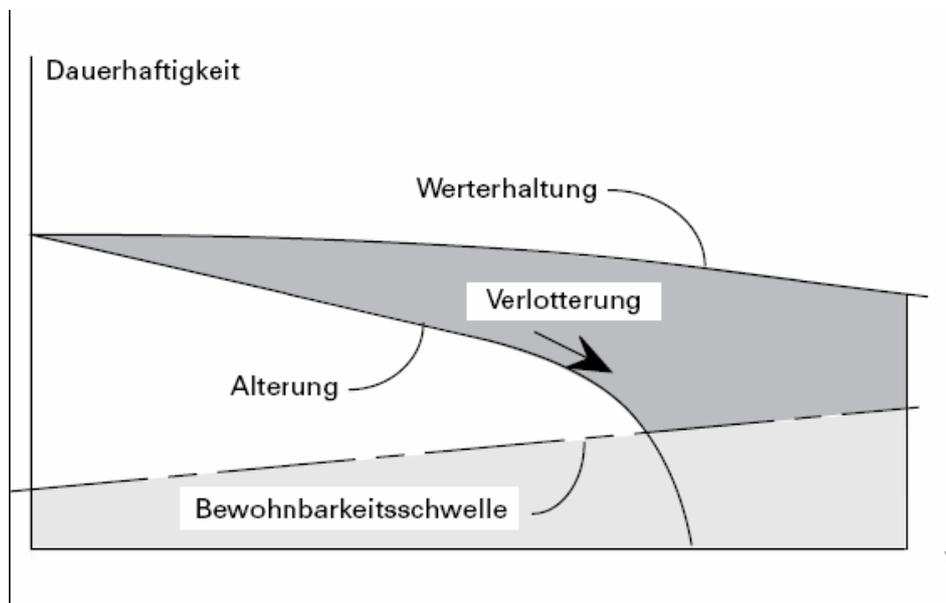


Abbildung 29: Verlotterungsstrategie [IPBau94-2]

Wie in Abbildung 29 dargestellt, nimmt der Wert bzw. die Dauerhaftigkeit einer Immobilie durch Zulassen von Verlotterung über die Zeit immer stärker ab. Verlotterung tritt ein, wenn keine Erhaltung, wie vernachlässigte oder gar nicht durchgeführte Instandhaltung, erfolgt. Diese Verlotterung führt irgendwann zum Erreichen der Bewohnbarkeitsschwelle, ab der das Gebäude nicht mehr nutzbar ist. Spätestens bei einer nicht mehr gesicherten statischen Sicherheit muss das Gebäude dann abgerissen werden.

6.1.2 Substanzerhaltungsstrategie

Die Substanzerhaltungsstrategie hat, wie der Name bereits verrät, zum Ziel, die Bau-substanz zu erhalten. Die Gebrauchstauglichkeit soll im Sinne von Dauerhaftigkeit durch Instandhaltungsmaßnahmen auf dem ursprünglichen Niveau gehalten werden. Auf der untersten Stufe der Substanzerhaltung werden Wartungen und Maßnahmen zur Aufrechterhaltung des Sollzustandes vorgenommen. Eine höhere Stufe der Substanzerhaltung geht hier weiter. Die Gebrauchstauglichkeit des Ausbaus und der haustechnischen Anlagen wird der voraussichtlichen Dauerhaftigkeit des Rohbaus angepasst.

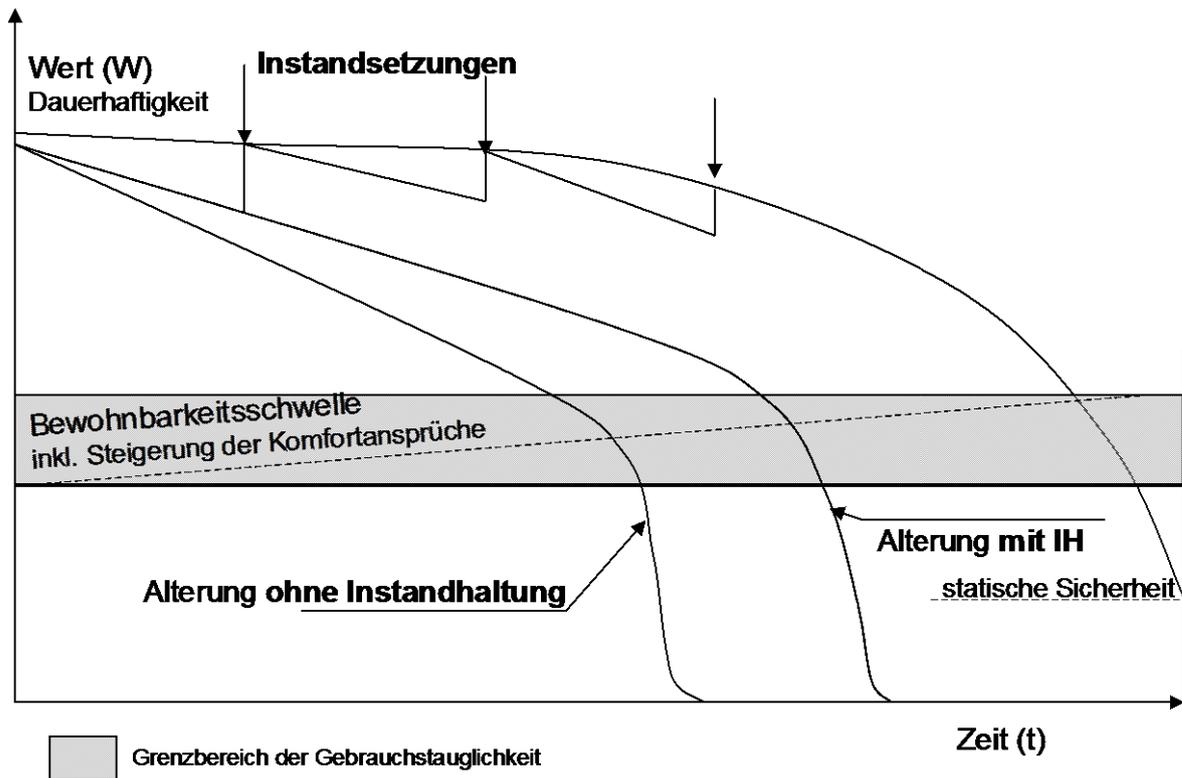


Abbildung 30: Substanzerhaltungsstrategie [IPBau94-2]

In Abbildung 30 ist schematisch die Substanzerhaltungsstrategie dargestellt. Zu beachten ist hier, dass die Begriffe Instandhaltung und Instandsetzung auf der Schweizer Norm SIA 469 beruhen. Instandhaltung wird hier im Sinne von Bewahren der Gebrauchstauglichkeit durch einfache und regelmäßige Maßnahmen verstanden. Ohne jeglichen Unterhalt muss ein Bauwerk früher abgerissen werden. Durch eine regelmäßige Instandhaltung kann die Lebensdauer verlängert werden. Allerdings lässt sich die Alterung so nur verzögern. Instandsetzungsmaßnahmen können die Sicherheit und Gebrauchstauglichkeit für einen bestimmten Zeitraum wiederherstellen. Trotz regelmäßiger Instandsetzungen wird die Qualität des Bauwerkes im Laufe der Zeit abnehmen, solange bis erst die Bewohnbarkeitsschwelle erreicht wird und schließlich die statische Sicherheit nicht mehr gewährleistet werden kann und das Gebäude abgerissen werden muss.

Bei Anwendung dieser Strategie wird der Nutzwert des Gebäudes sinken, es sei denn, es werden Anpassungen an steigende Standards und wachsende Ansprüche der Nutzer vorgenommen²⁰¹.

6.1.3 Erneuerungs- / Wertvermehrungsstrategie

Im Gegensatz zur Substanzerhaltungsstrategie, bei der versucht wird, den gegenwärtigen Zustand des Gebäudes zu erhalten und die Bausubstanz zu sichern, hat die Erneuerungsstrategie zum Ziel, das Gebäude an steigende Ansprüche anzupassen. Durch diese Anpassung wird beispielsweise bei vermieteten Objekten die langfristige Vermietbarkeit gesichert. Im Gegensatz zur Substanzerhaltungsstrategie wird hier versucht, die zukünftige Entwicklung vorherzusehen. Bei Anwendung der Strategie sind zwei Aspekte der Erhaltung von Bedeutung. Zum einen soll eine Anpassung an den heutigen Standard erreicht werden, d.h. an die heutigen haus- und bautechnischen Anforderungen sowie an neue, geltende Normen und Gesetze. Zum anderen ist es im Rahmen einer eventuellen Umnutzung oder Umgestaltung wichtig, eine Anpassung an erwartete Entwicklungen vornehmen zu können. Dies bedeutet, dass die Bausubstanz und damit auch das Bauwerk in ihrer Form verändert werden.

Eine erweiterte Form dieser Strategie ist die Erneuerungsstrategie unter Berücksichtigung der aktuellen Konjunkturlage²⁰². Aktuelle Konjunkturschwankungen im Bauwesen werden genutzt, um günstige Bauleistungen für Instandhaltungsarbeiten einzukaufen.

6.1.4 Zusammenfassung

Entscheidend für die Auswahl der jeweils richtigen Strategie sind die Ziele des Unternehmens sowie dessen finanzielle Situation. Oftmals reichen die finanziellen Mittel nicht aus, um durch große Maßnahmen den Wert eines Bauwerkes zu steigern, d.h. die Anwendung der Erneuerungsstrategie ist nicht möglich.

Darüber hinaus hat die Lage am Kapitalmarkt sowie die aktuelle Baukonjunktur entscheidenden Einfluss auf die Strategiewahl. Die Finanzierung größerer Maßnahmen hängt maßgeblich vom jeweiligen Zinsniveau und den Baukosten ab. Die Lage am Kapital- sowie Immobilienmarkt und deren jeweilige zukünftige Entwicklung sind hier entscheidend.

Bis hierhin wurden die Strategien für den Unterhalt von Immobilien oder Liegenschaften erörtert. Im nächsten Kapitel soll explizit auf die Instandhaltung als solches eingegangen werden. Die Begrifflichkeiten decken sich hier z.T. mit denen einer Unterhaltsstrategie, da in beiden Fällen die Instandhaltung zumindest Bestandteil ist.

Es macht für einen Immobilienbesitzer jedoch erst Sinn, die für seine Immobilie entsprechende Instandhaltungsstrategie zu wählen, wenn er sich im Klaren über seine unternehmerischen Ziele bezüglich seiner Immobilie ist. So können übergeordnete

²⁰² vgl. [IPBau94], Seite 71

unternehmerische Zielstellungen zu großen Teilen die Auswahl der Erhaltungsstrategie bestimmen und damit untergeordnet die Auswahl einer Instandhaltungsstrategie.

6.2 Grundstrategien der Instandhaltung

Die Instandhaltungsstrategie ist Bestandteil der oben beschriebenen weiter greifenden Erhaltungsstrategie. Die Erhaltungsstrategie kann zusätzliche gebrauchswertmehrende Maßnahmen beinhalten, während die Instandhaltungsstrategie lediglich erhaltend greift. Beide Definitionen bedingen einander und werden in der Literatur teilweise miteinander vermengt.

Nach dem *Leitfaden für Betrieb und Instandhaltung von Liegenschaften* sind die wesentlichen Faktoren zur Qualifizierung einer Instandhaltungsstrategie wie folgt aufgeführt²⁰³:

- Werterhaltung
- Verfügbarkeit
- Optimierte Kosten

Die **Wererhaltung** unterscheidet der *Leitfaden* in buchhalterische, monetäre und funktionale Werterhaltung.

Unter **Verfügbarkeit** von Gebäuden und deren Einbauten versteht der *Leitfaden* die Gewährleistung der Leistungsfähigkeit in einer definierten Betriebszeit.

Unter **Optimierung der Kosten** versteht der *Leitfaden* Maßnahmen und Strategien, die zur Minimierung aller Kosten über einen definierten Betrachtungszeitraum führen, auch wenn damit Einbußen bei der Verfügbarkeit und der Werterhaltung verbunden sind.

Eine Instandhaltungsstrategie soll helfen, die Ziele der Instandhaltung zu erreichen. Sie bestimmt, welche Instandhaltungsmaßnahmen wann, an welchem Instandhaltungsobjekt und mit welcher Intensität durchgeführt werden. Da aber jede Anlage bzw. jedes Bauteil andere Eigenschaften besitzt, das Ausfallverhalten von Anlage zu Anlage, von Bauteil zu Bauteil variiert und auch die Folgen eines Ausfalls ganz verschieden sein können, gibt es keine optimale Strategie, die für alle Anlagen und Bauteile gilt. Vielmehr muss für jede Anlage und jedes Bauteil eine eigene Strategie gewählt werden, die zu einer optimalen Zielerreichung führt. Teilweise können gleiche oder ähnliche Instandhaltungsobjekte zu einer Gruppe zusammengefasst werden. Besonders bei Gebäudebauteilen ist es von

²⁰³ Vgl. [IFMA02]

Vorteil, solche Gruppen zusammenzufassen, da sich ausbleibende Instandhaltung von bestimmten Bauteilen negativ auf Nachbarbauteile auswirken und zu Folgeschäden führen kann²⁰⁴.

Bei Bauwerken bauen die Instandhaltungsstrategien auf den individuellen Anforderungen der gewählten Bewirtschaftungsstrategie bzw. Erhaltungsstrategie auf²⁰⁵.

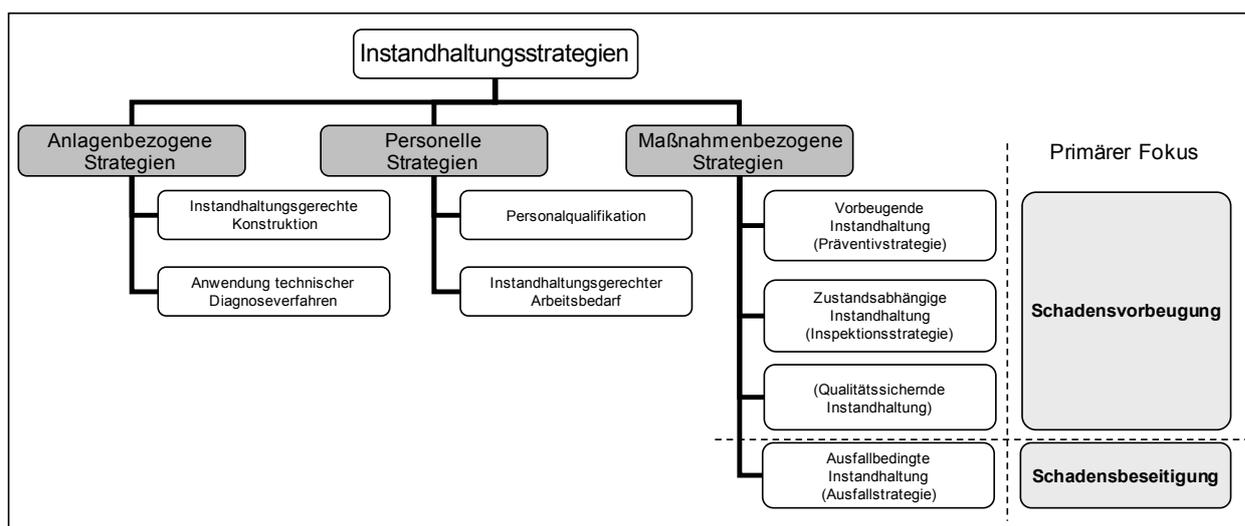


Abbildung 31: Instandhaltungsstrategien (eigene Darstellung in Anlehnung an *Rentz et.al.* und *Alcalde*²⁰⁶)

In Abbildung 31 sind Instandhaltungsstrategien in drei Gruppen unterteilt. Die anlagenbezogenen, personellen Strategien sowie maßnahmenbezogenen Strategien werden im Folgenden näher erläutert. In der Abbildung sind die vier maßnahmenbezogenen Strategien nach ihrem primären Fokus unterschieden. Ob es sich um Schadensvorbeugung oder lediglich um eine schadensbeseitigende Strategie handelt, ist wichtig für deren Einschätzung und wird ebenfalls in der Folge beschrieben. Die maßnahmenbezogenen Strategien sind von zentraler Bedeutung und werden oftmals als die Grundstrategien der Instandhaltung bezeichnet, während die anderen beiden Strategien nach *Alcalde* eine eher untergeordnete Rolle spielen.

²⁰⁴ vgl. [ChMe99], Seite 29

²⁰⁵ vgl. [PrSc03], Seite 220

²⁰⁶ vgl. [ReGeSc03], Seite 269 und [Alca00], Seite 86

6.2.1 Anlagenbezogene Strategien

Anlagenbezogene²⁰⁷ Strategien betreffen die instandzuhaltende Anlage direkt. Ihr Ziel ist es, den Bedarf an Instandhaltungsmaßnahmen so gering wie möglich zu halten.

Eine instandhaltungsgerechte Konstruktion und Gestaltung spielt hierbei eine entscheidende Rolle. Diese zeichnet sich unter anderem durch die folgenden Merkmale aus²⁰⁸:

- Eine geeignete Beschriftung, Markierung und Kennzeichnung (leicht verständliche Anlagendokumentation) zur Vermeidung von Bedienungsfehlern.
- Eine gute Zugänglichkeit zu allen Anlagen.
- Gute Reinigungs- und Pflegemöglichkeiten.
- Die Möglichkeit des Durchführens kleiner Wartungsaufgaben bei Bedarf.
- Die Möglichkeit der Entsorgung von Reststoffen.

Diese Strategie wird oftmals nicht zu den Instandhaltungsstrategien im engeren Sinne gezählt, da der Käufer bzw. Nutzer einer Anlage oftmals keinen Einfluss auf die Konstruktion hat. Er kann die Anlage bei der Auswahl lediglich auf die in Frage kommenden Alternativen überprüfen.

Die zweite anlagenbezogene Strategie ist der Einsatz technischer Störungsmelde- und Diagnoseverfahren. Sie sollen helfen, Zustandsänderungen an Anlagen bzw. Bauteilen frühzeitig zu erkennen und so Ausfälle und Störungen zu vermeiden. Durch den Einbau entsprechender Messeinrichtungen kann der Aufwand für Inspektionen und Wartungen gemindert werden²⁰⁹.

6.2.2 Personelle Strategien

Die richtige personelle Strategie kann erheblich zum Gelingen von Instandhaltungsaufgaben beitragen. Dies geschieht zum einen durch eine zielgerichtete Qualifizierung des Instandhaltungspersonals und zum anderen durch zielgerichteten und instandhaltungsgerechten Einsatz von Arbeitskräften.

Diese Strategie findet primär Anwendung in der Instandhaltung von Produktionsanlagen und in aufgrund des Ausstattungsgrades instandhaltungsintensiven Immobilien. Bei der Instandhaltung von größeren Immobilien oder Immobilienbeständen gibt es oft eigenes

²⁰⁷ in [Alca00] werden anlagenbezogene Instandhaltungsstrategien als technische Strategien bezeichnet.

²⁰⁸ vgl. [ReGeSc03], Seite 274

²⁰⁹ vgl. [ReGeSc03], Seite 274

Personal für die Instandhaltung, wie zum Beispiel den Hausmeister, der kleinere Arbeiten oft selbst durchführt, oder im Falle von Krankenhäusern der technische Dienst.

6.2.3 Maßnahmenbezogene Strategien

Die maßnahmenbezogenen Strategien werden oft auch als die Grundstrategien der Instandhaltung bezeichnet. Die grundsätzliche Philosophie der Instandhaltung wird durch diese Strategien bestimmt²¹⁰. Nach *Alcalde* ist der Kern des Instandhaltungsmanagements in Anlehnung an die allgemeine Managementdefinition, die Gesamtheit aller Maßnahmen zur Gestaltung, Lenkung und Entwicklung der Instandhaltung. Lenkung umfasst in diesem Zusammenhang u.a. das Festlegen von Zielen. Hierzu gehört als nächster Schritt die Festlegung der Instandhaltungsstrategie. Denn der Ausgangspunkt für die Wahl einer der Strategien ist die Zieldefinition aus dem Instandhaltungsmanagement. Bei der Strategiewahl sollen zudem noch die Kenntnisse über das Ausfallverhalten einbezogen werden.

²¹⁰ vgl. [ReGeSc03], Seite 269

6.2.4 Darstellung verschiedener Übersichten zu den Grundstrategien der Instandhaltung

In Abbildung 32 sind die drei Grundstrategien der Instandhaltung mit deren primären Schwerpunkten abgebildet (siehe auch Abbildung 31). Der primäre Fokus der vorbeugenden und der zustandsabhängigen Instandhaltung liegt in der Schadensvorbeugung. Der Fokus der ausfallbedingten Instandhaltung liegt in der notwendigen Schadensbeseitigung. Die drei Grundstrategien sollen nachfolgend näher erläutert werden.

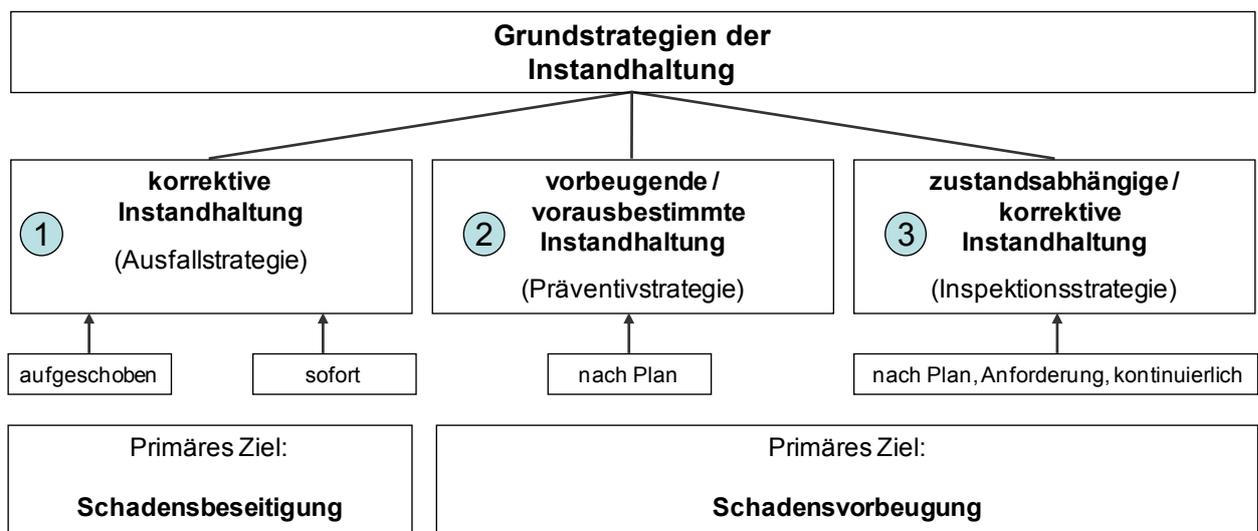


Abbildung 32: Grundstrategien der Instandhaltung [Alca00] und [EN13306]

Die Unterscheidung zwischen korrekiver und präventiver Instandhaltung gilt als grundsätzliche strategische Entscheidung. Bei der korrekiven Instandhaltung wird nach einer Fehlererkennung eine Instandsetzung durchgeführt, um die geforderte Funktion der Anlage wiederherzustellen. Dies kann abhängig entweder sofort erfolgen oder aufgeschoben werden. Der Begriff präventive Instandhaltung wird als Oberbegriff für zwei Strategien der Instandhaltung gebraucht. Präventive Instandhaltung bedeutet in diesem Zusammenhang eine „*Instandhaltung, ausgeführt in festgelegten Abständen oder nach vorgeschriebenen Kriterien zur Verminderung der Ausfallwahrscheinlichkeit oder der Wahrscheinlichkeit einer eingeschränkten Funktionserfüllung einer Einheit*“²¹¹. Die präventive Instandhaltung wird in die zustandsorientierte und in die vorausbestimmte Instandhaltung unterteilt. Die zustandsorientierte Instandhaltung kann

²¹¹ Vgl. [EN13306], Seite 90

mit der in den vorhergegangenen Unterteilungen genannten Inspektionsstrategie gleichgesetzt werden.

Sie bezeichnet eine „präventive Instandhaltung, die aus der Überwachung der Arbeitsweise und/oder der sie darstellenden Messgrößen sowie den nachfolgenden Maßnahmen besteht“²¹². Die vorausbestimmte Instandhaltung hingegen steht für eine „präventive Instandhaltung, durchgeführt in festgelegten Zeitabständen oder nach einer festgelegten Zahl von Nutzungseinheiten, jedoch ohne vorherige Zustandsermittlung“²¹³. Diese Form der Instandhaltung stimmt somit mit dem vorher gebrauchten Begriff der vorbeugenden bzw. präventiven Instandhaltung überein.

Die *EFNMS Building Maintenance Group* unterscheidet diesbezüglich die Instandhaltung nach zwei verschiedenen Kategorien von Instandhaltungsprozessen²¹⁴:

- Korrektiver Instandhaltungsprozess
- Präventiver Instandhaltungsprozess

Beiden Prozessen liegen wiederum unterschiedliche Instandhaltungsstrategien zugrunde.

Der korrektive IH-Prozess basiert auf der Korrektivstrategie oder Ausfallstrategie. Bei dieser Strategie wird im Wesentlichen ein Instandhaltungsprozess (Instandsetzung) erst mit dem Eintreten eines Schadens oder Ausfalls des betroffenen Bauteils in Gang gesetzt. Dies hat nach *Krug* einerseits zur Folge, dass es für einzelne Bauteile zu einer optimalen Ausnutzung ihrer technischen Lebensdauer kommt, einem für den Moment geringen Planungsaufwand sowie zu einer scheinbaren Kostenminimierung. Andererseits sind aufgrund eines möglichen plötzlichen Schadenseintritts hohe Folgekosten das Ergebnis. Die Behebung dieser Schäden kann aufgrund des zeitlichen Drucks zu einer Beeinträchtigung der Ausführungsqualität sowie zu höheren Preisen führen.

²¹² Vgl. [EN13306], Seite 91

²¹³ Vgl. [EN13306], Seite 90

²¹⁴ Vgl. [EURE00, Vol. 2]

Solche Schäden können aufgrund verschiedener Ursachen entstehen, die *EFNMS (The EFNMS Building Maintenance Working Group)* führt folgende Arten auf:

- Alterung²¹⁵
- Ermüdung²¹⁶
- Korrosion²¹⁷
- Fehler²¹⁸
- Ausfall²¹⁹
- Störung²²⁰
- Versagen

Die folgende Abbildung 33 beinhaltet darüber hinaus eine wesentlich detailliertere Unterteilung möglicher Instandhaltungsstrategien.

²¹⁵ Abbau von Material abhängig von Zeit, Temperatur, Feuchte, Sonneneinstrahlung usw.. Alterung als Reaktion auf der Oberfläche oder im Inneren des Materials. Das Resultat ist eine messbare Veränderung, welche solange tragbar ist, als die Funktionsfähigkeit der Komponenten noch gewährleistet ist. Anfangsriss, Riss mit fortschreitender konstanter Rissgeschwindigkeit, Ermüdungsbruch

²¹⁶ Reduzierung der Materialbeanspruchbarkeit als Reaktion auf die Belastung durch eine sich wiederholende mechanische Last

²¹⁷ Eine elektrochemische, chemische oder physikalisch-metallurgische Reaktion eines metallischen Materials verursacht durch Feuchte, Säure oder einem äquivalenten Medium. Die Veränderung ist messbar und kann zur Beeinträchtigung des Bauteils führen.

²¹⁸ Nichterfüllung der Erwartungen in Bezug auf die beabsichtigte Nutzung oder einem vergleichbaren Messwert.

²¹⁹ Im Sinne der Instandhaltung unbeabsichtigte Unterbrechung der Funktionsfähigkeit einer Betrachtungseinheit

²²⁰ Im Sinne der Instandhaltung unbeabsichtigte Unterbrechung (oder bereits auch schon Beeinträchtigung) der Funktionsfähigkeit einer Betrachtungseinheit. (Zustand einer Einheit, gekennzeichnet durch seine Unfähigkeit, aus beliebigem Grund eine geforderte Funktion zu erfüllen)

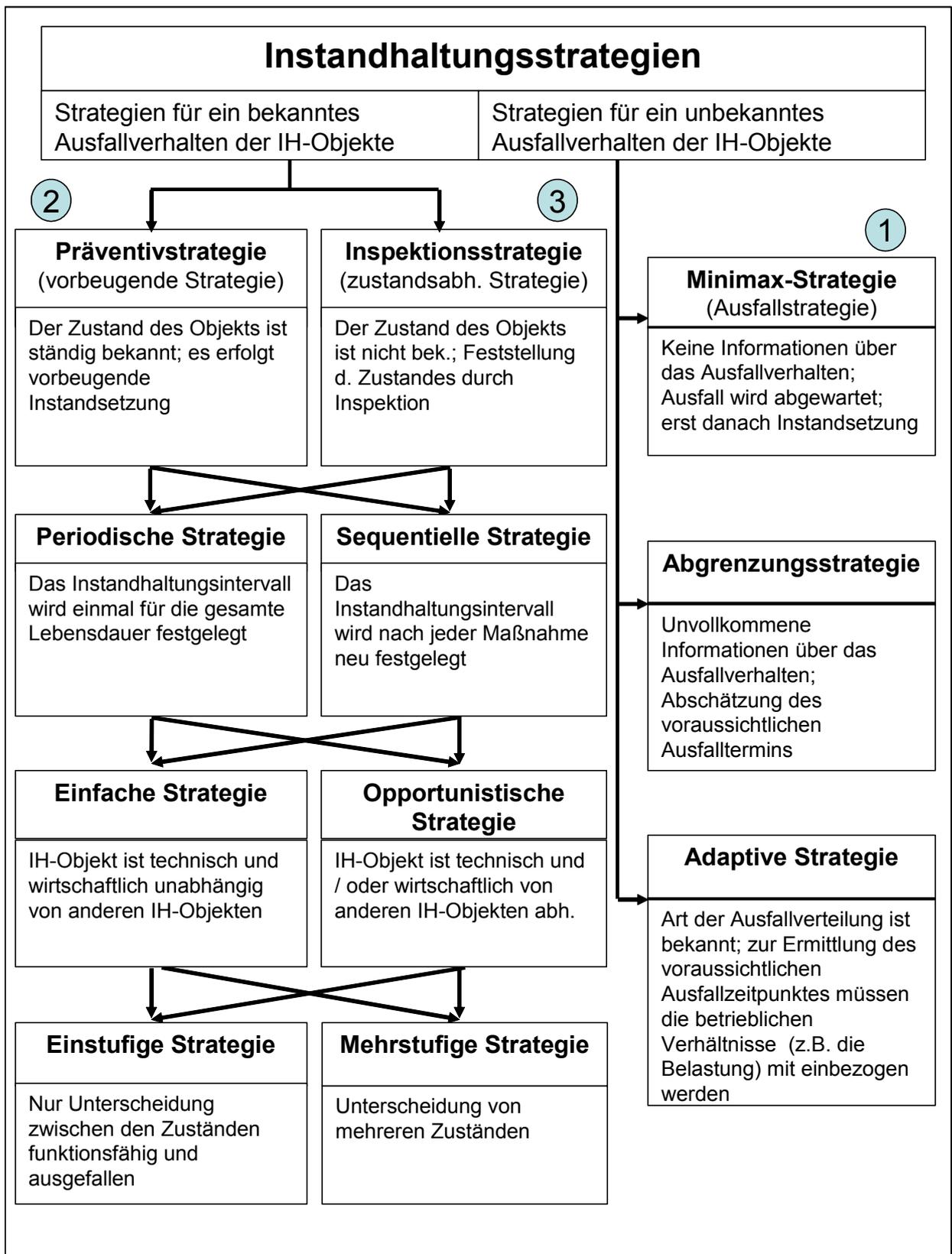


Abbildung 33: Übersicht der Instandhaltungsstrategien nach 'Jehle'²²¹

²²¹ [Jehl89], die Ziffern ①, ② und ③ korrespondieren zur Veranschaulichung der Strategien mit den Ziffern, welche in Abbildung 32 verwendet werden.

Bei dieser Unterteilung werden zu Beginn wiederum zwei Fälle unterschieden. Auf der linken Seite sieht man jene Strategien, bei denen das Ausfallverhalten des Instandhaltungsobjektes bekannt ist. Auf der rechten Seite stehen die Strategien, bei denen das Ausfallverhalten des instand zu haltenden Objektes weitgehend unbekannt ist.

Abhängig von der Möglichkeit, Informationen über den voraussichtlichen Ausfallzeitpunkt zu erlangen, werden bei unbekanntem Ausfallverhalten drei Strategien unterschieden. Die erste Strategie ist die Minimax-Strategie, die dann angewandt werden kann, wenn keinerlei Informationen über das Ausfallverhalten vorliegen. Der Ausfall wird abgewartet und erst danach wird eine Instandsetzung vorgenommen.

Die Abgrenzungsstrategie ist die zweite Strategie. Hier liegen unvollkommene Informationen über das Ausfallverhalten vor. Dies bedeutet, dass der Ausfallzeitpunkt nur abgeschätzt werden kann.

Bei der dritten Strategie, der adaptiven Strategie, ist die Ausfallverteilung bekannt, um jedoch den voraussichtlichen Ausfallzeitpunkt zu bestimmen, müssen betriebliche Verhältnisse, wie zum Beispiel die Belastung, miteinbezogen werden.

Bei bekanntem Ausfallverhalten werden zunächst zwei Strategien unterschieden. Dies sind die Präventivstrategie und die Inspektionsstrategie, die schon in Abbildung 32 als zwei der drei Grundstrategien definiert wurden. Die Präventivstrategie ist eine vorbeugende Instandhaltungsstrategie. Der Abnutzungsprozess bzw. der Ausfallzeitpunkt ist schon im Vorhinein bekannt. Daher können die Instandhaltungsmaßnahmen vor Eintritt eines Ausfalls vorgenommen werden. Die Inspektionsstrategie gehört ebenfalls zu den vorbeugenden Strategien, d.h. das Instandhaltungsobjekt wird vor einem Ausfall Instandhaltungsmaßnahmen unterzogen. Bei dieser Strategie ist der Ausfallzeitpunkt bzw. das Abnutzungsverhalten nicht schon im Voraus bekannt. Es besteht aber die Möglichkeit, über Inspektionen den Zustand zu ermitteln und zu bewerten, um so die Instandhaltung zu planen²²².

Sowohl die Präventiv- als auch die Inspektionsstrategie können in periodische und sequentielle Strategien unterschieden werden. Bei einer sequentiellen Strategie wird nach jeder durchgeführten Instandhaltungsmaßnahme das Intervall bis zur nächsten Maßnahme neu bestimmt. Diese Entscheidung wird jedoch nur abhängig von der letzten durchgeführten Maßnahme bestimmt. Die vorangegangenen früheren

²²² in Anlehnung an [Jehl89], Seite 95f

Maßnahmen spielen bei dieser Entscheidungsfindung keine Rolle²²³. Bei der periodischen Strategie wird das Intervall zwischen zwei Instandhaltungsmaßnahmen zu Beginn bestimmt und bleibt danach unverändert²²⁴. *Rentz* unterscheidet indes noch zwischen einer flexiblen periodischen Strategie und einer streng periodischen Strategie. Erstere beinhaltet einen konstanten Instandhaltungsabstand. Allerdings verschieben sich die Instandhaltungszeitpunkte durch einen Ausfall insofern, als dass die festen Intervalle ab dem Ausfallzeitpunkt wieder von vorne beginnen. Bei Anwendung der streng periodischen Variante werden die Periodenlänge und die Instandhaltungszeitpunkte für die vorbeugende Instandhaltung zu Beginn festgelegt. Fällt eine Anlage aus, wird nach einer Instandsetzung die nächste Instandhaltungsmaßnahme weiterhin nach Plan durchgeführt, selbst wenn sie technisch gesehen nicht notwendig wäre. Dies führt im Gegensatz zur erstgenannten Strategie zu einer schlechteren Ausnutzung des Abnutzungsvorrates und häufigeren Instandhaltungsmaßnahmen²²⁵.

Der Begriff einfache Strategie nach *Jehle* bedeutet, dass das Instandhaltungsobjekt unabhängig von anderen Instandhaltungsobjekten betrachtet werden kann. Es ist also als geschlossenes System anzusehen. Bei Anwendung opportunistischer Strategien hängt das Instandhaltungsobjekt noch von anderen Objekten ab. Die Abhängigkeiten können stochastischer, technischer oder wirtschaftlicher Natur sein. Diese Abhängigkeiten führen dazu, dass bei Instandhaltung eines Teiles auch die abhängigen Elemente mit instand gehalten werden müssen²²⁶.

Die dritte und letzte Unterteilung, die '*Jehle*' vornimmt, ist die in einstufige und mehrstufige Strategien (siehe Abbildung 33). Einstufige Strategien sind geprägt von der Unterscheidung zwischen den beiden Verschleißzuständen, „funktionsfähig“ und „ausgefallen“, d.h. nur das Ausfallverhalten ist von Bedeutung. Wird zusätzlich das Abnutzungsverhalten berücksichtigt, so wird von mehrstufigen Strategien gesprochen. Hierbei gibt es neben „funktionsfähig“ und „ausgefallen“ noch weitere Unterteilungen wie zum Beispiel „bedingt funktionsfähig“. Diese Variante besitzt allerdings eine komplexere Struktur und bedarf daher eines höheren Informationsgrades.

²²³ vgl. [ReGS03], Seite 270

²²⁴ vgl. [Jahn80], Seite 15

²²⁵ in Anlehnung an [ReGeSc03], Seite 270f

²²⁶ vgl. [Jahn80], Seite 16

Im Folgenden sollen weiterhin die Begriffe Inspektions- (zustandsabhängige Instandhaltung) und Präventivstrategie (vorbeugende Instandhaltung) benutzt werden. In den folgenden drei Unterkapiteln werden die immer wieder auftauchenden drei Grundstrategien sowie ihre Vor- und Nachteile näher erläutert.

6.2.5 Vorbeugende Instandhaltung

Die vorbeugende Instandhaltung beruht auf der Annahme, dass der Zeitpunkt für einen möglichen Ausfall bereits zu Beginn bekannt ist und eine Instandhaltung bereits vor dem wahrscheinlichen Schadenseintritt erfolgen kann. Das Ausfallverhalten sowie mögliche Ausfallzeitpunkte müssen bekannt sein. Die Wahl des optimalen Zeitpunktes einer Instandhaltungsmaßnahme bedingt die Kenntnis der Nutzungsintensität und objektspezifischer Belastungen. Um aus diesen Parametern den voraussichtlichen Ausfallzeitpunkt bestimmen zu können, erfordert es einige Erfahrung mit dem Instandhaltungsobjekt. Immer mehr sind hier auch die Hersteller von Anlagen gefordert, Daten zur Verfügung zu stellen²²⁷. Unabhängig vom wirklichen Zustand des Instandhaltungsobjektes werden an dem berechneten bzw. ermittelten Instandhaltungszeitpunkt die Maßnahmen durchgeführt. Eine Anwendung dieser Strategie bietet sich vor allem bei Instandhaltungsobjekten mit einer steigenden Ausfallrate an, d.h. bei häufigem Auftreten von Altersausfällen²²⁸.

Die Vorteile dieser Strategie sind nachfolgend aufgeführt²²⁹.

- Instandhaltungsmaßnahmen können weitgehend im Vorfeld geplant werden.
- Verschiedene Instandhaltungsmaßnahmen können untereinander abgestimmt werden. Auch können die Instandhaltungsmaßnahmen beispielsweise so gelegt werden, dass die Bewohner bzw. die Nutzer möglichst wenig gestört und beeinträchtigt werden.
- Anhand der Instandhaltungspläne lässt sich der Ersatzteilbedarf bestimmen. Benötigte Materialien können rechtzeitig beschafft werden.
- Standardisierung der Instandhaltungsmaßnahmen, dadurch Senkung der Fehlerrate.
- Vereinfachung der Vergabe an Fremdfirmen.
- Reduzierung von Zufallsausfällen.

²²⁷ vgl. [Alca00], Seite 89

²²⁸ vgl. [ReGS03], Seite 270

²²⁹ vgl. [Alca00], Seite 90

- Verkürzung der Ausfallzeiten
- Steigerung der Anlagenverfügbarkeit bzw. Zuverlässigkeit

Nachteile der Präventivstrategie sind nachfolgend aufgeführt²³⁰:

- Aufwendige Datenerhebung über das Ausfallverhalten.
- Oft fehlende Genauigkeit der Daten
- Hoher Pflegeaufwand der Daten
- Daten über das Abnutzungsverhalten der Elemente folgen keinem einheitlichen Standard.
- Abnutzungsvorrat wird nicht voll ausgeschöpft.

Die Anwendung der präventiven Strategie ist allerdings nur dann sinnvoll, wenn bei einem Ausfall sehr hohe Schadensfolgekosten entstehen würden, die erwarteten Folgekosten aus einem Ausfall höher sind als der Restnutzen des Elementes²³¹.

6.2.6 Zustandsabhängige Instandhaltung

Die zustandsabhängige Instandhaltung ist auch unter dem Namen Inspektionsstrategie oder Bereitschaftsstrategie bekannt. Bei Anwendung dieser Strategie wird versucht, den Abnutzungsvorrat durch Inspektionen möglichst genau zu bestimmen. Anhand dieser Inspektionen wird über die notwendigen Instandhaltungsmaßnahmen entschieden. Bei Absinken des Abnutzungsvorrats unter eine vorher festgelegte Grenze wird das Element erneuert. Ziel ist somit, den Abnutzungsvorrat möglichst umfassend auszuschöpfen. Der Nachteil der Präventivstrategie, nämlich die unvollständige Ausnutzung des Abnutzungsvorrates, kann so vermieden werden.

Voraussetzung für die Anwendung dieser Strategie ist die Feststellung des Zustands des Elementes durch Inspektionen und eine Bestimmung des verbleibenden Abnutzungsvorrats. Außerdem kommt diese Strategie nur in Frage, wenn eine mit der Zeit steigende Ausfallrate zu beobachten ist. Angewendet wird diese Strategie vor allem dann, wenn ein Element eine hohe Sicherheit oder aber eine hohe Funktionstüchtigkeit erfordert und wenn für das Element keine gesetzlichen oder herstellerrechtlichen Instandhaltungsrichtlinien vorliegen²³².

²³⁰ in Anlehnung an [Alca00], Seite 90, [Jehl89], Seite 96 und [ReGS03], Seite 270

²³¹ Vgl. [Krug85] Seite 82

²³² Vgl. [Jehl89], Seite 97f.

Ebenso wie die Präventivstrategie besitzt auch die Inspektionsstrategie einige Vor- und Nachteile. Die Vorteile sind die Folgenden²³³:

- Bessere Ausnutzung der Lebensdauer eines Elementes als bei der Präventivstrategie.
- Angaben über das Ausfallverhalten und den Abnutzungsvorgang müssen nicht so genau sein wie bei der Präventivstrategie, da durch Inspektionen der genaue Zustand erfasst wird.
- Möglichkeit der genauen Planung von Zeitpunkt und Umfang der Inspektions- und Wartungsmaßnahmen.
- Höhere Zuverlässigkeit bzw. Verfügbarkeit als bei der ausfallbedingten Instandhaltung.

Neben diesen Vorteilen gegenüber der präventiven und der ausfallbedingten Strategie werden in der Literatur wiederum einige Nachteile genannt:²³⁴

- Kosten für Inspektionen sind teilweise höher als die Kosten eines vorbeugenden Teileaustausches, wie er bei der Präventivstrategie durchgeführt wird.
- Generell kann diese Strategie nur bei Elementen eingesetzt werden, bei denen eine mit der Zeit steigende Ausfallneigung zu beobachten ist.
- Nicht bei allen Elementen mit einer steigenden Ausfallrate lässt sich diese Strategie anwenden, da teilweise die technischen Voraussetzungen fehlen.
- Zur Durchführung der Inspektionen Notwendigkeit von geschultem Personal.
- Keine Möglichkeit der Einplanung von Instandsetzungsmaßnahmen die direkt nach einer Inspektion vorgenommen werden müssen, dadurch teilweise geringe Planbarkeit.

Ein besonderes Merkmal dieser Strategie ist die Anwendung spezieller Diagnoseverfahren, die die Inspektionen verbessern bzw. erleichtern und das Erkennen von sich anbahnenden Schäden vereinfachen sollen. Nach *Alcalde* sind dabei vor allem die folgenden Verfahren von Bedeutung²³⁵:

²³³ Vgl. [Jehl89], Seite 97, [Alca00] und [KaSS03] S. 3-11

²³⁴ Vgl. [Jehl89], Seite 97

²³⁵ Vgl. [Alca00]

- Oberflächendiagnostik
- Schwingungsdiagnostik
- Schallemissionsdiagnostik
- Partikel- und Betriebsmediendiagnostik
- sowie die volumetrische und die thermische Diagnostik.²³⁶

Diese Strategie der zustandsabhängigen Instandhaltung ist aufgrund ihrer guten Planbarkeit und der Möglichkeit der optimalen Ausnutzung des Abnutzungsvorrats und damit der technischen Lebensdauer eine kostenoptimale und flexible Instandhaltungsalternative. Bedingung ist allerdings, dass die Voraussetzungen zur Anwendung dieser Strategie gegeben sind.

6.2.7 Ausfallbedingte Instandhaltung (Ausfallstrategie)

Die ausfallbedingte Instandhaltung wird oft auch als Korrektiv- oder aber Feuerwehrstrategie bezeichnet. Im englischen Sprachgebrauch wird in diesem Zusammenhang der Begriff 'breakdown maintenance' verwendet.

Bei Anwendung dieser Strategie erfolgt eine Instandsetzung erst nach dem Eintreten einer Störung bzw. nach einem Ausfall. Der Ausfall oder die Störung werden bewusst in Kauf genommen. Notwendige Instandhaltungsmaßnahmen sind somit eine direkte Reaktion auf einen Schaden. Es wird ganz auf vorbeugende Instandhaltungsmaßnahmen verzichtet. Primär wird diese Strategie dann angewendet, wenn keine oder nur ungenügende Informationen über das Abnutzungs- und Ausfallverhalten des instand zu haltenden Elementes oder Bauteils vorliegen oder zu ermitteln sind²³⁷. Charakteristisch für diese Strategie ist der vergleichsweise geringe Planungsgrad. Der Hauptnachteil dieser Strategie besteht in dem in der Regel im Voraus nicht bestimmbar Zeitpunkts einer Störung oder eines Ausfalls. Das Element oder die Anlage stehen damit zu einem nicht vorher bestimmten Zeitpunkt nicht zur Verfügung. Es muss vergleichsweise viel flexibel einsetzbares Personal vorgehalten werden, um nach Schadenseintritt möglicherweise schnell reagieren zu können, falls die Gefahr besteht, dass andere Bauteile in Mitleidenschaft gezogen werden könnten. Durch eine schnelle Reaktion können lange Ausfallzeiten und hohe Folgekosten vermieden werden.

²³⁶ Vgl. [Alca00] Seite 93

²³⁷ Vgl. [Alca00] Seite 87

Als Vorteile dieser Strategie sind die folgenden Punkte zu nennen²³⁸:

- Geringerer Planungsaufwand im Vergleich zu den anderen beiden Strategien.
- Garantierte volle Ausnutzung des Abnutzungsvorrates und damit der Lebensdauer, da eine Instandsetzung erst nach einem Ausfall erfolgt.

Diesen beiden Vorteilen stehen zahlreiche Nachteile gegenüber²³⁹:

- Häufiger ungeplanter Ausfall der Instandhaltungsobjekte.
- Vergrößerung der Gefahr von Folgeschäden an anderen Instandhaltungsobjekten bei einem Schaden oder Ausfall des Elementes.
- Möglichkeit vermeidbarer hoher Ausfallkosten.
- Ausführung der Instandsetzungen unter Zeitdruck und Auswirkungen auf die Qualität der Arbeit.
- Verzögerungen durch Bestellung nicht gelagerter Ersatzteile.
- Für den Fall eines gleichzeitigen Ausfalls mehrerer Elemente kann der entsprechende Personalbedarf nicht vorgehalten werden.
- Keine bzw. geringe Möglichkeit der Gewährleistung einer vorgegebenen Verfügbarkeit bzw. Zuverlässigkeit.
- Erschwerte Fremdvergabe der Instandhaltungen, da im Falle eines Ausfalls oftmals eine sofortige Reaktion notwendig ist.

Auf den ersten Blick scheint es so, dass man mit dieser Strategie Kosten sparen kann, da keine Kosten für Inspektionen und Planungen anfallen. Allerdings wird dieser Vorteil zumeist sehr schnell durch die entstehenden Folgekosten aufgezehrt.

Eine Anwendung der ausfallbedingten Instandhaltung erscheint damit nur dann sinnvoll, wenn während der Nutzung keine Abnutzungserscheinungen auftreten oder aber durch eine Inspektion die Abnutzung weder direkt noch indirekt mit vertretbarem Aufwand ermittelt werden kann.

6.2.8 Qualitätssichernde Instandhaltung

Neben den bereits beschriebenen drei Grundstrategien wird in *Rentz* auch die qualitätssichernde Instandhaltung als eine maßnahmenbezogene Strategie genannt²⁴⁰. Bei Anwendung dieser Strategie werden alle Instandhaltungsaktivitäten einer

²³⁸ Vgl. [Alca00] S. 88

²³⁹ Vgl. [Alca00] S. 88

²⁴⁰ Vgl. [ReGS03]

Prozesssteuerung nach den Regeln der Qualitätssicherung unterzogen. Darauf aufbauend wird eine Aufbauorganisation der Instandhaltung konzipiert, die sich an den Anforderungen an die Qualität der Instandhaltung orientiert. So kann zum Beispiel durch ein Instandhaltungsbuch die Qualität der Instandhaltung gewährleistet werden.

6.2.9 Kostenminimierung und Zielkonflikt

Wenn man die oben beschriebene Ausfallstrategie als auch die Inspektionsstrategie unter dem Gesichtspunkt der Kostenminimierung betrachtet, so wird schnell ein Zielkonflikt erkennbar.

Bei Anwendung der Präventivstrategie lässt sich zwar eine Abnahme der Ausfall-, jedoch gleichzeitig eine Zunahme der Vorbeugungskosten beobachten²⁴¹. Dies gilt ebenso bei umgekehrter Anwendung. Wenn also vermehrt eine Korrektivstrategie oder Ausfallstrategie angewendet wird, dann kommt es zu einer Steigerung der Ausfallkosten bei gleichzeitiger Abnahme der Präventivkosten. (siehe auch Kapitel 4.2)

7 Konzept zur Auswahl der Bauteilerhaltungsstrategie

Nachdem die einzelnen maßnahmenbezogenen Strategien näher erläutert wurden, soll im Folgenden die Wahl einer der Alternativen beschrieben werden.

Die Entscheidung für eine der Strategien ist ein wichtiger Punkt im Instandhaltungsmanagement. Neben dem Prüfen der Voraussetzungen für die Anwendung einer der drei Grundstrategien müssen auch die Vor- und Nachteile der einzelnen Strategien im Einzelfall gegeneinander abgewogen werden. Ein wichtiges Kriterium für die Wahl der Strategie sind die Informationen über den Ausfallzeitpunkt des Bauteiles bzw. die Möglichkeiten der Messung und Erfassung der Abnutzung.

Nach *Warnecke et.al.* müssen bei der Wahl einer geeigneten Strategie zunächst die folgenden Fragen beantwortet werden²⁴²:

- Können durch den Ausfall Folgeschäden entstehen?
- Besteht die Möglichkeit der Gesundheitsgefährdung bei einem Ausfall?
- Sind Abnutzungen für den Ausfall verantwortlich?
- Besteht die Möglichkeit, den Abnutzungszustand messtechnisch zu erfassen?
- Ist diese messtechnische Datenerfassung ökonomisch sinnvoll?

²⁴¹ Vgl. [Sche72]

²⁴² Vgl. [WaHe92]

Anhand dieser Kriterien kann festgestellt werden, ob für ein Bauteil eine Schadensvorbeugung oder aber nur eine Schadensbehebung möglich ist. Ist nur eine Schadensbehebung möglich, da das Ausfallverhalten sogar durch Schätz- oder Näherungsverfahren nicht im Vorhinein bestimmt werden kann, so muss die Ausfallstrategie gewählt werden. Kann hingegen eine Schadensvorbeugung vorgenommen werden, so muss zwischen der Präventiv- und der Inspektionsstrategie gewählt werden. Zunächst muss bei einem Element, das ein Spätausfallverhalten aufweist, analysiert werden, ob der Abnutzungszustand messtechnisch wirtschaftlich festgestellt werden kann. Wenn zusätzlich die Folgen eines ungeplanten Ausfalls als vergleichsweise hoch eingeschätzt werden, ist die Anwendung der Inspektionsstrategie sinnvoll. Ist die Vorhersagegenauigkeit des voraussichtlichen Ausfallzeitpunktes sehr hoch, kann die Präventivstrategie angewendet werden. Neben diesen Aspekten müssen aber auch immer die Vor- und Nachteile der einzelnen Strategien und mögliche Folgen, wie zum Beispiel Gesundheitsgefährdungen sowie die Ziele der Instandhaltung mit einbezogen werden.

In Abbildung 34 ist ein Flussdiagramm zur Wahl einer Instandhaltungsstrategie dargestellt. In diesem Diagramm wird anhand von geschlossenen Fragen (Ja-Nein-Aussagen) in den Entscheidungsknoten die Auswahl der möglicherweise einzusetzenden Instandhaltungsstrategien immer weiter eingeschränkt. Diese Einschränkung erfolgt so lange, bis eine geeignete Strategie gefunden wurde. Als Entscheidungskriterien werden unter anderem die Schätzung der Verteilung der Ausfälle, eine steigende Ausfallrate sowie die Möglichkeit der Durchführung von Inspektionen angegeben. Je nachdem, ob diese Fragen mit ja oder mit nein beantwortet werden können, wird eine andere Strategie gewählt bzw. werden weitere Abfragen vorgenommen, um die zu wählende Strategie weiter einzugrenzen.

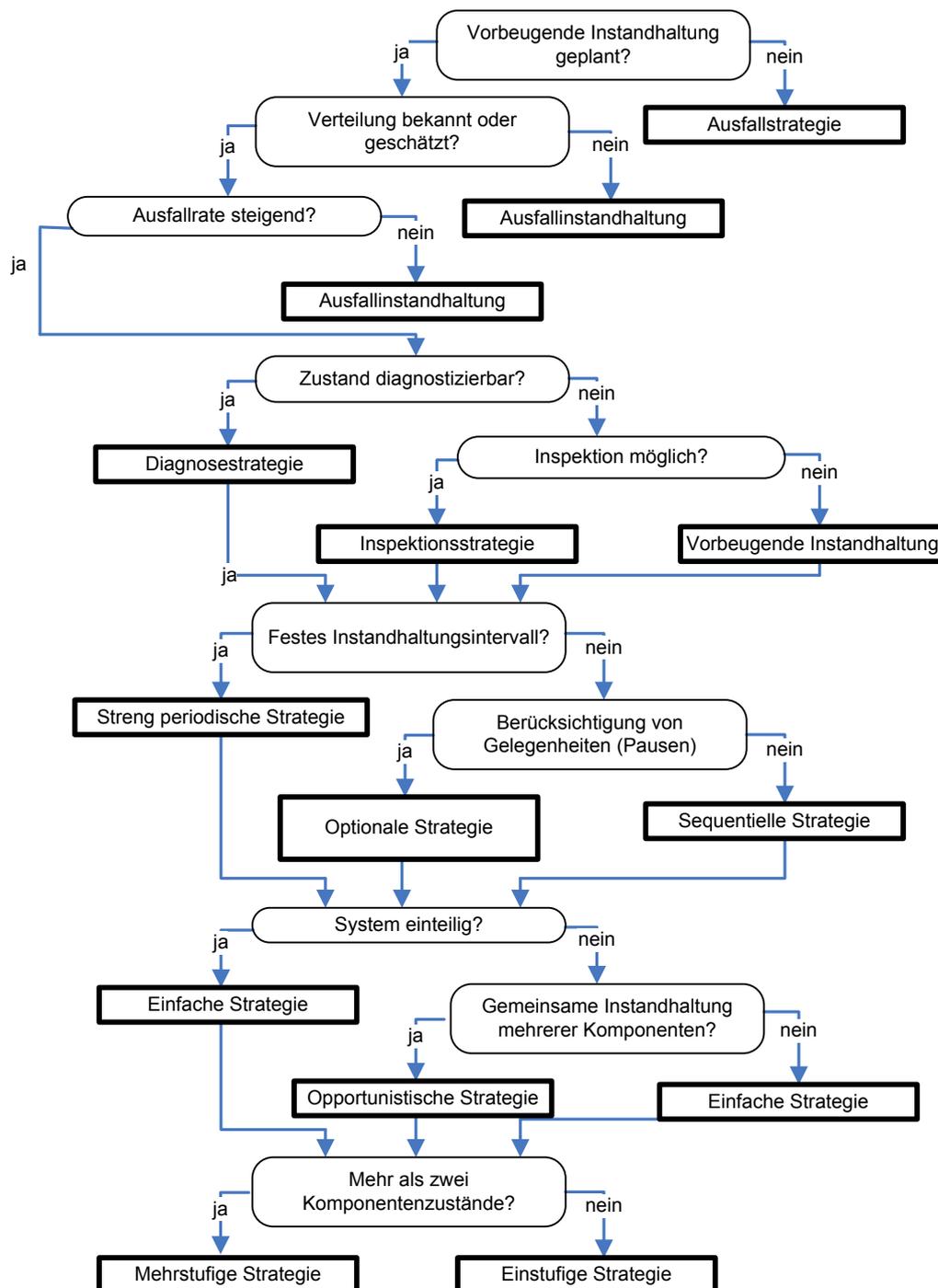


Abbildung 34: Flussdiagramm zur Wahl einer geeigneten Bauteilerhaltungsstrategie [ReGeSc03]

Dieses Flussdiagramm stellt eine Orientierungshilfe dar, da wie oben bereits erwähnt auch weitere Faktoren mit in die Entscheidung einbezogen werden können.

7.1 Zusammenfassung

Nachdem in den vorangegangenen Kapiteln die Gebäudeerhaltung, deren Kosten, die Auswahl einer Unterhalts- und Instandhaltungsstrategie sowie die Einbindung in eine Instandhaltungsorganisation und Unternehmensorganisation thematisiert wurden, kann folgendes festgehalten werden:

Gleich welche Strategie in der Erhaltung von Gebäuden angewandt wird, gleich nach welchem Modell der Unterhalt organisiert ist, es ist grundsätzlich eine hohe Transparenz erforderlich. Um Lebenszyklen von Bauteilen und Immobilien abschätzen zu können, bedarf es einer fundierten Datengrundlage auf Basis von Erfahrung, Informationen von Bauteilherstellern und eigenen Lebenszyklusdatensammlungen. Dem Anspruch der vorliegenden Arbeit, auf Basis der Analyse von Reallebenszyklusdaten Strategien zu entwickeln, kann nur mit der sorgfältigen Entwicklung eines Untersuchungskonzepts genüge getan werden. Im anschließenden Kapitel wird dieses dargestellt.

8 Entwicklung des Untersuchungskonzepts

Wichtig bei der Erhaltung von Immobilien ist das Wissen um den richtigen Instandsetzungszeitpunkt.

Zur Bestimmung des optimalen Instandsetzungszeitpunktes müssen zum einen die Lebensdauern von Bauteilen abgeschätzt werden, zum anderen muss man Kenntnis über Bauteilverhalten und die Kombination von sich unterschiedlich verhaltenden Bauteilen und deren Einfluss auf die Lebensdauer der Gesamtimmobilie haben. Darüber hinaus ist es wichtig, die Wartung und Inspektion von Bauteilen optimal abzustimmen, um Instandsetzungszeitpunkte bestimmen bzw. hinauszögern zu können bzw. planen zu können, wann verändernde Maßnahmen wie bspw. Modernisierungen oder Sanierungen durchzuführen sind.

Es ist im Folgenden also notwendig, die Lebensdauer von Immobilien und im speziellen die Lebensdauer von Bauteilen zu kennen.

Die Nutzungs- und Lebensdauern von Bauwerken können nicht berechnet werden, sondern (nach *Clauß*) allenfalls grob geschätzt werden, da bislang sehr wenig Erfahrung über die Nutzungsdauern der Mehrzahl der bestehenden Bauwerke vorliegen²⁴³²⁴⁴.

Das Untersuchungskonzept der Arbeit beinhaltet eine Realdatenanalyse unterschiedlicher Immobilientypen und deren qualitative Bewertung und Beschreibung. Aus der umfassenden Kenntnis der untersuchten Immobilien und der Datenanalyse, die im Rahmen der Untersuchung erhoben wurden, werden anhand verschiedener Vergleiche und Auswertungen Handlungsempfehlungen für die nachhaltige Instandhaltung von Bestandsimmobilien und deren Bauteilen entwickelt.

Um diese Problemstellungen zu lösen ist es Ziel der vorliegenden Arbeit, anhand von realen Lebenszyklusdaten eine Systematik bei der Bewirtschaftung und Unterhaltung von Immobilien zu erkennen, um daraus in Zukunft eine ideale Strategie für die Erhaltung der Gebäude entwerfen zu können. Darüber hinaus sollen Rückschlüsse auf

²⁴³ Vgl. [Clau89]

²⁴⁴ Diese Erfahrungen, die Clauß beschreibt, sind auch heute 15 Jahre später nicht wesentlich verbessert. Die zumindest bezüglich des Zustandes von Immobilien in Deutschland am meisten zu beachtende Studie dürfte die von Kohler (IFIB Karlsruhe) „Validierung eines integrierten, dynamischen Modells des deutschen Gebäudebestandes“ sein. Jedoch ist auch hier keine Abschätzung der Lebenszykluskosten aufgrund empirischer Daten möglich. Die Studie zeigt lediglich den Zustand des deutschen Gebäudebestandes. Die Studie kann jedoch als Basis für darüber hinausgehende Untersuchungen dienen, um Bewirtschaftungsstrategien zu entwickeln.

Nutzungsdauern und Lebensdauern von verschiedenen Bauteilen getroffen werden können.

Zu diesem Zweck wurden Immobilien untersucht, für die vollständige Daten über den gesamten Lebenszyklus hinweg zur Verfügung standen. Es konnten dadurch alle Lebenszykluskosten, die im Zusammenhang mit verändernden und erhaltenden Maßnahmen standen, erhoben werden. Dafür war es notwendig entsprechende Immobilien zu finden, die über vollständige Dokumentationen dieser Maßnahmen lebenslang verfügen.

Hierzu werden im Folgenden die Kriterien zur Auswahl der zu untersuchenden Immobilien beschrieben.

Es gibt nur wenige Immobilien, die das Kriterium einer vollständigen Datengrundlage über den gesamten Lebenszyklus hinweg, erfüllen.

8.1 Kriterium bei der Immobilienauswahl für die Untersuchung auf Lebenszyklusdaten

In Abbildung 35 wird die Vorgehensweise bei der Immobilienauswahl skizziert. Die hier aufgeführten Kriterien und die jeweils zugehörige Vorgehensweise werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

Bemerkung:
Erfassung von mehr als 20 Immobilien hinsichtlich des Zeitaufwandes nicht realisierbar.

- Schule
- Verwaltungsgebäude

- DIN 276 1993
- DIN 276 1954
- Friedensneubauwert
- HU Bau

- Rechnungen
- Haushaltssatzungen
- Bauakten

- Grundrissepläne
- Ansichten

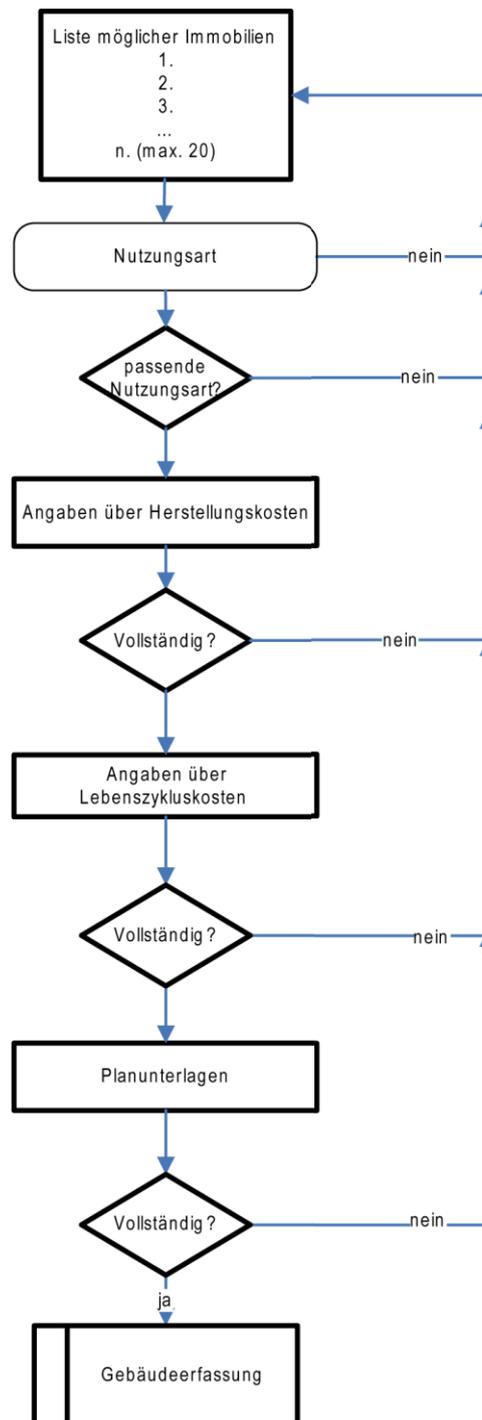


Abbildung 35: Vorgehensweise bei der Immobilienauswahl

Wichtig für die durchgeführte lebenszyklusorientierte Realdatenanalyse der Unterhaltsdaten der Immobilienauswahl ist die lückenlose Dokumentation von Maßnahmen rund um die Immobilie. Für die Untersuchung mussten vollständige Daten über den Herstellungswert, den Herstellungszeitpunkt, grafische Daten (Planunterlagen) und eine lückenlose jährliche Dokumentation der erhaltenden und verändernden Maßnahmen an der jeweiligen Immobilie zur Verfügung stehen. Eine ganze Reihe von Immobilien wurde im Rahmen einer Voruntersuchung auf das Vorhandensein dieser Daten hin untersucht.



Abbildung 36: erhobene und untersuchte Daten

In den Vorgesprächen, welche bei der Auswahl der Immobilien für die Datenanalyse geführt wurden, wurde schnell klar, dass es nur wenige Immobilien gab, für welche Informationen über alle im Lebenszyklus durchgeführten verändernden oder erhaltenden Maßnahmen vorlagen. Übrig blieben Immobilien der öffentlichen Hand sowie der katholischen Kirche, die über die notwendige Auswahl an Immobilien verfügten. Private Betreiber oder andere Besitzer von Immobilien schieden wegen der nicht vorhandenen Daten aus. Vermutlich aufgrund Veränderungen in der Organisationsform bzw. Besitzerwechsel war hier ein Verlust an Datenmaterial zu verzeichnen. Die gesetzlichen Aufbewahrungspflichten (laut Abgabenordnung AO) von Buchhaltungsdaten taten in diesem Zusammenhang ihr übriges.

8.2 Eignung von unterschiedlichen Immobilien für die Untersuchung

Gebäude unterliegen den unterschiedlichsten Nutzungen und haben unterschiedlichste Bauformen und -arten. Nachfolgend werden nach dem *'Institut für Instandhaltung'* Gebäude in verschiedene Gebäudearten unterteilt²⁴⁵.

Tabelle 4: Gebäudeartenunterteilung²⁴⁶

Gebäudeart	Gebäude zum Wohnen	Einfamilienhaus
		Wohnblock
		Hochhaus
		Sonderbauten
	Gebäude für soziale Zwecke	Bauten für die Gesundheit
		Bauten des Bildungswesens
		Bauten für Sport
		Spiel und Freizeit
		Bauten der Begegnung
		Sakralbauten
	Gebäude der Produktion ²⁴⁷	Büro- und Verwaltungsbauten
		Industriebauten
		Gewerbebetriebe
		Geschäftshäuser
		landwirtschaftliche Betriebe
	Mischformen	

Hiernach sind Gebäude in drei verschiedene Hauptnutzungsarten unterteilt. Gebäude zum Wohnen, für soziale Zwecke und Gebäude der Produktion. Darüber hinaus können alle Arten auch als Mischformen vorkommen.

'Falk' differenziert diese verschiedenen Immobilienarten nochmals detaillierter²⁴⁸.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden für die Datenerhebung und anschließende Analyse Gebäude der Produktion²⁴⁹, genauer Büro- und Verwaltungsgebäude und Bauten für soziale Zwecke, genauer Bauten des Bildungswesens (Schulen) und des Sports gewählt.

²⁴⁵ Vgl. [SINU01]

²⁴⁶ Vgl. [SINU01] S. 73ff

²⁴⁷ Produktion im Sinne der Preis- und Markttheorie ist die Kombination von Produktionsfaktoren (Arbeitskraft, Rohstoffe, Energie, etc.) zur Herstellung von Gütern und Dienstleistungen. (Diese weitläufige Definition ermöglicht es z.B., dass auch Rathäuser oder Gerichtsgebäude in diese Kategorie eingeordnet werden können) vgl. [GABI00] S. 2493

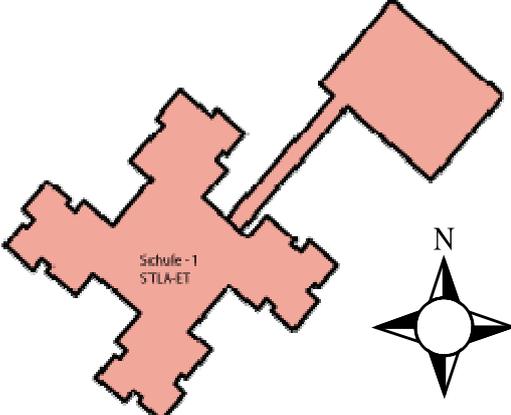
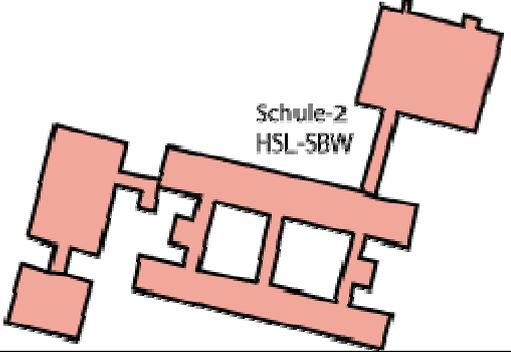
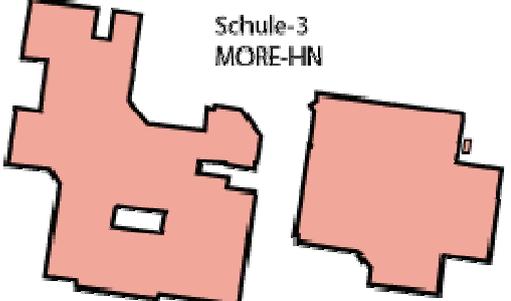
²⁴⁸ Vgl. [FaBe97]

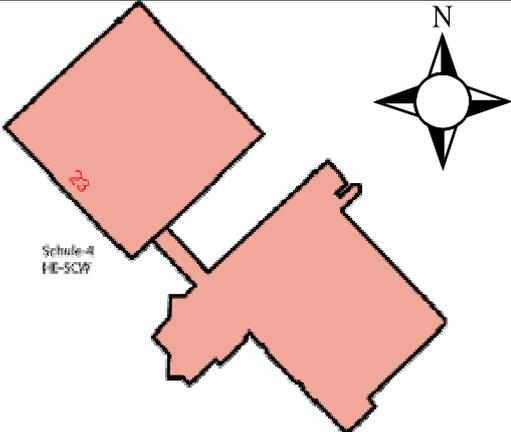
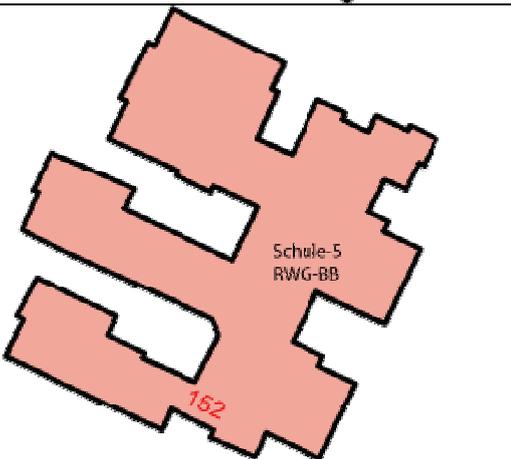
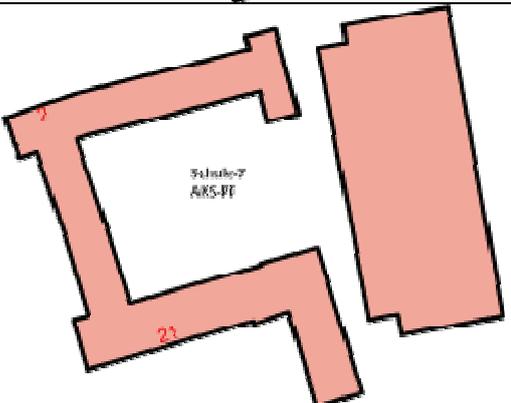
²⁴⁹ wobei das Produkt in diesem Zusammenhang eine Dienstleistung ist vgl. [GABI00] S. 2489

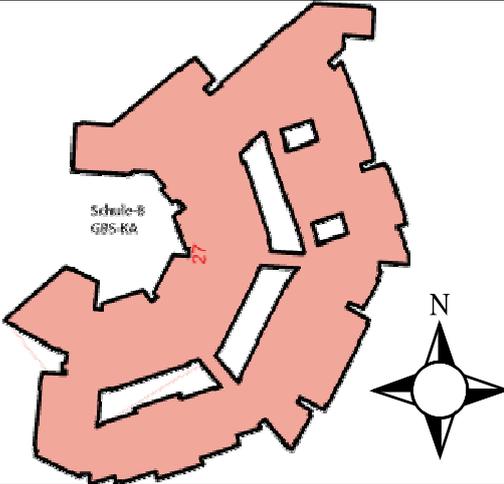
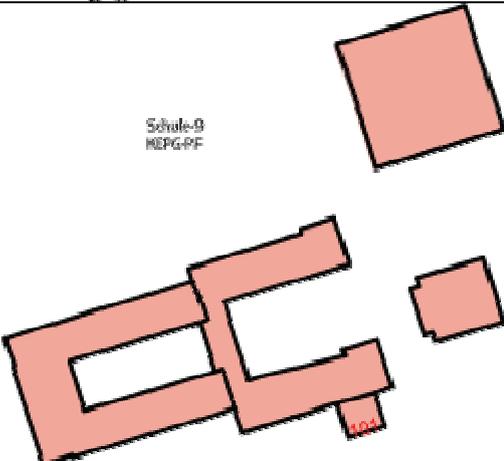
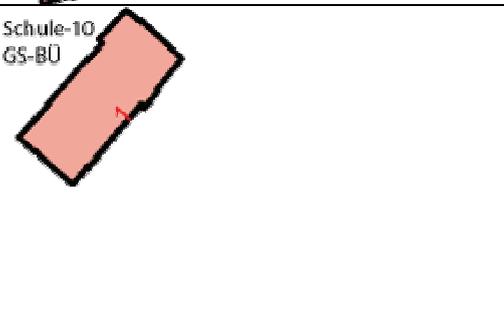
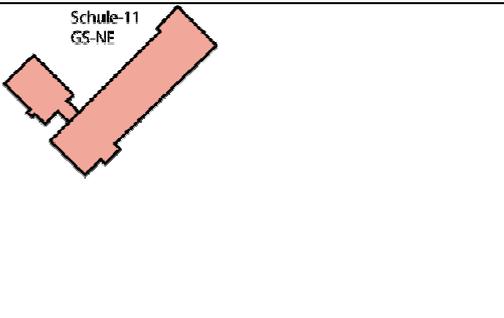
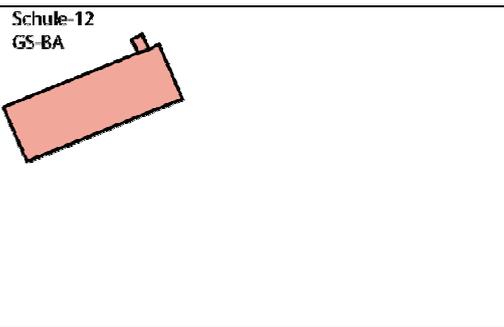
Nach aktuell gültigem Bauordnungsrecht handelt es sich bei Schulen und Verwaltungsgebäuden um Sonderbauten. Grundsätzlich unterliegen Sonderbauten hinsichtlich vorbeugendem Brandschutz und Stand- und Verkehrssicherheit besonderen Überwachungspflichten. Diese Überwachungspflichten obliegen der verantwortlichen Bauherrschaft oder werden nach pflichtgemäßem Ermessen in regelmäßigen Zeitabständen von der Bauaufsicht durchgeführt. Diese Inspektionen sind immer zwingender Teil des Bauunterhalts von Sonderbauten, werden aber bei den untersuchten Immobilien nicht explizit berücksichtigt.

Im Folgenden werden die untersuchten Immobilien dargestellt.

8.2.1 Untersuchte Immobilien - Schulgebäude

<p>Schule-1 STLA-ET</p>		
<p>Schule-2 HSL-SBW</p>		
<p>Schule-3 MORE-HN</p>		

<p>Schule-4 HE-SCW</p>		
<p>Schule-5 RWG-BB</p>		
<p>Schule-6 GS-BB</p>		
<p>Schule-7 AKS-PF</p>		

<p>Schule-8 GBS-KA</p>		
<p>Schule-9 KEPG-PF</p>		
<p>Schule-10 GS-Bü</p>		
<p>Schule-11 GS-NE</p>		
<p>Schule-12 GS-BA</p>		

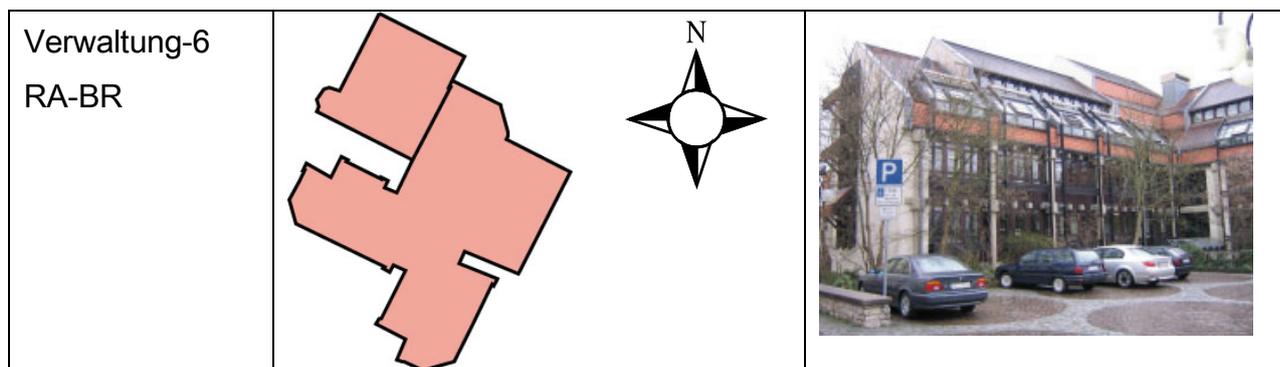


Tabelle 5: untersuchte Immobilien

Gebäude	Gebäude- bezeichnung	Nutzungsart	Nutzung	Grundfläche (BGF)	Baujahr	Herstellungskosten
Schule-1	STLA-ET	Schule	Gymnasium	16.595 qm	1967	31.956.260 €
Schule-2	HSL-SBW	Schule	Gymnasium	17.802 qm	1963	23.899.096 €
Schule-3	MORE-HN	Schule	Gymnasium	9.960 qm	1979	14.590.424 €
Schule-4	HE-SCW	Schule	Gymnasium	15.402 qm	1965	23.876.376 €
Schule-5	RWG-BB	Schule	Gymnasium	7.897 qm	1980	14.146.025 €
Schule-6	GS-BB	Schule	Gewerbeschule	14.523 qm	1980	23.406.351 €
Schule-7	AKS-PF	Schule	Gewerbeschule	22.835 qm	1950	17.571.970 €
Schule-8	GBS-KA	Schule	Gewerbeschule	11.950 qm	1984	17.258.746 €
Schule-9	KEPG-PF	Schule	Gymnasium	10.305 qm	1963	12.259.142 €
Schule-10	GS-BÜ	Schule	Grundschule	829 qm	1958	682.771 €
Schule-11	GS-NE	Schule	Grundschule	1.244 qm	1958	1.114.415 €
Schule-12	GS-BA	Schule	Grundschule	797 qm	1960	942.934 €
Verwaltung-1	AG-PF	Verwaltungsgebäude	Gerichtsgebäude	4.424 qm	1958	1.684.942 €
Verwaltung-2	LG-MA	Verwaltungsgebäude	Gerichtsgebäude	16.859 qm	1970	15.381.124 €
Verwaltung-3	LG-FR	Verwaltungsgebäude	Gerichtsgebäude	8.146 qm	1965	9.649.697 €
Verwaltung-4	LG-OF	Verwaltungsgebäude	Gerichtsgebäude	5.823 qm	1956	3.310.814 €
Verwaltung-5	AG-FDS	Verwaltungsgebäude	Gerichtsgebäude	1.913 qm	1952	1.137.547 €
Verwaltung-6	RA-BR	Verwaltungsgebäude	Rathaus	6.153 qm	1979	10.807.846 €

8.2.3 Daten zum Herstellungswert (HW)

Im Rahmen der Untersuchung war es notwendig anhand der jeweiligen Unterlagen die ursprünglichen Herstellungskosten zum Zeitpunkt der Erstellung der Immobilie zu ermitteln. Diese Daten zum Herstellungswert sollen im weiteren Verlauf der Arbeit vereinfacht als „HW“ bezeichnet werden.

Bei manchen Immobilien konnte auf Originalrechnungen zurückgegriffen werden. In den meisten Fällen waren die Kosten für die Herstellung in den Haushaltssatzungen / -

plänen der jeweiligen Kommune hinterlegt, im Fall von Immobilien des Landes sind die Daten in Bauausgabebüchern aus der Vergangenheit nach der jeweils gültigen DIN 276 nach Gewerken aufgeschlüsselt dargestellt.

Bei den Gebäuden der Kirche lagen die Originalrechnungen über Baugewerke aus der Bauphase vor.

8.2.3.1 DIN 276: Kosten von Hochbauten

Für die Ermittlung des Herstellungswertes aus den vorhandenen Unterlagen ist das Wissen um die DIN 276 „Kosten von Hochbauten“ notwendig. In der Wertermittlung finden dabei die „neue“ (Ausgabe 1993)²⁵⁰ und „alte“ (Ausgabe 1954) Fassung nebeneinander Verwendung.

DIN 276 in der Fassung von 1993

Tabelle 6: Kostengruppen nach DIN 276 (1993), 1. und 2. Ebene²⁵¹

Kostengliederung nach DIN 276, Ausgabe Juni 1993	
100 Grundstück	400 Bauwerk Technische Anlagen
110 Grundstückswert	410 Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen
120 Grundstücksnebenkosten	420 Wärmeversorgungsanlagen
130 Freimachen	430 Lufttechnische Anlagen
200 Herrichten und Erschließen	440 Starkstromanlagen
210 Herrichten	450 Fernmelde- und informationstechnische Anlagen
220 Öffentliche Erschließung	460 Förderanlagen
230 Nichtöffentliche Erschließung	470 Nutzungsspezifische Anlagen
240 Ausgleichsangaben	480 Gebäudeautomation
300 Bauwerk Baukonstruktionen	490 Sonstige Maßnahmen für Technische Anlagen
310 Baugrube	500 Außenanlagen
320 Gründung	510 Geländeflächen
330 Außenwände	520 Befestigte Flächen
340 Innenwände	530 Baukonstruktionen in Außenanlagen
350 Decken	540 Technische Anlagen in Außenanlagen
360 Dächer	550 Einbauten in Außenanlagen
370 Baukonstruktive Einbauten	590 Sonstige Maßnahmen für Außenanlagen
390 Sonstige Maßnahmen für Baukonstruktionen	

²⁵⁰ DIN 276 (1993) war zum Zeitpunkt der Datenerhebung noch die aktuell gültige. Gleichwohl gilt mittlerweile die DIN 276 (2006)

²⁵¹ Vgl. [KSW98]

Die DIN 276 beschreibt, wie in Tabelle 6 dargestellt, alle mit dem Grundstück und mit dem Gebäude verbundenen Kosten. Der Detaillierungsgrad der Aufgliederung ist für die klassischen Belange der Verkehrswertermittlung unpraktikabel²⁵².

Für die Untersuchung waren jeweils die Kostengruppen 200 (Herrichten und Erschließen), 300 (Bauwerk Baukonstruktionen) und 400 (Bauwerk Technische Anlagen) maßgeblich. Die Kosten der Außenanlagen und die Grundstückskosten sollten nicht in die Ermittlung einfließen, da die Untersuchung lediglich das reine Bauwerk samt seiner technischen Ausstattung erfassen sollte, nicht den Baugrund und die Außenflächen. Es sollte so eine regional übergreifende Vergleichbarkeit der Objekte geschaffen werden, unabhängig von Lage und Ort, die eventuell die Bewertung im Rahmen einer Wertermittlung beeinflussen würden.

Für die Ermittlung der Herstellungskosten aus alten Unterlagen ist sie genauso wie die DIN 276 „alter“ Fassung von Relevanz.

DIN 276 in der Fassung von 1954

Die Kostengliederung nach der alten Ausgabe der DIN 276 (1954) findet meist im Zusammenhang mit der Berechnung nach umbautem Raum für die klassische Verkehrswertermittlung noch ihre Anwendung (siehe auch Tabelle 7).

Tabelle 7: Kostengliederung der DIN 276 (1954), 1. und 2. Ebene²⁵³

Kostengliederung nach DIN 276, Ausgabe März 1954	
1.	Kosten des Baugrundstückes
1.1	Wert des Baugrundstückes
1.2	Erwerbskosten
1.3	Erschließungskosten
2.	Baukosten
2.1	Kosten der Gebäude (reine Baukosten)
2.2	Kosten der Außenanlagen
2.3	Baunebenkosten
2.4	Kosten der besonderen Betriebseinrichtung
2.5	Kosten des Gerätes und sonstiger Wirtschaftsausstattungen

²⁵² Vgl. [KSW98]

²⁵³ in Anlehnung an [Grau82]

Für die Ermittlung der Herstellungskosten im Rahmen des Projekts ist diese Fassung sowie spätere, die sich im Übrigen bis zur aktuellen Fassung von 1993 (Erhebungszeitpunkt) nicht wesentlich unterscheiden²⁵⁴, wichtig, da wie oben schon erwähnt viele Kosten in den Unterlagen nach diesem Kostenschlüssel aufgebaut sind. Die Herstellungszeitpunkte der untersuchten Immobilien fielen größtenteils in die Gültigkeitsdauer dieser Fassung der DIN 276.

Für die Analyse waren hierbei die Summe aller Kosten, ausgenommen der Ziffern 1.1. (Wert des Baugrundstückes) und 1.2 (Erwerbskosten), maßgeblich.

8.2.3.2 Friedensneubaupreis

In der öffentlichen Hand wird der Wert einer Immobilie oft in Form des Friedensneubauwertes angegeben. Da dieser teilweise zur Verifizierung der vorhandenen Unterlagen bezüglich der Herstellungskosten herangezogen wurde soll er an dieser Stelle erläutert werden.

Trotz der zahlreich vorhandenen Literatur auf dem Gebiet der Wertermittlung ist es schwierig eine exakte bzw. allgemeingültige Definition des Friedensneubauwertes zu finden.

Im Zusammenhang mit der Bezeichnung „Friedensneubauwert“ werden im Wesentlichen zwei Jahresangaben bezüglich seiner Wertbasis verwendet. So wird der Friedensneubauwert zum Teil als Schätzungswert nach Durchschnittspreisen von 1914²⁵⁵ angegeben, während in *Brückner* ein gemeinsames Preisniveau von 1913 und 1914 erwähnt wird²⁵⁶. Dagegen ist die Preisbasis der Dienstanweisung der staatlichen Hochbauverwaltung des Landes Hessen ausdrücklich das Jahr 1913²⁵⁷. In dieser Anweisung findet man auch eine detaillierte Beschreibung und Definition des Friedensneubauwertes, auf welche im Folgenden näher eingegangen wird. Diese Definition beruht vorwiegend auf der Festlegung der Kosten, die diesen Wert bilden.

Die *DABau (Hessen)* definiert den 1913 Friedensneubauwert folgendermaßen:

²⁵⁴ Vgl. [WiFr97] S. 9ff

²⁵⁵ Vgl. Gesetz zur Erhaltung und Pflege von Wohnraum Hamburg: Erlass vom 8. März 1982 (Hamb. GVBl. S.47) in [www2]

²⁵⁶ Vgl. [JuBr77]

²⁵⁷ Vgl. [DABa96]

„Der Friedensneubauwert 1913 entspricht den Baukosten, die für den Neubau der Gebäude und baulichen Anlagen hätten aufgewendet werden müssen, wenn sie im Jahre 1913 errichtet worden wären“²⁵⁸

In Anlehnung an die DIN 276 verweist die DABau (Hessen) auf nachstehende Kostengruppen für die Ermittlung des Friedensneubauwertes. Die Ausnahmen der jeweiligen Kostengruppe können Tabelle 8 entnommen werden.

Tabelle 8: Kosten des Friedensneubauwertes²⁵⁹

Zu berücksichtigende Kosten bei der Ermittlung des Friedensneubauwertes		
KG	Bezeichnung	Ausnahmen
300	Bauwerk - Baukonstruktion	394 Abbruchmaßnahmen 395 Instandsetzungen 396 Recycling, Zwischendeponierung und Entsorgung 397 Schlechtwetterbau 398 Zusätzliche Maßnahmen
400	Bauwerk – Technische Anlagen	494 Abbruchmaßnahmen 495 Instandsetzungen 496 Recycling, Zwischendeponierung und Entsorgung 497 Schlechtwetterbau 498 Zusätzliche Maßnahmen 499 Sonstige Maßnahmen für technische Anlagen, sonstiges
500	Außenanlagen	513 Sicherungsbauweisen 514 Pflanzen 515 Rasen 516 Begrünung un bebauter Flächen 594 Abbruchmaßnahmen 595 Instandsetzungen 596 Recycling, Zwischendeponierung und Entsorgung 597 Schlechtwetterbau 598 Zusätzliche Maßnahmen 599 Sonstige Maßnahmen für technische Anlagen, sonstiges
600	Ausstattung und Kunstwerke	611 Allgemeine Ausstattung 612 Besondere Ausstattung
700	Baunebenkosten	keine

Die Kosten des Grundstücks, inklusive die seiner Erschließung (KG 100 und KG200), bleiben dabei unbeachtet. Ferner bleibt der aus Abschreibung, aufgestauter Reparaturbedarf, Baumängeln sowie Bauschäden resultierende Wertverlust ebenfalls unberücksichtigt. Damit stellt der Friedensneubauwert einen zeitunabhängigen und fixen Wert dar. Eine Betrachtung und Beurteilung des aktuellen Gebäudezustandes ist für seine Berechnung somit irrelevant. Allerdings muss der Friedensneubauwert dann

²⁵⁸ Vgl. [DABa96] Abschnitt K 106, S.3

²⁵⁹ Eigene Darstellung in Anlehnung an [DABa96] Abschnitt K 106, S.3

neu bestimmt werden, wenn durch Baumaßnahmen hervorgerufene Wertänderungen von mehr als 12.785,- €²⁶⁰ vorliegen bzw. wenn das Gebäude/ Bauwerk wesentlich verändert wird. Das kann bei Modernisierung- und Instandsetzungsmaßnahmen sowie bei An- und Umbauten der Fall sein.

Berechnung des Friedensneubauwertes:

Sofern der Gestehungswert des Gebäudes, also die Summe der tatsächlich aufgewendeten Herstellungskosten, bekannt ist, kann der Friedensneubaupreis relativ einfach errechnet werden. Hierfür wird die vom statistischen Bundesamt ermittelte und herausgegebene Baupreisindexreihe²⁶¹, bezogen auf das Jahr 1913, benötigt. Die Umrechnung kann dann über folgende Formel (Gl. 5) erfolgen.

$$FNW = \frac{G}{i_{BJ}} \quad (Gl. 5)$$

FNW Friedensneubauwert [MK]

G Gestehungswert [MK], [RM], [DM] oder [€]

i_{BJ} Baupreisindex des Baujahres bezogen auf 1913 [1/MK], [RM/MK], [DM/MK] oder [€/MK]

Vorraussetzung für die Anwendbarkeit dieser Umrechnung ist nach der WertV, §22, Absatz 5, dass von den tatsächlich entstandenen Herstellungskosten (entspricht dem Gestehungswert) ausgegangen werden kann. Die tatsächlich entstandenen Herstellungskosten sind bezüglich ihrer Angemessenheit zu überprüfen. Existiert der Gestehungswert nicht, so wird der Friedensneubauwert über einen Schätzwert ermittelt.

8.2.4 Ermittlung von Lebenszyklusdaten (WEM)

Für die Untersuchung notwendig waren Daten über verändernde und erhaltende Maßnahmen (WEM) vom Herstellungszeitpunkt bis zum Referenzzeitpunkt 2004.

Die verschiedenen Datenquellen zur Ermittlung der Lebenszyklusdaten werden im Folgenden erläutert.

²⁶⁰ In der DABau Hessen [DABa96] mit 25000,- DM angegeben

²⁶¹ aktuelle Baupreisindices auch unter www.destatis.de und für Baden-Württemberg unter www.statistik.baden-wuerttemberg.de

8.2.4.1 Baurechtsakte

Baurechtsakten müssen mindestens bis zum Abriss des Gebäudes in der Verwaltungsregistratur der jeweiligen Kommunen aufbewahrt werden. Sie zählen zu den meistgenutzten Beständen des Stadtarchivs. Diese Unterlagen werden für den normalen Dienstbetrieb weiterhin benötigt. Im Fall von Umbauten an bestehenden Gebäuden, werden diese neuen Baumaßnahmen zu den bestehenden Akten hinzugefügt.

Folgende Informationen über das Gebäude werden gesammelt:

- Baugenehmigung
- Baubeschreibung
- eventuell eine Beschreibung der Ausstattung
- genehmigte Bauzeichnungen und Schnitte
- Berechnungen der Fläche und der Kubatur

8.2.4.2 Haushaltspläne ²⁶²

Der kommunale Haushaltsplan besteht im Wesentlichen aus dem Gesamtplan und den nach Aufgaben gegliederten 10 Einzelplänen– getrennt nach Verwaltungs- und Vermögenshaushalt.

Mit dem Gesamtplan soll ein Überblick über wichtige Daten der kommunalen Finanzwirtschaft vermittelt werden. Dabei ist diese Zusammenfassung der Einnahmen, Ausgaben und Verpflichtungsermächtigungen eine Präsentation der in den Einzelplänen, d.h. der wichtigsten Aufgabenfeldern, anfallenden Finanzvorgänge.

Die Struktur der Einzelpläne ist stets gleich und bildet das Ordnungsprinzip für den Haushaltsplan. Schulen werden grundsätzlich im Einzelplan 2 geführt.

Im Vermögenshaushalt der Einzelpläne werden alle „vermögenswirksamen“ Einnahmen und Ausgaben dargestellt. Alle übrigen „vermögensunwirksamen“ Zahlungsströme, d.h. laufende Geschäfte, werden im Verwaltungshaushalt der Einzelpläne ausgewiesen. Der Einnahmenüberschuss des Verwaltungshaushalts wird dem Vermögenshaushalt zugeführt und dort für Rücklagen oder zur Finanzierung von Investitionen verwendet²⁶³. In diesem Zusammenhang ist die Bauunterhaltung ein haushaltrechtlicher Begriff des Verwaltungshaushalts. Sie beinhaltet alle konsumtiven vermögensunwirksamen

²⁶² Sofern die Immobilien in den Haushaltssatzungen eine eigene Buchungsziffer besitzen können dort unter den Rubriken Verwaltungshaushalt, Vermögenshaushalt und Personal jeweils (z.T. unter detaillierter Aufschlüsselung unterschiedlicher Maßnahmen) Kosten für den jährlichen Unterhalt entnommen werden.

²⁶³ Vgl. [BdF96] Seite 115ff

Maßnahmen an Liegenschaften, also alle erhaltenden Maßnahmen. Alle investiven Maßnahmen an Liegenschaften, also verändernden Maßnahmen, werden hingegen als Investitionen im Vermögenshaushalt geführt.

Die typische Betrachtungseinheit innerhalb der Einzelpläne ist der Unterabschnitt, jedoch gibt es keine einheitliche Regelung über den Aufbau der Unterabschnitte. Je nach Kommune sind zum Beispiel die Schulen einer Gemeinde in einen Unterabschnitt zusammengefasst, so dass diese Immobilien für die vorliegende Untersuchung unbrauchbar waren. Die Genauigkeit der einzelnen Unterabschnitte variiert je nach Jahrgang, d.h. je älter die Haushaltspläne, desto genauer die Aufschlüsselung z.B. der Unterabschnitte „Bauunterhaltung“ bzw. „gebäudebezogene Leistungen“.

Haushaltspläne müssen archiviert werden, sodass sie in der Regel über den gesamten Lebenszyklus der untersuchten Immobilien zur Verfügung standen.

8.2.4.3 Einzelrechnungen²⁶⁴

Einzelrechnungen des Verwaltungshaushaltes müssen nur zehn Jahre aufbewahrt werden. Daher ist es möglich, dass von früheren Jahren keine Einzelrechnungen der Gebäude vorliegen, da viele Kommunen Probleme bezüglich der Kapazität ihrer Archive haben und diese Rechnungen vernichtet worden sind.

Einzelrechnungen, die den Vermögenshaushalt betreffen, müssen, genau wie die Haushaltspläne, archiviert werden. Teilweise sind diese Einzelrechnungen als Originale abgeheftet aufbewahrt, teils als Mikroverfilmung (so genannte Microfishes).

8.2.4.4 Feuerversicherungsakte

Bis zum Jahr 1994 hatten die Länderkammern der Feuerversicherung in Baden-Württemberg eine Monopolstellung. Jedes Gebäude musste dort versichert werden. Seit der Liberalisierung des Versicherungsmarktes ist es möglich, einen anderen Versicherer zu wählen.

Folgende Daten waren aus den alten Akten, sofern sie archiviert wurden, verwendbar²⁶⁵:

- Baujahr
- Angaben zur Nutzung
- Ungefährtes Volumen

²⁶⁴ Rechnungen in Bezug auf Bauunterhaltskosten der Immobilie

²⁶⁵ Vgl. [ScBa01] Seite 16f

- Kenntnisse über Ausstattungsstandards
- Heizsysteme
- Bauweise (Hauptkonstruktionsmaterial und Dachdeckung)
- Wiederbeschaffungswert
- Informationen über Veränderungen von Gebäuden, soweit sie versicherungsrelevant und gemeldet sind, nach
 - Maßnahme
 - Volumen
 - Veränderungsgrund

8.2.4.5 Aufzeichnungen aus Buchhaltungssystemen

Vielfach liegen Daten über Ausgaben für Unterhaltsmaßnahmen von Immobilien in diversen automatisierten (EDV) Buchhaltungssystemen. Waren es früher noch ältere verschiedene Systeme, so ist der heutige Standard seit ungefähr 4-5 Jahren das System SAP. D.h. Daten der letzten Jahre können auch immer parallel zu den Originalrechnungen aus automatisierten EDV-Systemen erhoben werden. Dies ergibt für zukünftige Untersuchungen deutliche Verbesserungspotentiale, die über Schnittstellen für Auswertungen schnell verwendet werden können.

8.2.4.6 Sonstige Datenquellen

Unterlagen der Hochbauämter zu den Immobilien:

Zu jeder Immobilie werden in der Regel die laufenden Unterhaltsdaten einzeln vorgehalten. D.h. Daten, die in den Haushaltsplänen oder Originalrechnungen ermittelt wurden, können im Detail nochmals auf verschiedene Fragestellungen hinsichtlich der einzelnen Maßnahmen hin untersucht werden.

8.2.5 Messung der Effizienz von WEM²⁶⁶-Maßnahmen während des Lebenszyklus der Immobilie

Für die Betrachtung eines Teils der Lebenszykluskosten (LCC), konkret der Kosten für erhaltende und verändernde Maßnahmen (WEM), welche während der Lebensdauer auftreten, ist es notwendig diese Maßnahmen qualitativ einzuordnen. Da es aus dem gegenwärtigen Betrachtungswinkel nahezu nicht möglich ist Maßnahmen aus der Vergangenheit heute in ihrer Qualität zu beurteilen, musste diesbezüglich ein anderer Weg eingeschlagen und gefunden werden.

²⁶⁶ WEM: werterhaltende und wertsteigernde Maßnahmen

Zum einen wurde untersucht, ob anhand einer üblichen Wertermittlung nach der Wertermittlungsverordnung WertV (*Kleiber*) durch den Vergleich mit dem Herstellungswert die Effektivität ermittelt werden könnte (siehe Kapitel 8.2.5.1)²⁶⁷.

Zum anderen wurden alternative Methoden untersucht, die jeweils den Zustand der Immobilie zum heutigen Zeitpunkt darzustellen vermögen (siehe Kapitel 8.2.5.2).

Nachfolgend soll erörtert werden, welches Verfahren sich für die Darstellung des aktuellen Substanzwertes oder des Instandhaltungsrückstaus (IHR) eignet.

8.2.5.1 Wertermittlung

Die Wertermittlung von Gebäuden und Grundstücken ist durch eine Vielzahl an Normen und Gesetzen geregelt. Zudem existiert ein breites Schrifttum. Folglich gibt es, zumindest dort wo es die Gesetzgebung zulässt, große Interpretations- und Anwendungsspielräume. Im Rahmen dieser Arbeit kann aufgrund dessen nicht ausführlich auf jede Vorschrift und auf jede Autorenmeinung im Einzelnen eingegangen werden. Es werden nur die, in Bezug auf die gestellten Aufgaben, wichtigsten Normen erwähnt.

8.2.5.1.1 Die Wertermittlungsverordnung

Die Wertermittlungsverordnung (WertV) bildet mit dem Baugesetzbuch (BauGB) die Grundlage der Ermittlung von Verkehrswerten und bei der Ableitung der dafür erforderlichen Daten. Sie wurde von der Bundesregierung erlassen und ist verbindliches Recht für die Tätigkeit der Gutachterausschüsse. Ergänzt wird sie durch die Wertermittlungsrichtlinie (WertR), die auf die Paragraphen der WertV näher eingeht bzw. zusätzliche Hinweise bei der Ermittlung von Verkehrswerten für bebaute und unbebaute Grundstücke beinhaltet. In den WertR finden sich beispielsweise auch die Preistabellen der Normalherstellungskosten, die für die Ermittlung des Friedensneubauwertes und des Versicherungswertes herangezogen werden können. Generell zielt die Wertermittlungsverordnung auf die Ermittlung des Verkehrswertes ab. Dafür stehen dem Sachverständigen bzw. Gutachter drei Wertermittlungsverfahren zur Auswahl [Keun94]:

- Vergleichswertverfahren; wird häufig von Gutachterausschüssen bei der Bewertung von mehreren, miteinander vergleichbaren Grundstücken bzw. Immobilien angewendet.

²⁶⁷ Vgl. [KSW02]

- Ertragswertverfahren; wird vorwiegend bei Objekten herangezogen, die eine wirtschaftliche Nutzung aufweisen, also Miet- oder Pachterträge erwirtschaften.
- Sachwertverfahren; meist bei Immobilien, die der Eigennutzung unterliegen.

Letztere der drei genannten Vorgehensweisen zur Ermittlung des Verkehrswertes wäre wohl aufgrund der stärkeren Orientierung am sachlichen Wert und nicht am Ertragswert die Methode der Wahl für eine Bewertung des aktuellen Zustands oder Wertes einer Immobilie.

Die Verfahren zielen auf die Ermittlung des Verkehrswertes einer Immobilie oder Liegenschaft ab. Das bedeutet, dass der Bodenwert und immobilienmarktspezifische Faktoren bei der Ermittlung des Verkehrswertes eine entscheidende Rolle spielen²⁶⁸.

Bei der vorliegenden Untersuchung ist jedoch eine Beurteilung der lebenslang an der Immobilie durchgeführten Unterhaltsmaßnahmen durch eine Bewertung des heutigen Zustands der Immobilie angestrebt. D.h. es muss der heutige Zustand ermittelt werden können. Bei Anwendung des Sachwertverfahrens ist zwar eine Ermittlung des Instandhaltungsrückstaus bzw. die Ermittlung baulicher Mängel Bestandteil des Verfahrens, jedoch ist Ausgangspunkt für die Anwendung der ursprüngliche Herstellungswert der baulichen Anlage oder Immobilie.

Es musste also ein anderes Verfahren zur Ermittlung des heutigen Zustandes einer baulichen Anlage gefunden werden.

Im Folgenden werden verschiedene Verfahren und Methoden zur Zustandsbewertung bezüglich der Verwendbarkeit auf die vorliegende Untersuchung beurteilt.

8.2.5.2 Bekannte Verfahren zur Zustandsbeurteilung von Gebäuden und Bauteilen

Schon seit vielen Jahren ist bei Wohnungsbaugesellschaften und Eigentümergemeinschaften von Wohnimmobilien ein Bedarf an gezielten Investitionsvorhersagen vorhanden. Alle folgenden dargestellten Verfahren haben ein gemeinsames Ziel, die Ermittlung des aktuellen Instandhaltungsrückstaus. Um den Zustand einer Immobilie zu ermitteln, muss nach einer sinnvollen Methodik vorgegangen werden. Ziel dieser Methodik sollte es nach 'Krug'²⁶⁹ sein, einen möglichst

²⁶⁸ Vergleicht man die in der Literatur beschriebenen Vorgehensweisen für das Sachwertverfahren, so wird man feststellen, dass die Meinungen und Definitionen bezüglich der Begriffe Sachwert und Verkehrswert zum Teil differieren. [KSW98] bezeichnet das Ergebnis des Sachwertverfahrens als Verkehrswert (s.o.). Gottschalk definiert sein Resultat, das im Grunde die gleichen Rechenschritte beinhaltet, als Sachwert (siehe [Gott00]).

²⁶⁹ Vgl. [Krug85], Seite 45

hohen Informationsgewinn mit möglichst geringem Aufwand zu erreichen. Die Prüfung des Funktions- und Gebrauchszustandes der Gebäudeelemente ist in folgender Abbildung nach verschiedenen Untersuchungsmethoden unterteilt dargestellt.

Untersuchungsmethoden der Inspektion	Meßgeräte, Hilfsmittel	Zu beurteilende Abnutzungserscheinungen oder Eigenschaften	Anwendungsgebiet	
Inaugenscheinnahme	Lampe, Lupe, Mikroskop	Risse, Ausblühungen, Verfärbungen, Abplatzungen, Korrosion, Schädlinge	Oberflächen von Elementen jeder Art	Zerstörungsfreie Untersuchungsmethoden
Befühlen	-	Oberflächenstruktur, Oberflächenfestigkeit, Feuchtigkeit, Kältebrücken	Oberflächen von Elementen jeder Art	
Abklopfen	Prüf- und Pendelhammer	Oberflächenhärte, Festigkeit, Hohlräume im Elementinneren	Elemente aus Massivbaustoffen, Holzbaustoffe	
Abhören	Stetoskop	Fliesgeräusche, tierische Holzschädlinge	Elemente aus schallleitenden Baustoffen	
Messungen	Hygrometer	Luftfeuchtigkeit	Elemente jeder Art	
	Dehnungsmessstreifen	Längenänderung, Setzungen	Elemente jeder Art	
	Infrarotmessgerät	Wärmedurchgang, Kältebrücken	Elemente jeder Art	
	Ultraschall	Risse, Fehlstellen	Elemente aus Metall und Massivbaustoffen	
	Thermograf, Gasmesser	Temperatur und CO-Gehalt	Abgas- und Heizungsmessung	
	elektrische Widerstandsmessung	Materialfeuchte	Näherungswerte fürm Baustoffe Holz und Mauerwerk	
Wassertest	-	Feuchteschutz von Anstrichen	Elemente aus Holz	Zerstörende Untersuchungsmethoden
Probeentnahme	Bohrwerkzeuge, Hammer und Meißel	chemische Veränderung, Festigkeit, Feuchtegehalt	Elemente jeder Art	
	Phenol-Phtalein-Probe	Karbonatisierungstiefe von Beton	Betonelemente mit Stahleinlagen	
Abriß- und Rißprobe	Klebeband, Taschenmesser, Nagel	Oberflächenfestigkeit von Putz und Anstrichen	geputzte und gestrichene Oberflächen von Bauteilen jeder Art	

Abbildung 37: Untersuchungsmethoden, deren Messgeräte und Hilfsmittel sowie deren Zuordnung zu Anwendungsgebieten bei der Inspektion von Gebäudeelementen ²⁷⁰.

Die bekannten Verfahren zur Zustandsermittlung, die sich teilweise solcher oben zusammengestellter Untersuchungsmethoden bedienen, sind nachfolgend aufgeführt:

- MER – **m**éthode d'**é**valuation **r**apide [MeVi84]
- Methodik für die Inspektion von Wohngebäuden nach Krug [Krug85]
- Impulsprogramm Bau-Grobd Diagnose [IPBau95]
- DUEGA – **D**iagnosemethode für die **U**nterhaltungs- und **E**rneuerungsplanung verschiedener **G**ebäudearten [DUEG97]
- STRATUS Gebäude [STRA02]
- Investimmo (Forschungsprogramm der EU)

²⁷⁰ Vgl. [Krug85], Seite 45

- epiqr – energy performance – indoor environmental quality – retrofit / refurbishment [EPIQxx] (in Ergänzung epiqr+, als Erweiterung der Methode)

Sie wurden auf die Anwendbarkeit im Rahmen der vorliegenden Untersuchung überprüft.

Tabelle 9 zeigt die Eignungsmatrix für die Überprüfung. Das Verfahren epiqr+ wurde als geeignet ausgewählt und eine Schulung auf dem System durchgeführt.

Tabelle 9: Eignungsmatrix Verfahren zur Zustandsbeurteilung von Gebäuden

Untersuchungsmethode		Bemerkungen	Eignung
MER	méthode d'évaluation rapide	ein auf Wohngebäude beschränktes Verfahren zur schnellen Zustandsermittlung, Mutter vieler Methoden	0
Methodik nach Krug	Methodik für die Inspektion von Wohngebäuden	auf Wohngebäude beschränkt	-
IP Bau	Impulsprogramm Bau Grobdiagnose	Wohngebäude und	
DUEGA	Diagnosemethode für Unterhalt und Erneuerung verschiedener Gebäudearten	Verfahren mit Beschreibung unter Verwendung von Schweizer Ausführungsstandards, Kostenberechnungen.	+
Stratus	Gebäude- und Infrastrukturmanagement Software von Basler&Hoffmann	auf 13 Gebäudeelemente beschränkt	+
Investimmo	Forschungsprojekt der Europäischen Union	Forschungsprojekt ohne direkt anwendbares Verfahren	0
Epiqr	Energy Performance Indoor Environment Quality Retrofit	Weiterentwicklung des Forschungsprojektes INVESTIMMO. Geeignetes Verfahren jedoch auf Wohngebäude beschränkt	+
epiqr+	Energy Performance Indoor Environment Quality Retrofit +	Weiterentwicklung von EPIQR zu EPIQR+. Damit sind auch Schul- und Verwaltungsgebäude enthalten	++

Die evaluierten Verfahren sollen in diesem Zusammenhang nicht detailliert beschrieben werden, zusammenfassend ist jedoch zu erwähnen, dass einige Methoden (Methode MER, IP Bau Grobdiagnose, Epiqr, Krug) zwar generell geeignet für die Bewertung der Gebäudesubstanz wären, jedoch ausschließlich für die Anwendung auf Wohngebäude entwickelt wurden und daher nicht ohne erheblichen Aufwand auf weitere Immobilientypen übertragbar sind und folglich für die vorliegende Untersuchung nicht geeignet waren. Die Beschränkung auf eine Gebäudeart wurde zwar bei der Diagnosemethode „DUEGA“ aufgehoben, jedoch handelt es sich hierbei um ein Verfahren, das in der Schweiz entwickelt wurde. Aus diesem Grund erfolgen sowohl die Beschreibungen von Ausführungsstandards als auch die bautechnischen Abnutzungen sowie die Kostenberechnungen auf Basis von schweizerischen Standards und Normen.

Baukostenschätzungen würden bei einer Anwendung im Forschungsprojekt erschwert werden. Das Verfahren von STRATUS Gebäude ermöglicht zwar die Bewertung des Gebäudezustandes, jedoch beschränkt sich die Bewertung auf nur 13 Gebäudeelemente, welches nach eingehender Prüfung im Rahmen des Forschungsprojekts nicht ausreichend ist. Die Methode epiqr+ baut auf das Europäische Forschungsprojekt INVESTIMMO und die erste einfachere Version von epiqr auf. Letztere ist eine Computeranwendung auf MS Access-Basis zur Ermittlung des baulichen Zustands von Wohngebäuden und der Kosten für die Instandsetzung. Es handelt sich hierbei um ein Verfahren, welches von der Europäischen Union gefördert und unter Zusammenarbeit von sieben europäischen Forschungseinrichtungen entwickelt wurde. Nach einer fünfjährigen Entwicklungsdauer kam epiqr im April 2000 auf den Markt und wird seither für Wohngebäude angewandt. Die Methodik, welche anhand von 50 Bauteilen und der so genannten Eingriffstiefe den Zustand der Immobilie bewertet hat sich im Bereich der Wohnimmobilien bewehrt und wurde aus diesem Grund im Rahmen des Programms „epiqr+“ für die Anwendung im Rahmen der Bewertung von öffentlichen Verwaltungsgebäuden und Schulen angepasst und verbessert. Eine eingehende Prüfung von epiqr+ hat ergeben, dass sich die Methode für die bauliche Zustandserfassung von Immobilien sowie deren Bauteile im Rahmen der vorliegenden Untersuchung hervorragend eignete. Neben dem Zustand der einzelnen Bauteile (a = guter Zustand, b = leichte Abnutzung, c = erhebliche Abnutzung, d = Ende der Lebensdauer erreicht) ermöglicht epiqr+ die Ermittlung des Instandhaltungsrückstaus der einzelnen Bauteile.

8.2.6 Durchführung der Bewertung der Gebäudesubstanz mit epiqr+ - Ermittlung des Instandhaltungsrückstaus (IHR)

Zur Bewertung der Gebäudesubstanz nach Bauteilen waren für die zu untersuchenden Immobilien nachfolgend die aufgeführten Arbeitsschritte erforderlich:

1. Vor-Ort-Begehung
2. Ermittlung der geometrischen Größen
3. Auswertung der Begehungsergebnisse

Diese Schritte werden nachfolgend genauer erläutert:

Zu 1.) Vor-Ort-Begehung:

Die Vor-Ort-Begehung wurde mit Hilfe eines Erfassungsbogens (Siehe Anhang) durchgeführt. Der Erfassungsbogen führt die relevanten 100 Bauteile in unterschiedlichen Ausführungsvarianten auf und ermöglicht eine Zuordnung in die

Zustandsklassen a (guter Zustand) bis d (Ende Lebensdauer). Aufgrund der Gefahr einer subjektiven Einschätzung der Bauteilzustände wurde die Begehung an sich, stets vom gleichen Projektteam durchgeführt. Auf diese Weise ist gewährleistet, dass alle Immobilien des BEWIS Projektes unter denselben Gesichtspunkten bewertet bzw. eingestuft wurden. Somit ist ein direkter Vergleich der ermittelten Instandhaltungsrückstände der unterschiedlichen Immobilien möglich.

Zu 2.) Ermittlung der geometrischen Größen

Mit Hilfe der Baupläne der Immobilienbesitzer wurden die für die Auswertungen erforderlichen geometrischen Größen der Immobilien ermittelt. Dies waren im Einzelnen:

- die Gebäudegrundfläche
- die Bruttogrundfläche
- die Hauptnutzfläche
- die Verkehrsfläche
- die Sanitärfläche
- die Verwaltungsfläche
- die be- und entlüftete Fläche
- die Anzahl Stockwerke
- die Anzahl Treppenhäuser
- die Traufhöhe
- die Fassadenfläche (nach Orientierung)
- die Fensterfläche (nach Orientierung)
- die Anzahl Klassenzimmer, Werkräume, Naturwissenschaftliche Räume,.....

Zu 3.) Auswertung der Begehungsergebnisse

Im dritten und letzten Schritt werden die Vor-Ort-Ergebnisse sowie die geometrischen Daten in das Programm eingepflegt. Hierauf aufbauend können mit Hilfe von epiqr+ verschiedene Szenarien durchgeführt und vor allem der Instandhaltungsrückstau bauteilweise berechnet werden. Das Ergebnis für die jeweiligen Immobilien wird in Form eines „Gebäudereports“ dargestellt.

8.3 Variablen und untersuchte Einflussgrößen

8.3.1 Variablen bezüglich der untersuchten Maßnahmen

Nachfolgend sind die Maßnahmen, wie Sie in der Datenerhebung und in der Datenbank abgebildet werden, zusammengestellt und erläutert. Es wird eine einheitliche Definition für jeden Begriff angewendet, die jeweils im Laufe des Projekts bindend für alle Personen, die im Rahmen der Arbeit Daten erhoben haben.

Das ist insoweit wichtig, als dadurch Maßnahmen unterschieden werden können, die unterschiedlichen Einfluss auf die Erhaltung und Gebrauchswertsteigerung haben.

In Tabelle 10 sind alle erfassten Maßnahmenkategorien und alle Auslöserkategorien aufgeführt. D.h. jede erfasste Maßnahme wurde einer Maßnahmenkategorie zugeordnet und mit dem zugehörigen Kürzel versehen. Anschließend wurde bei der Erfassung der jeweiligen Maßnahme ein Auslöser zugeordnet und mit dem entsprechenden Kürzel versehen.

Nach Vordefinition der Maßnahmen und Auslöser gemäß Kapitel 2 wurden vor allem die Auslöser mit fortschreitender Datenerfassung an die Bedürfnisse unter Berücksichtigung der bereits eingegebenen Maßnahmen-Auslöser Kombinationen angepasst. Die Auswahl der Begriffe für die jeweiligen Maßnahmen und Auslöser orientierte sich an der vorgefundenen Realität. D.h. nach Vordefinition der Maßnahmen und Auslöser welche sich an den jeweils gültigen GEFMA Richtlinien orientierten wurde die Liste (hauptsächlich die Auslöser) mit Fortschreiten der Datenerfassung an die Bedürfnisse unter Berücksichtigung bereits eingegebener Maßnahmen-Auslöser-Kombinationen angepasst.

Tabelle 10: Maßnahmen und Auslöser-Kürzel

Kürzel	Maßnahmen	Kürzel	Auslöser
IH	Instandhaltung	A	behördliche Auflagen
IS	Instandsetzung	F	funktionale Obsoleszenz
E	Ersatz	FS	Folgeschaden/Folgearbeit
W	Wartung	G	Gewalt
I	Inspektion	I	Interne Vorgaben
H	Hausmeister	M	modische Obsoleszenz
M	Modernisierung	N	Nutzungsänderung
S	Sanierung	S	Schaden
A	Anbau/Aufstockung	T	technische Obsoleszenz
U	Umbau	V	Verschleiß
R	Reinigung	W	Wunsch des Nutzers
NB	Neubau	NB	Neubau
BW	Bewirtschaftung Geb. allg.	BW	Bewirtschaftung Geb. allg.
UH	Unterhaltung Gebäude	UH	Unterhaltung Gebäude

Maßnahmen:

IH = Instandhaltung (erhaltend): Überbegriff für Wartung, Instandsetzung und Inspektion

IS = Instandsetzungsarbeiten (erhaltend)

E = Ersatz (steigernd)

W = Wartung (erhaltend)

I = Inspektion (erhaltend)

H = Hausmeister (erhaltend): Alle Kosten die im Rahmen des Hausmeisterdienstes auftreten. Pauschal mit 10 % abgezogen werden Arbeiten des Hausmeisters an den Außenanlagen. Die Tätigkeit des Hausmeisters wird im Rahmen der Instandhaltung als wichtiger Baustein zur Erhaltung erachtet. Die Aufgaben, die ein Hausmeister im Bereich des nicht immobilienbezogenen Schulbetriebes oder für Verwaltungsgebäude des organisatorischen Ablaufes der Primärprozesse, wahrnimmt, wurden ebenfalls pauschal mit 5% abgezogen. Dieser Wert ergab sich aus den Befragungen der Hausmeister wie viel ihrer Arbeitszeit sie für solche Aufgaben aufwenden müssten.

M = Modernisierungsarbeiten (verändernd)

A = Anbau / Aufstockung (verändernd): Erweiterung in horizontaler bzw. vertikaler Richtung. Diese Maßnahmen wurden als Neubaumaßnahmen angesehen und folglich als NB kategorisiert.

U = Umbau (verändernd): z.B. Dachausbau

R = Reinigung (erhaltend): Im Sinne der Untersuchung lediglich Sonderreinigungen wie Bauendreinigungen und Fassadenreinigungen.

NB = Neubau (verändernd): Diese Maßnahme beinhaltet lediglich Neubaumaßnahmen des Gebäudes vor Beginn der Nutzung oder während der Nutzung, wenn Gebäudeteile neu hinzukommen, es also zu einer Vergrößerung der Fläche kommt.

BW = Bewirtschaftung Gebäude allgemein (erhaltend): Allgemeine erhaltende Maßnahmen die Inspektionen, Wartungen und Instandsetzungen enthalten können. Unter diesem Begriff sind Maßnahmen für den Fall subsummiert, wenn im betreffenden Jahrgang keine Einzelrechnungen existieren.

UH = Unterhaltung Gebäude (erhaltend und /oder verändernd): Begriff der im Rahmen dieser Arbeit als Überbegriff für Instandhaltung und Modernisierung verwendet wird. Im Rahmen der Erfassung waren in den vorliegenden Unterlagen bisweilen nur der Überbegriff Unterhalt vermerkt. Anhand des jeweiligen gebäudebezogenen Schriftverkehrs wurde ermittelt, ob die Maßnahmen verändernd oder erhaltend waren. Im Folgenden werden die möglichen aufgenommenen Auslöser erläutert.

Auslöser:

A = behördliche Auflagen: Die Maßnahme wird aufgrund von gesetzlichen oder behördlichen Vorgaben ausgeführt.

Gesetzlich vorgeschrieben werden z.B.:

- Wartung und Betrieb von Aufzugsanlagen
- Kaminfeger
- Brandschutzauflagen, z.B. Überprüfung von Feuerlöschern, Steigleitungen oder Aufhängen von Fluchtwegeschildern
- Wartung der Blitzschutzanlage
- Auflagen bezüglich Wasserversorgung
- Umweltauflagen
- Energieeinsparverordnung (EnEV)

F = funktionale Obsoleszenz (Veralterung):

Element ist veraltet bzw. abgenutzt.

Eine Instandsetzung ist nicht unbedingt sofort erforderlich, sollte jedoch erfolgen, um einen Schaden bzw. Folgeschaden zu vermeiden.

Es liegt jedoch noch kein Schaden vor.

Eine Maßnahme aufgrund von funktionaler Obsoleszenz gewährleistet die weitere Funktion des Elements.

Beispiele:

- Wandfarbe ist vergilbt oder blättert teilweise ab → Malerarbeiten werden ausgeführt
- An Holztischen oder Holztüren splintern kleine Holzteile ab → Schreinerarbeiten in Form von Abschleifen und Leimen
- Fußboden z.B. vor Aufzug oder am Eingang o.ä. ist sehr stark abgetreten

FS = Folge Schaden / Folgearbeit

Schaden, welcher nur als Folge eines anderen Schadens oder einer anderen Arbeit aufgetreten ist.

Beispiele:

- Wand muss wegen Wasserrohrbruch aufgebrochen werden
→ kaputte Wand ist Folgeschaden des Wasserrohrbruchs
- (Auslöser für die Maßnahme Wand verputzen oder streichen ist also der Folgeschaden)
- Dach ist undicht. Hierdurch wird die Wärmedämmung komplett durchnässt und muss ausgetauscht werden.
→ Austausch der Wärmedämmung ist ein Folgeschaden des undichten Daches
- An Fassade wird neue Wärmedämmung angebracht. Darauf folgende Malerarbeiten sind Folgearbeiten der Dämmmaßnahme.

G = Gewalt

Auslöser für Maßnahmen, die aufgrund von gewaltsamen Zerstörungen am Objekt notwendig werden.

HG = höhere Gewalt

Element wurde durch höhere Gewalt zerstört (z.B. Unwetter)

I = Interne Vorgaben

Auslöser für Maßnahmen, die aufgrund von internen Regelungen durchgeführt werden. Es existieren für diese Maßnahmen also keinerlei gesetzliche Vorschriften, noch ist kein Schaden vorhanden. Es handelt sich hierbei um eine nicht von außen vorgegebene Maßnahme.

Beispiele:

- Reinigung des Gebäudes
- Wartung der Heizungsanlage

M = Modische Obsoleszenz (Veraltern)

Element ist noch voll funktionsfähig, jedoch entspricht es nicht mehr den aktuellen gestalterischen Vorstellungen:

Beispiele:

Teppich, Tapete, Vorhänge, usw. werden ausgetauscht, weil Farbe oder Muster nicht mehr modern sind.

N = Nutzungsänderung

Elemente sind noch voll funktionsfähig, es liegt also keinerlei Schaden vor.

Allerdings findet innerhalb des Gebäudes eine Umnutzung statt. Dies kann nur einzelne Teile des Gebäudes betreffen, jedoch auch das komplette Gebäude.

Aufgrund dieser Umnutzung müssen Elemente des Gebäudes verändert oder ausgetauscht werden.

Beispiele:

- Ausbau eines Dachgeschosses. Das Dachgeschoss ist noch voll funktionsfähig, soll aber nicht mehr als Speicher sondern als Büro o.ä. genutzt werden.
- Ehemaliger Büroraum soll jetzt zum Waschraum werden. Fußboden und Tapete sind eigentlich noch voll funktionsfähig, müssen aber aufgrund der Nutzungsänderung entfernt und durch Fliesen ersetzt werden.

S = Schaden / Störung: Element ist nicht mehr funktionsfähig. Es muss sofort repariert werden.

Beispiele: Heizung ist kaputt
 Fenster ist eingeschlagen
 Wasserrohrbruch
 Dach ist undicht
 WC ist defekt
 Aufzugsanlage defekt

T = Technische Obsoleszenz (Veraltern): Element ist technisch veraltet.

Eine Instandsetzung ist nicht unbedingt sofort erforderlich, sollte jedoch erfolgen, um den derzeitigen Anforderungen an ein Gebäude gerecht zu werden.

Es liegt jedoch noch kein Schaden vor.

Beispiele:

- Es sind nicht genügend Steckdosen und Anschlüsse für Telefon und Internet vorhanden → Auslöser für den Einbau von Kabelkanälen
- Einbau einer modernen Brandmeldeanlage
- Einzelne Räume werden mit Ölofen geheizt → Auslöser für den Einbau einer modernen Heizungsanlage
- Beleuchtung entspricht nicht mehr dem Stand der Technik → Auslöser für den Einbau einer neuen Heizungsanlage
- Einbau einer Beleuchtungsanlage am Empfang eines Bürogebäudes
- Anbringen einer Wärmedämmung

V = Verschleiß: Element muss aufgrund von Verschleiß ausgetauscht werden.

Beispiele:

- Austausch von Glühbirnen oder Leuchtröhren
- Austausch von Filtern usw.

W = Wunsch des Nutzers: Element hat weder einen Schaden, noch ist es in irgendeiner Weise veraltet. Die Maßnahme findet ausschließlich aufgrund des Wunsches eines Nutzers statt.

NB = Neubau: Der Auslöser Neubau wird immer der Maßnahme Neubau zugeordnet.

BW = Bewirtschaftung: Der Auslöser Bewirtschaftung wird immer der Maßnahme Bewirtschaftung zugeordnet, wenn ansonsten keine weiteren Informationen über den Auslöser dieser Maßnahme vorliegen.

UH = Unterhalt: Der Auslöser Unterhalt wird immer der Maßnahme Unterhalt zugeordnet, wenn ansonsten keine weiteren Informationen über den Auslöser dieser Maßnahme vorliegen.

8.3.2 Berücksichtigung des Baupreisindex

Bei der Auswertung von Realdaten ist der Anstieg des Preisniveaus unbedingt zu berücksichtigen. Der anhaltende Preisanstieg führt zu einem Kaufkraftverlust, den es anhand eines Preisindex zu berücksichtigen gilt.

Für die Ermittlung von Kosten im Baubereich wird dies mit dem von den statistischen Landesämtern bzw. dem statistischen Bundesamt herausgegebenen Baupreisindex durchgeführt.

Baupreisindizes spiegeln die Entwicklung der Preise für den Neubau und die Instandhaltung von Bauwerken wider [dest07].

Die Preise werden quartalsweise mithilfe von 5.000 repräsentativen Unternehmen des Baugewerbes erhoben und die Ergebnisse den jeweiligen statistischen Landesämtern zugestellt. Da sich die untersuchten Gebäude im Rahmen dieser Arbeit im Bundesland Baden-Württemberg befinden, wurde dementsprechend der Baupreisindex des statistischen Landesamtes verwendet. Der Index ist in nachfolgender Tabelle dargestellt:

Jahr	Index	Jahr	Index	Jahr	Index
1949	13,3	1968	31,3	1987	78,4
1950	12,2	1969	33,4	1988	80
1951	14,5	1970	39,1	1989	83
1952	16,1	1971	42,7	1990	87,8
1953	15,7	1972	45,3	1991	93,5
1954	15,8	1973	48,3	1992	97,8
1955	16,8	1974	50,4	1993	99,5
1956	17,5	1975	50,6	1994	100
1957	18,3	1976	51,9	1995	100,9
1958	18,9	1977	54,2	1996	99,7
1959	19,7	1978	57,2	1997	98,6
1960	21,6	1979	61,9	1998	98,4
1961	23,7	1980	68	1999	98,5
1962	25,7	1981	71,4	2000	100
1963	27,1	1982	72,5	2001	101
1964	28,5	1983	73,7	2002	101,2
1965	29,9	1984	75,5	2003	100,5
1966	30,4	1985	75,4	2004	101,4
1967	29	1986	76,6	2005	102,3

Abbildung 38: Baupreisindex des Landes Baden-Württemberg 2007 [STLA07]

Um die Lebenszykluskosten eines Gebäudes über mehrere Jahre hinweg untersuchen zu können muss die Preissteigerung berücksichtigt werden. Alle erfassten Kosten im Rahmen dieser Arbeit sind auf das Bezugsjahr 2004 indiziert (siehe auch Abbildung 38).

Demzufolge wird nach folgender Formel verfahren:

$$LCC_n(t_{2004}) = LCC_n(t_j) * BPI(t_{2004}) / BPI(t_j)$$

LCC_n = Teil der Lebenszykluskosten [€]

BPI = Baupreisindex des Landes Baden-Württemberg

j = Jahr in dem die untersuchten Kosten aufgetreten sind

Im Rahmen dieser Arbeit sind sämtliche Kostenauswertungen auf das Basisjahr 2004 indiziert.

Teil II:

Bewirtschaftungs- bzw. Unterhaltungsstrategien von Immobilien und deren Erfolgsfaktoren

9 Ergebnisse

9.1 Erhebungsinstrument

Haupterhebungsinstrument bei der Datenerhebung der Bewirtschaftungsdaten von Bestandsimmobilien war die händische Eingabe von Daten in eine Datenbank.

Bestandteil der Erhebung waren folgende Punkte:

- Sichtung und Eingabe von Daten in alten Archivunterlagen
- Sichtung und Eingabe von Daten aus EDV-gestützten Systemen (ab 1988)
- Interview von Personen mit Kenntnissen über entsprechende Immobilien (z.B. Bauleiter, Hausmeister, Liegenschaftsverwalter, Gebäudenutzer)
- Eingabe von Daten aus Jahresfinanzberichten (Bilanzen, Haushaltssatzungen,.....)
- Eingabe aus Bautagebüchern
- Eingabe aus Rechnungssammlungen

Die erhobenen Daten wurden in eine eigens hierfür erstellte Datenbank übernommen.

9.1.1 Datenbank

Als Archivierungsinstrument für die anfallenden Daten wurde die Datenbank-Standardlösung MS Access verwendet.

Nachfolgend sind alle für die Erhebung wichtigen Variablen aufgeführt und mit einem kurzen Beispiel erläutert.

Tabelle 11: Liste der in der Datenbank erhobenen Variablen

Variablenbezeichnung	Beispiele	Beschreibung	Relevanz [A] Auswertung [Q] Qualitätssicherung
id_einzelmaßnahme	1486	eindeutige Identifizierungsnummer (automatisch vergeben)	Q
Tätigkeiten	Malerarbeiten	Beschreibung der Tätigkeit in Anlehnung an Standardleistungsbuch und an tatsächlich vorgefundene Daten	A
Bauteile	Fassade	wichtigste Bauteile am Gebäude	A
Oberbegriff_Maßnahme	Instandhaltung	Unterscheidung nach Instandhaltung, Modernisierung, Hausmeister und sonstiges	A
Kuerzel	IH	Art der Maßnahme: Anbau/Aufstockung (A), Ersatz (E), Inspektion (I), Modernisierung (M), Reinigung (R), Sanierung (S), Wartung (W), Instandhaltung ((IH), Umbau (U), Instandsetzung (IS)	A
Ausloeser	F	Auslöser: Interne Vorgaben (I), Gewalt (G), behördliche Auflagen (A), funktionale Obsoleszenz (F), Folgeschaden (FS), modische Obsoleszenz (M), Nutzungsänderung (N), Schaden (S), technische O. (T), Verschleiss (V), Wunsch des Nutzers (N), IH-Rückstau (Rue)	A
Charakter	einmalig / regelmäßig	kategorisiert, ob die Maßnahme regelmäßig (mit planbaren Wiederholungen) oder einmalig (auf den ersten Blick nicht planbar)	A
Zustand	a; b; c; d	(wird nur für die Auslöser IH-Rückstau benötigt) beschreibt den Zustand nach a (kein Eingreifen notwendig), b (umfanglich geringe Maßnahmen notwendig), c (größere Instandhaltungen sind erforderlich), d (Zustand nicht akzeptabel, dringend erforderliche Maßnahmen erforderlich), sonst Folgeschäden)	A
Datum	13.10.1997	Erbringungsdatum	Q
Jahr	1997	Erbringungsjahr	A
Fläche_BGF_m²	8.000 m²	Fläche der Immobilie zum Zeitpunkt der Maßnahmendurchführung	A
Kosten_€	1.000 €	Kosten in € zum Zeitpunkt der Erbringung	A
Firma	Fa. Malerweiß	durchführende Firma (wenn vorhanden) [Feld dient zur Identifizierung von Doppelbenennungen)	Q
Ordner	1986 Buchhaltung Belege Nr. 7 10.6. - 7.7.86	Original Ordnerbeschriftung	Q
Gebäudebereich	Sporthalle	Hinweis auf einen möglichen Gebäudebereich der den Ort der Maßnahme eingrenzt	Q
Memo	Putzfassade, Sandsteingewände, Sandsteinflächen dampfstrahlen Außenanstrich stark strukturierte Putzfläche behandeln	genaue Beschreibung der Maßnahme (möglichst alle Informationen die zu dieser Maßnahm aus der Quelle hervorgehen) (wichtig für spätere Überprüfungen und Konsistenzprüfungen)	Q
Art der Quelle	Rechnung/Haushaltssatzung/...	Bezeichnung der Quelle	Q
Eingabedatum	01.04.2005	Datum der Eingabe (zur nachträglichen Nachvollziehbarkeit bei Unstimmigkeiten)	Q
Bemerkungen	prozentual aufteilen	sonstige sachdienliche Hinweise bzw. Handlungsanweisungen für nachträgliche Eingaben	Q
bearbeitet von	UP	Name des eingebenden Bearbeiters	Q
überprüft	ja	Datenkonsistenzprüfung für Datensatz durchgeführt ja/nein	Q
Paket	Erneuerung Sporthalle	Zusammenfassung von verschiedenen Maßnahmen zu einem thematischen Packet	Q
Gebäudekürzel	GBS-KA	Kürzel des Gebäudes zur eindeutigen Zuordnung	A

In vorangegangener Tabelle 11 sind die Variablen bezüglich ihrer Relevanz für die spätere Auswertung bezeichnet. So bedeutet in der Spalte Relevanz [A], dass die entsprechende Variable notwendig sein wird für die Auswertung der Daten, während [Q] die Variable als solche kennzeichnet, die notwendig ist, um den Datensatz hinsichtlich seiner Qualität, bzw. seiner Konsistenz zu überprüfen. Mithilfe dieser Variablen konnten nachträglich Fehler geortet werden. Von besonderer Wichtigkeit

war hierbei die Variable „Memo“ in der wichtige Textinformationen zu der eingegebenen Maßnahme hinterlegt sind.

9.1.2 Datenerhebung

Der Datenerhebung vorangestellt war eine Zusammenstellung und Clusterung des Immobilienportfolios mit anschließender Datensammlung.

Es wurde nach zwei Altersklassen unterschieden:

- Nachkriegsbauten (Baujahr 1950-1965)²⁷¹
- Wohlstandsbauten (Baujahr 1965-1980)²⁷²

Es wurde nach 2 Gebäudeclustern unterschieden.

- Schulen
- Gerichtsgebäude sowie Rathäuser

Gerichtsgebäude als auch Rathäuser sind in ihrer Struktur mit Büro- und Verwaltungsgebäuden vergleichbar, da sie bis auf den Sitzungssaalbereich über Büroräume verfügt. Darüber hinaus findet in solchen Gebäuden Öffentlichkeitsverkehr statt, d.h. der Nutzung entsprechend muss ein gewisser repräsentativer Status erreicht werden.

Allgemein ist für die untersuchten Immobilientypen zu konstatieren, dass für Schulgebäude ebenso, wie für Gerichtsgebäude und Rathäuser, als Gebäude der öffentlichen Hand nach [PflB05] ein erheblicher Instandhaltungsrückstau in Deutschland besteht.

Innerhalb dieser Gebäudecluster wurden weitere Unterscheidungen getroffen. So werden die Immobilien nach der Größe [BGF] und dem Alter unterschieden.

Unterscheidungen wie Bauteilqualität konnten in diesem Zusammenhang nicht ermittelt werden, da eine Beurteilung der vor Jahren eingebauten Qualität für einzelne Bauteile mit einer bloßen Inaugenscheinnahme nicht möglich gewesen wären. Im Nachhinein die Bauteilqualität zu beurteilen wäre sehr schwierig und nur sehr subjektiv durchführbar.

²⁷¹ Vgl. [GFKM08] S. 172 ff.

²⁷² Vgl. [GFKM08] S. 190 ff.

9.1.2.1 Unterschiede bei der Erhebungsmethode zwischen den Gebäudeclustern

Die Erhebungsmethodik bei der Erfassung der Daten für alle erhaltenden und verändernden Maßnahmen, also Maßnahmen zu Bauerhaltung²⁷³ zukünftig „WEM“ abgekürzt unterscheidet sich im Wesentlichen durch den unterschiedlichen Aufbau der immobilienverwaltenden Organisationen.

Nachfolgend sind die unterschiedlichen Organisationen und die jeweils eigenen Datenhaltungen aufgelistet.

Tabelle 12: unterschiedliche Datenhaltung bei den am Projekt teilnehmenden immobilienverwaltenden Organisationen²⁷⁴

Gebäudeart	Datenverwaltende Organisation	Art und Weise der Datenhaltung
Schule	Schulstiftung der Katholischen Kirche	Kompletter, lebenslangen Satz aller Rechnungen über erhaltende Maßnahmen (WEM), Auflistung der Personaldaten für Eigenarbeiten
Schule	Städte und Gemeinden	Haushaltssatzungen / Haushaltspläne für die jährliche Übersicht. teilweise lebenslang dokumentierte Rechnungsdaten, mindestens aber Rechnungen für die letzten 10 Jahre (in Form von Datensätzen aus SAP, Mikroverfilmungen von Rechnungen oder in Form von Originalrechnungen.
Rathäuser	Städte und Gemeinden	Haushaltssatzungen / Haushaltspläne für die jährliche Übersicht. teilweise lebenslang dokumentierte Rechnungsdaten, mindestens aber Rechnungen für die letzten 10 Jahre (in Form von Datensätzen aus SAP, Mikroverfilmungen von Rechnungen oder in Form von Originalrechnungen.

²⁷³ Vgl. auch Abbildung 4, Seite 31 dieser Arbeit

²⁷⁴ Vgl. Kapitel 8.2.4

Gerichtsgebäude	Staatliche Vermögens- und Hochbauverwaltung (VBV) Baden-Württemberg	gebäudespezifische Dokumentation von WEM-Maßnahmen.
-----------------	---	---

9.1.2.2 Pretest

Bei jeder zu untersuchenden Immobilie war eine Untersuchung auf Tauglichkeit für das Projekt vorzunehmen. Zu diesem Zweck wurden in einem gesonderten Arbeitsschritt die Daten und Archive auf Vollständigkeit, Stringenz und Vergleichbarkeit mit den anderen untersuchten Immobilien analysiert. Darüber war zu prüfen, welcher Zeitaufwand für die Datenerhebung vonnöten sein würde, um einen Zeit- und Arbeitsplan für die jeweilige Immobilie festzulegen. Das war unter anderem notwendig, da die Dateneingabe in der Regel bei der immobilienverwaltenden Stelle erfolgte und hier Terminabsprachen bezüglich Räumlichkeiten und Ansprechpartnern erforderlich waren. Erst wenn feststand, dass Basisdaten und Lebenszyklusdaten nahezu vollständig ermittelbar waren, war die Immobilie für die Datenerhebung geeignet.

Tabelle 13: Kriterien für die Zulassung als Untersuchungsobjekt:

Art der Daten	Mindestens notwendiger Vollständigkeitsgrad
1. Vollständigkeit der Basisdaten	vollständig
2. Daten über Herstellungswert	vollständig
3. Daten über Unterhalt und Bewirtschaftung der Immobilie (jährliche Zusammenfassung)	vollständig
4. detaillierte Maßnahmenzusammenstellung	mindestens die letzten 10-20 Jahre des Lebenszyklus

9.1.2.3 Erhebung der Lebenszyklusdaten

Bei der Erhebung der Lebenszyklusdaten als Kern der Datenerhebung waren verschiedene Variablen verpflichtend einzugeben, um eine spätere Clusterung und vergleichende Auswertung möglich zu machen. Nachfolgend sind diese aufgeführt.²⁷⁵

Variablen mit verpflichtender Eingabe:

- Tätigkeiten
- Bauteile
- Oberbegriff Maßnahme
- Maßnahmenkürzel
- Auslöser
- Charakter
- Jahr
- Nutzungsintensität
- Bauteilqualität
- Größengruppen
- Fläche_BGF_m²
- Kosten_€
- Gebäudekürzel

9.1.2.3.1 Datenbereinigung / Qualitätssicherung der eingegebenen Daten

Angesichts der Datenmenge von rund 29.000 Datensätzen, was ebenso vielen Eingaben entspricht, war die Qualitätssicherung ein entscheidender Teil der Datenerhebung. Es wurden nach Eingabe der Daten verschiedene Fehlertests durchgeführt. Nachfolgend sind die wichtigsten Konsistenztests aufgelistet.

²⁷⁵ S.a. Tabelle 11

Tabelle 14: Fehlertests Datenbank

Test 1:	alle Datensätze wurden auf doppelte Eingaben untersucht.
Test 2	auffällige Datensätze bezüglich ungewöhnlicher Maßnahmenkombinationen wurden explizit überprüft
Test 3	Auffällige Datensätze mit ungewöhnlich hohen Kosten für Maßnahmen wurden überprüft.

Nicht mögliche Datenkombinationen aus den Variablen Auslöser und Maßnahmenkürzel beispielsweise wurden bei Identifizierung mit dem zugehörigen Memo abgeglichen und entsprechend abgeändert.

9.1.2.4 Erhebung Instandhaltungsrückstau (IHR)

Der Instandhaltungsrückstau wird wie oben bereits beschrieben mit einem bereits bekannten und erprobten Verfahren ermittelt (siehe auch Kapitel 8.2.5.2). Für die Ermittlung wurde epiqr+ ausgewählt.

9.1.3 Repräsentativität der Stichprobe

Die Repräsentativität der Stichprobe für die Auswahl von Schulgebäuden, Rathäusern und Gerichtsgebäuden ist gegeben. Durch die ausschließliche Auswahl von Gebäuden der öffentlichen Hand lassen die Ergebnisse Rückschlüsse auf andere Gebäude dieser Art der öffentlichen Hand zu. Es muss allerdings davon ausgegangen werden, dass eine Ausweitung der Stichprobe auf andere Gebäudearten und –nutzungen auch andere Variablen erfordert bzw. hervorbringt. Haupteinschränkungskriterium war die mangelnde Vollständigkeit der Daten pro Immobilie bzw. die Nichteinhaltung der minimalen Qualitätsvorgaben für die Daten. Bei der Auswertung werden zwar z.T. Korrelationen durchgeführt. Wohlbemerkt vor dem Hintergrund, dass diese Auswertungen lediglich auf Daten von 18 Immobilien beruhen.

9.2 Allgemeine Auswertung der Lebenszyklusdaten

9.2.1 Darstellung der erhobenen Gebäude (Herstellungskosten)

Im folgenden Diagramm sind alle in der vorliegenden Untersuchung analysierten Gebäude nach Baujahresklassen, gemäß der Einteilung in Kapitel 9.1.2 aufgeführt.

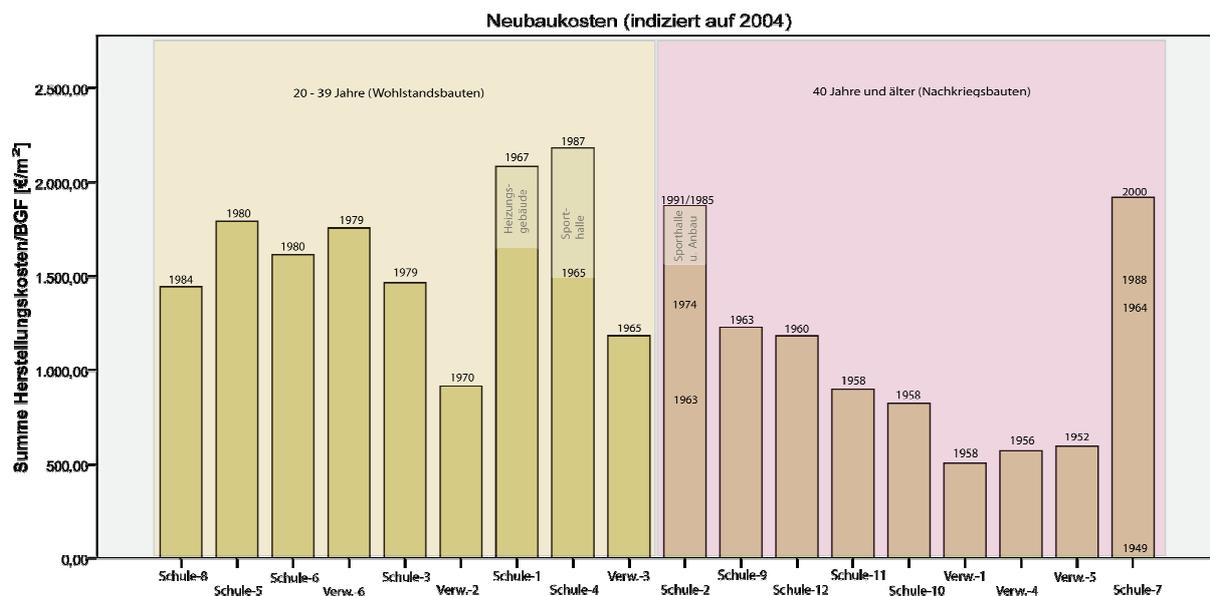


Abbildung 39: Darstellung der Herstellungskosten und Unterteilung der Immobilien in Alters und Nutzungscluster

Es wurden 12 Schulgebäude und 6 Verwaltungsgebäude untersucht. Von den untersuchten Immobilien sind fünf 30 – 40 Jahre alt, sieben 30-45 Jahre alt und 6 Immobilien sind älter als 45 Jahre. Wobei bei Schule 4, 2 und 7 mehrere Baujahre in der Graphik vermerkt sind. Dies liegt daran, dass bei Schule 4 zu einem späteren Zeitpunkt eine Sporthalle neu angebaut wurde und bei Schule 7 fanden von 1949 bis 2000 diverse Umbau bzw. Anbaumaßnahmen statt, die sich in diesem Zusammenhang nicht auseinanderschlüsseln lassen. Für Schule 1 wurden die Herstellungskosten für ein gesondertes Pforten und Heizungsgebäude isoliert betrachtet, da hier Herstellungskosten für eine Heizungsanlage enthalten sind, die ein gesamtes Internatsareal samt angeschlossenen Reihenhausbau versorgt.

Betrachtet man die untersuchten Gebäude hinsichtlich ihrer Herstellungskosten, so fällt auf, dass je älter ein Gebäude ist, desto niedriger dessen Herstellungskosten ausfallen. Dies lässt sich darüber hinaus am folgenden Diagramm verdeutlichen. Hier

wurde das „Alter der Immobilie“ über die „Summe der Herstellungskosten“ und der y-Achse aufgetragen.

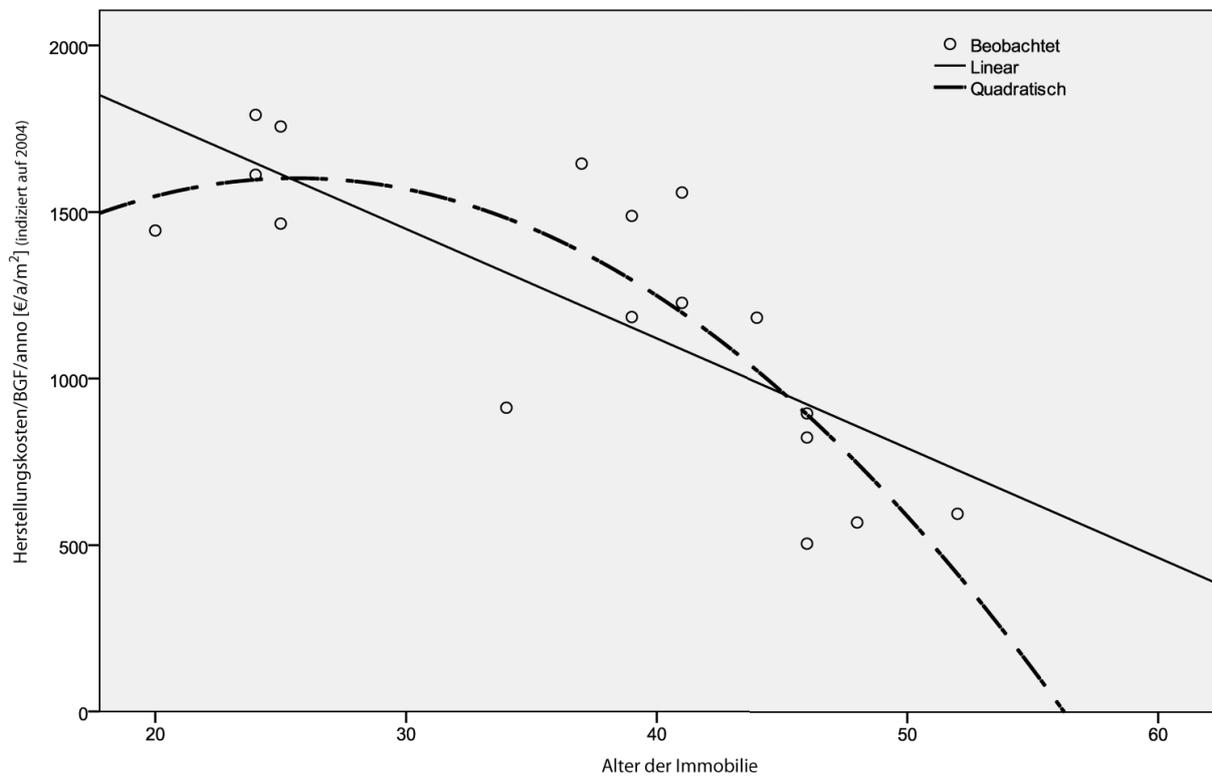


Abbildung 40: lineare und quadratische Regressionskurve für Summe der Herstellungskosten über Alter der Immobilie.

Das Bestimmtheitsmaß R^2 liegt bei linearer Annäherung bei 0,59 und bei quadratischer Betrachtung bei 0,69.

Bei dieser Betrachtung wurde Schule 7 eliminiert. Da bei dieser Immobilie zu viele unterschiedliche Anbauten über die Jahre hinweg erstellt wurden, es waren die vergleichsweise hohen Herstellungskosten (1.815 €/m²) nicht differenziert genug analysierbar. Bei Schule 1, 4, 2 wurden die Sporthallen, ein Heizungsgebäude und ein Anbau nicht mit in die Bewertung einbezogen. Die betrachteten Immobilien wurden damit hinsichtlich ihrer Herstellungskosten vergleichbarer.

9.2.2 Darstellung der erhobenen Gebäude (WEM-Kosten)

Die Abbildungen (Abbildung 41 - Abbildung 42) lassen einen ersten Überblick über die jeweiligen lebenslangen Ausgaben der einzelnen untersuchten Immobilien zu. Auch ein Vergleich untereinander ist möglich. Es lassen sich in den gewählten Darstellungen jedoch noch keine Trends identifizieren.

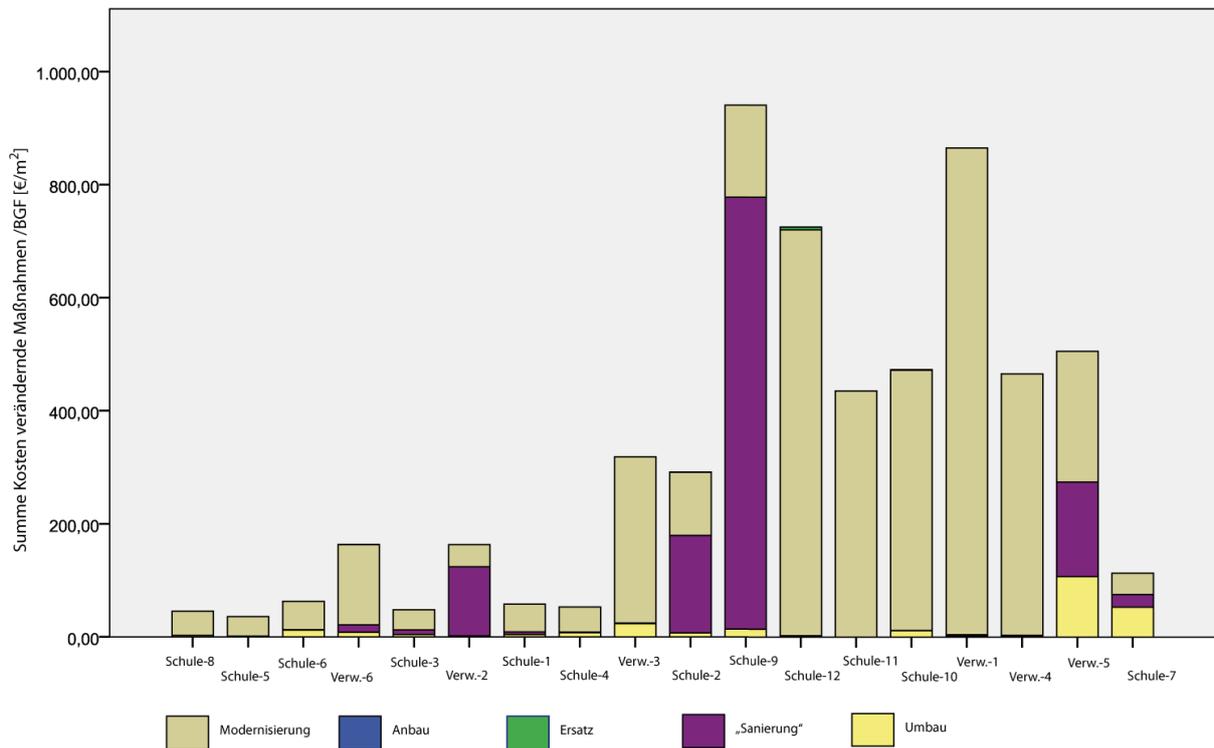


Abbildung 41: Zusammenstellung der Ausgaben für alle verändernde Maßnahmen über den gesamten Lebenszyklus hinweg (WESM)

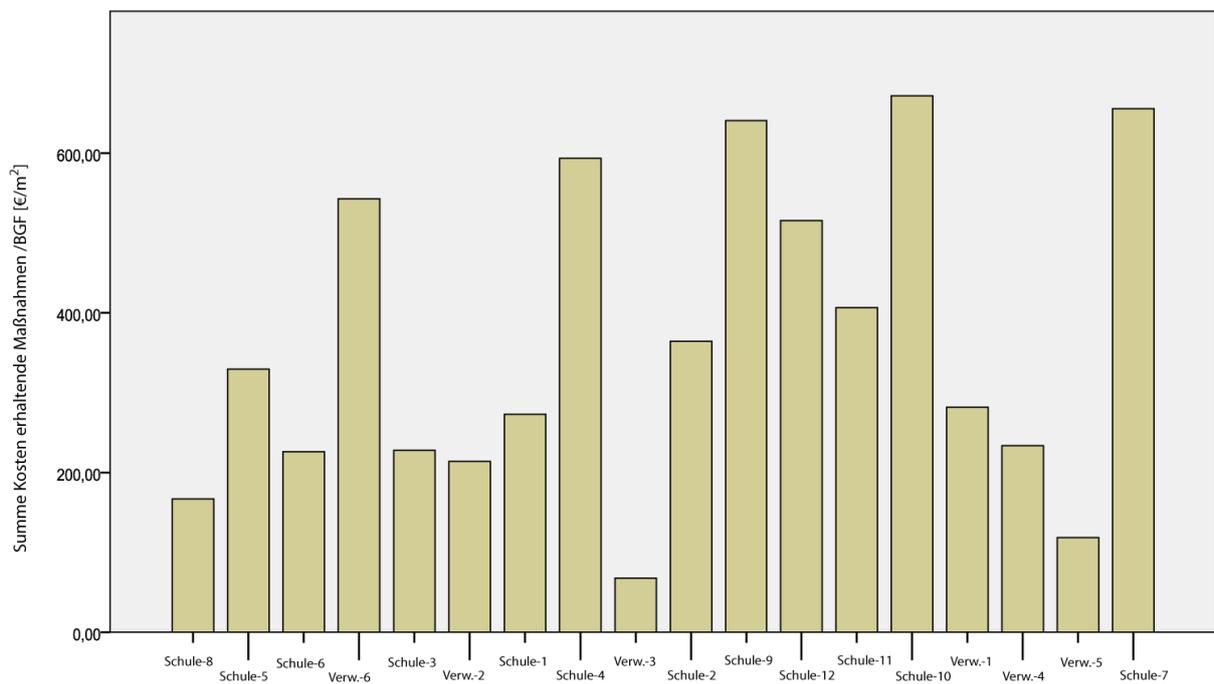


Abbildung 42: Erhaltende Maßnahmen (lebenslang) (WEHM)

Es werden im Folgenden also verschiedene Abhängigkeiten unterschiedlicher Variablen untersucht. Auch werden die Vergleiche sich stärker an den einzelnen

Clustern orientieren, um eventuelle Zusammenhänge, die sich auf einzelne Gruppen beschränken, zu erkennen.

Im Folgenden werden die durchschnittlichen Ausgaben für Instandhaltung bzw. Modernisierung in verschiedenen Lebensphasen der Immobilien untersucht und deren Auswirkung auf den Instandhaltungsrückstau diskutiert.

Zu Beginn ist zur Veranschaulichung eine kumulative Darstellung der Ausgaben für WEM Maßnahmen aufgetragen über das Alter gewählt.

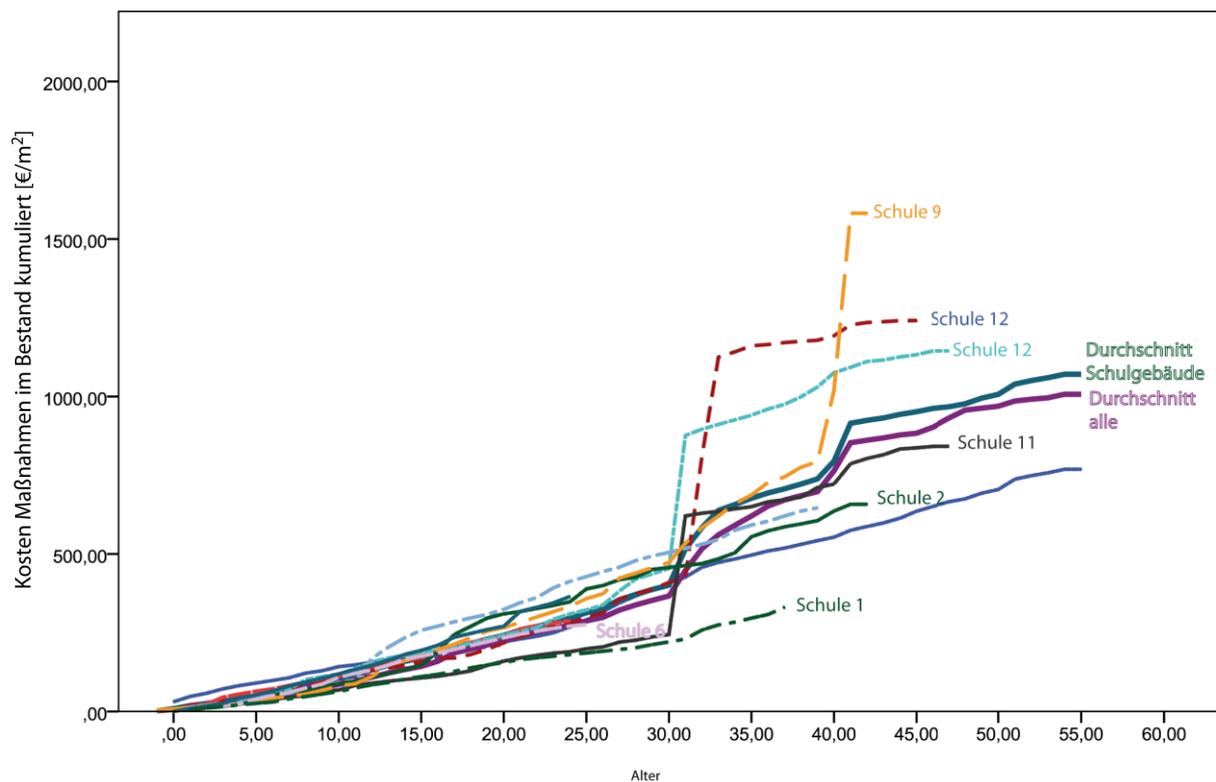


Abbildung 43: Maßnahmen im Bestand (Schulgebäude) kumuliert bezogen auf die Fläche BGF über das Alter (indiziert auf das Jahr 2004) [€/m²]

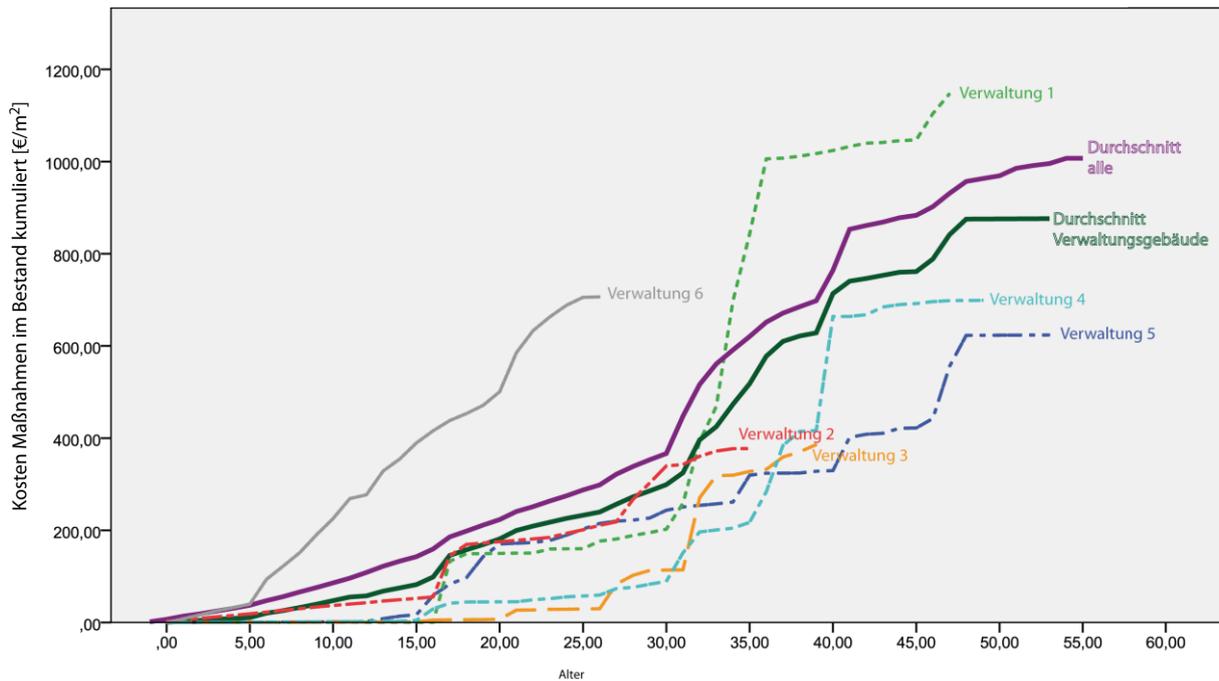


Abbildung 44: Maßnahmen im Bestand (Verwaltungsgebäude) kumuliert bezogen auf die Fläche BGF über das Alter (indiziert auf das Jahr 2004) [€/m²]

Betrachtet man sich in den Abbildung 43 und Abbildung 44 die durchschnittliche Entwicklung der Erhaltungskosten in kumulierter Darstellung, so fällt auf, dass deutliche Steigungsänderungen der Kurven in den Altersbereichen um die 30 Jahre bzw. später um das Alter von 40 Jahren zu verzeichnen sind. Auch im Alter von 15 Jahren scheinen bei den untersuchten Immobilien größere Maßnahmen durchgeführt worden sein.

Eine detailliertere Betrachtung dieser Lebensphasen wird mithilfe der anschließenden zwei Diagramme durchgeführt.

Zuerst erfolgt eine kumulierte Darstellung der Unterhaltskosten (erhaltende und verändernde Maßnahmen) im Alter von 10 bis 20 Jahren.

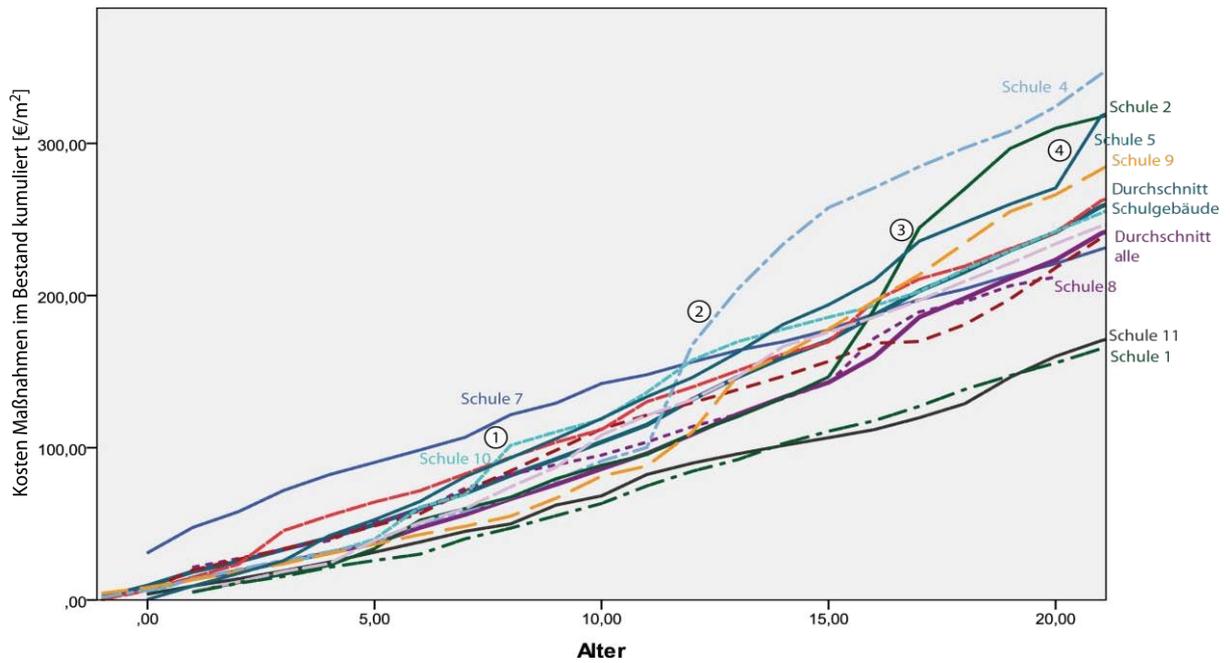


Abbildung 45: Detailbeschreibung der WEM-kosten Schulen (bis 20 Jahre Gebäudelebensalter) [€/m²]

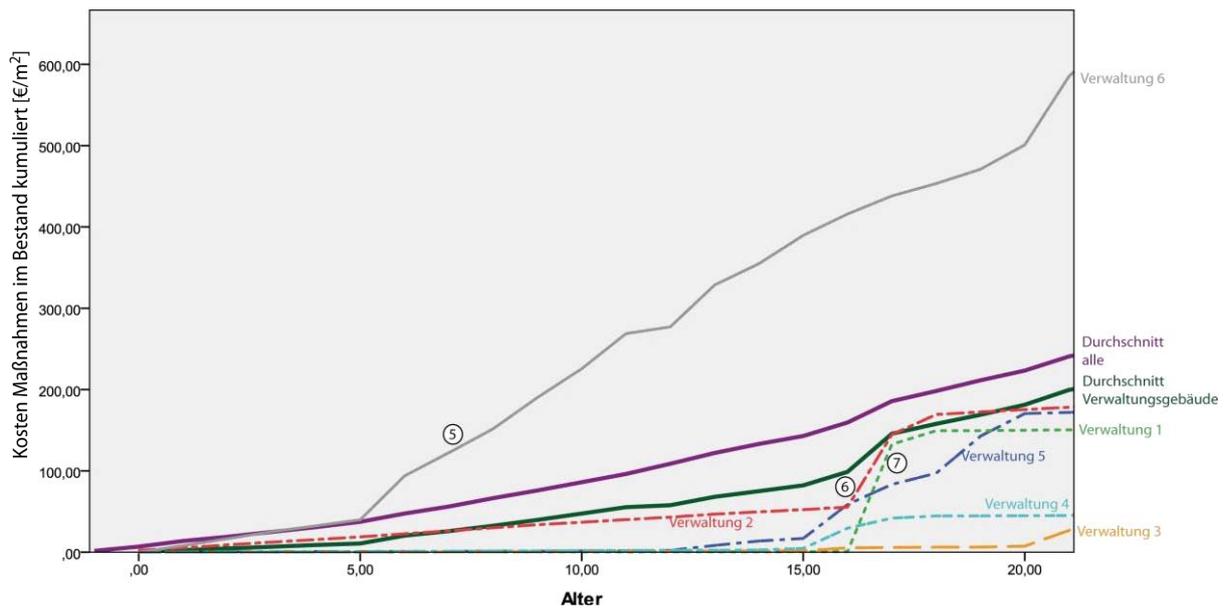


Abbildung 46: Detailbeschreibung der WEM-Kosten Verwaltungsgebäude (bis 20 Jahre Gebäudelebensalter) [€/m²]

Immobilie	Nr.	Alter	Maßnahme
GS-BÜ	①	7-8 Jahre	Malerarbeiten und neuer Fußboden
HE-SCW	②	11 Jahre	Heizungsanlage ausgetauscht. Ehemalige Koksheizung wurde gegen eine damals moderne Gaszentralheizung ausgetauscht. Auslöser für die Modernisierung: technische Obsoleszenz
HSL SBW	③	16 Jahre	Modernisierungsmaßnahmen an Fenstern und in Klassenräumen.
GS-BB	④	20 Jahre	Flachdachsanieung und Netzwerkinstallation Computerraum.
RA-BR	⑤		grundsätzlich hohe Kosten
LG-MA	⑥	16 Jahre	außerordentliche Asbestentsorgung, die aufgrund von neuen Erkenntnissen und daraus resultierenden gesetzlichen Vorgaben notwendig wurde.
AG-PF	⑦	16 Jahre	Dachreparaturarbeiten und der Ausbau der Wärmeerzeugungsanlage mit gleichzeitigem Anschluss an das Fernwärmenetz der Stadt. Notwendig aufgrund eines Schadens, der Umbau der Heizungsanlage aufgrund technischer Obsoleszenz bzw. eventuell politischer Entscheidungen.

In den folgenden beiden Abbildungen sind kumulativ die Ausgaben für WEM-Maßnahmen im Alter zwischen 20-40 Jahren abgebildet.

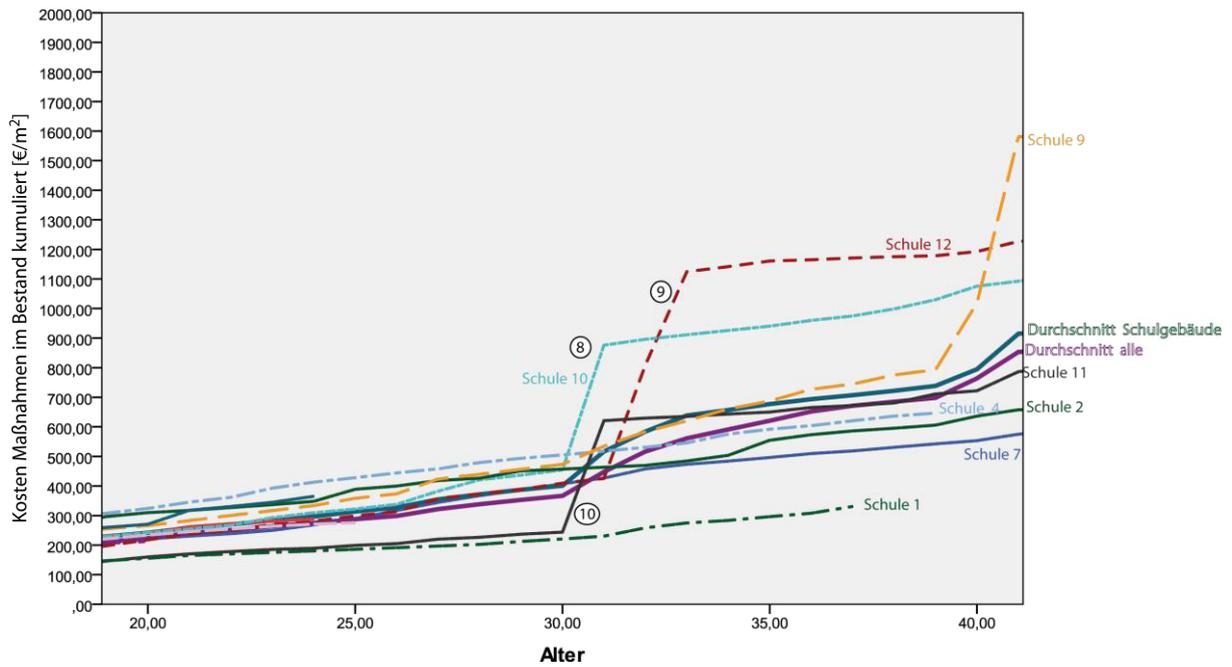


Abbildung 47: Detailbeschreibung der WEM-Kosten Schulgebäude (zwischen 20 und 40 Jahren Gebäudelebensalter) [€/m²]

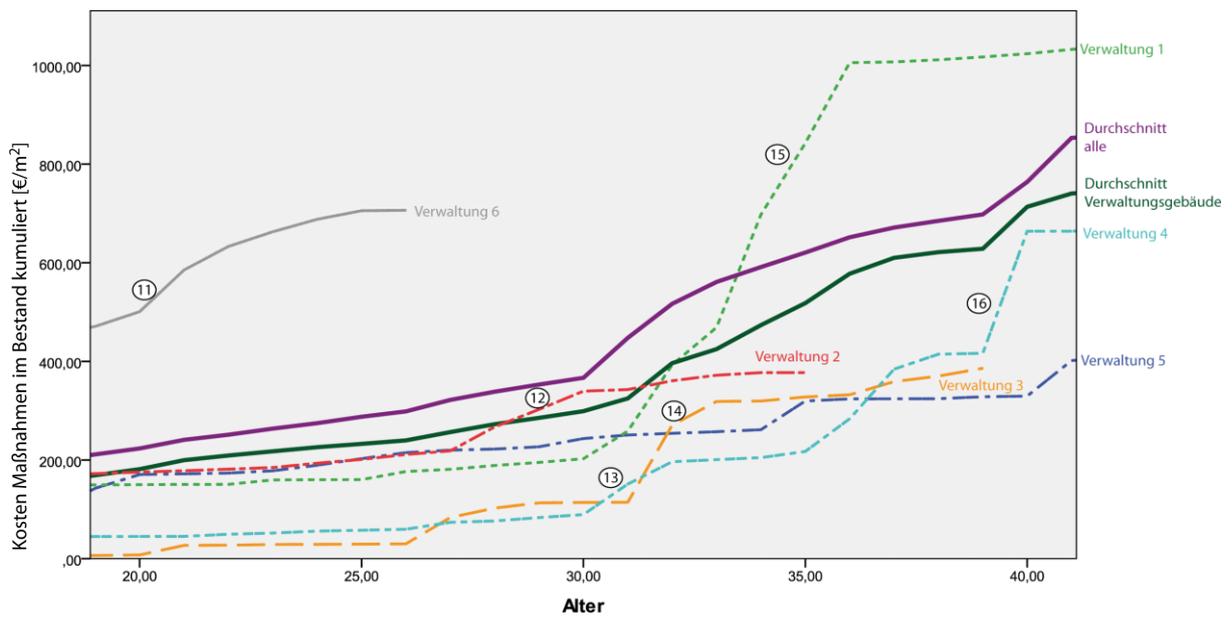


Abbildung 48: Detailbeschreibung der WEM Kosten Verwaltungsgebäude (zwischen 20 und 40 Jahren Gebäudelebensalter) [€/m²]

Immobilie	Nr.	Alter	Maßnahme
GS-BÜ, GS-BA, GS-BÜ	⑧, ⑨, ⑩	30 Jahre	Mehr oder weniger aufwendigen Generalsanierungen
HE-SCW	②	11 Jahre	Heizungsanlage ausgetauscht. Ehemalige Koksheizung wurde gegen eine damals moderne Gaszentralheizung ausgetauscht. Auslöser für die Modernisierung: technische Obsoleszenz
RA-BR	⑪		Einbau Brandmeldeanlage und Einbruchmeldeanlage
LG-MA	⑫	28 Jahre	Fensterreparaturen aufgrund von Abnutzung und Umbau Gefangenenanlieferung (nutzerspezifische Anforderungen)
LG-OF	⑬ ⑭	31 Jahre und 39 Jahre	Dachbauarbeiten und Innenausbau
LG FR	⑮	32 Jahre	Sanierung, Fenster, Bodenbeläge und Fassade
AG-PF	15	31 - 35 Jahre	Grundlegende Sanierung

Auffällig bei den meisten Immobilien ist, dass vor den jeweiligen Generalsanierungen die Unterhaltskosten ebenfalls gestiegen sind, nach der Generalsanierung jedoch die Kosten auf niedrigem Niveau stagnieren.

Um Zusammenhänge besser zu verstehen und Muster in der Unterhaltung von Immobilien identifizieren zu können werden im Folgenden die jeweils durchschnittlich angefallenen Maßnahmen für unterschiedliche Lebensphasen pro Immobilie untersucht. Darüber hinaus ist zur Bewertung von unterschiedlichen Mustern die Kenntnis des Instandhaltungsrückstaus notwendig. Dessen Ermittlung wird im anschließenden Kapitel dargestellt.

9.2.3 Darstellung des Instandhaltungsrückstaus der Gebäude (IHR)

Wichtig bei der Erhebung bzw. Ermittlung des Substanzwertes ist die Feststellung, dass es sich hierbei um keine herkömmliche Wertermittlungsmethode handelt. Es sollte nicht der Verkehrswert ermittelt werden, sondern der Substanzwert. Dieser Wert beschreibt monetär wichtige Bauteile, bzw. Anlagen der Immobilie, die eventuell im Laufe des Lebenszyklus der Immobilie eingebaut wurden hinsichtlich ihres jeweiligen Zustands. Durch Anwendung der Methodik von epiqr+ (siehe auch Kapitel 8.2.6) konnte ein monetärer Wert pro Immobilie und Bauteil ermittelt werden, der belastbar genug ist, um für die Untersuchung angewendet werden zu können. Dieser Wert stellt den aktuellen Instandhaltungsrückstau (IHR) der jeweiligen Immobilien dar. In der folgenden Abbildung 49 ist der Instandhaltungsrückstau der untersuchten Immobilien dargestellt.

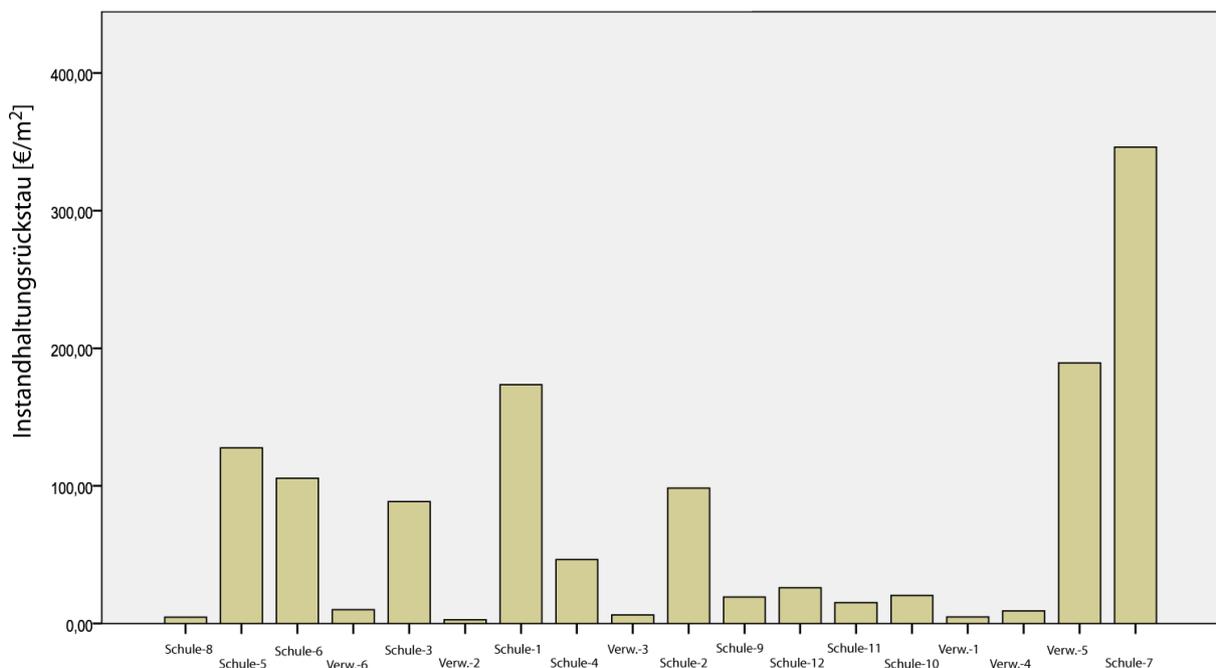


Abbildung 49: Darstellung des Instandhaltungsrückstaus 2004

Auffällig sind die z.T. völlig verschiedenen Ausmaße für den Instandhaltungsrückstau unabhängig davon, um welche Altersklasse es sich handelt. Es ist keine Tendenz zu erkennen, wonach ältere Immobilien einen höheren Rückstau haben. Im Gegenteil, bis auf die beiden ältesten Immobilien haben die älteren Immobilien (Schule 9-Verw. 4) eher einen geringen Rückstau. Man kann von keiner Regel sprechen.

9.2.4 Zusammenhang WEM inklusive IHR und den Herstellungskosten

Erhaltende und verändernde Maßnahmen (WEM) und die Herstellung der Immobilie haben wie beschrieben Einfluss auf den heutigen Zustand der Immobilie, der sich im Instandhaltungsrückstau darstellt. Es werden anschließend Zusammenhänge untersucht und Korrelationen durchgeführt.

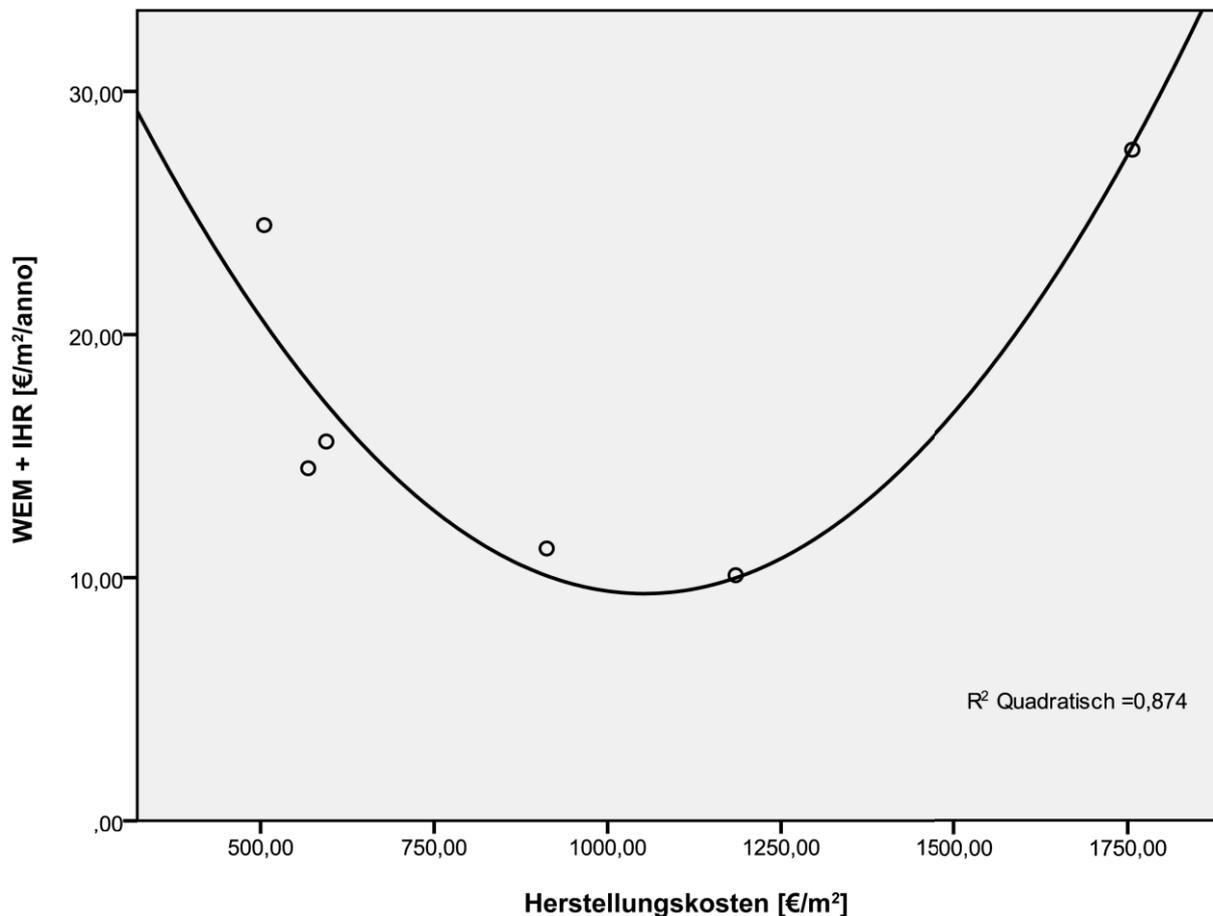


Abbildung 50: Korrelation Summe aus WEM und IHR über Herstellungskosten (Bürogebäude)

In Abbildung 50 wurde für die Gebäudekategorie Büro der Instandhaltungsrückstau addiert mit der Summe der verändernden und erhaltenden Maßnahmen (WEM) im Verhältnis zur jeweiligen Fläche und dem jetzigen Alter über dem Herstellungswert in €/m² aufgetragen. Bei quadratischer Näherung ergibt sich ein Bestimmtheitsmaß von 0,874. Bei den untersuchten Bürogebäuden kann ein Optimum der Herstellungskosten beobachtet werden, welches ungefähr zwischen 1000 und 1100 €/m² (BGF) liegt. Als Erklärungsversuch dient, dass bei zu günstiger Herstellung wahrscheinlich die Qualität nicht ausreichend ist, was wiederum zu

hohen Unterhaltskosten führt. Bei zu teurer Herstellung ist der Ausstattungsgrad wiederum so groß, dass schon aus diesem Grund die Folgekosten steigen.

Für die Gebäudekategorie Schule erreicht das Bestimmtheitsmaß bei quadratischer Betrachtung lediglich 0,158. Selbst nach dem Eliminieren der Schulen²⁷⁶, die sich hinsichtlich der Herstellungskosten zwischen ca. 800€/m² und 1.250€/m² liegen, erreicht das Bestimmtheitsmaß bei quadratischer Betrachtung nur einen Wert von 0,5 (Siehe auch gestrichelte Linie in Abbildung 51). Anhand dieser Einteilung scheint es in dieser Untersuchungsgruppe keinen zwingenden Zusammenhang zwischen Herstellungskosten und resultierenden Lebenszykluskosten in Form der WEM und IHR Kosten zu geben.

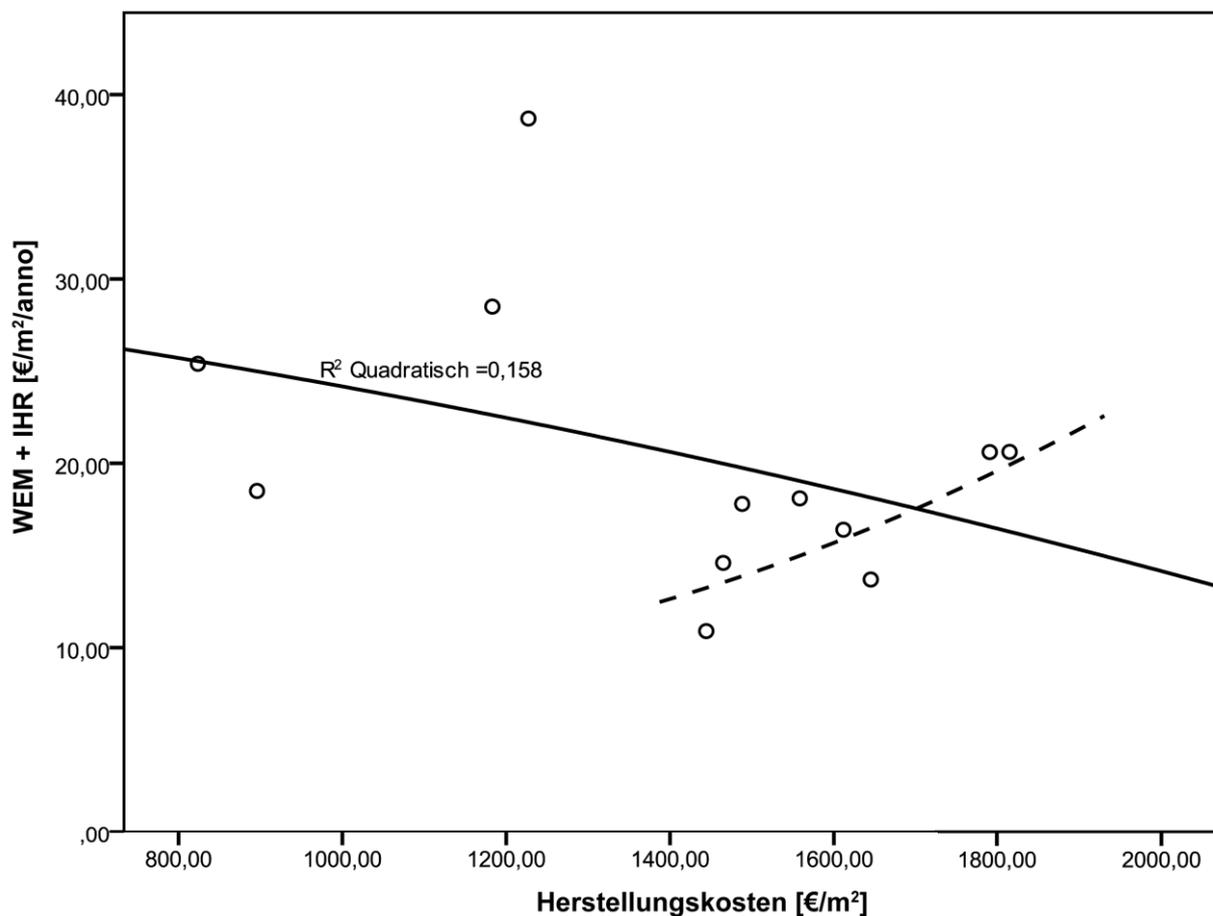


Abbildung 51: Korrelation Summe aus WEM + IHR über Herstellungskosten Gebäudecluster Schule

Schulgebäude (Schule 10,11 und 12) sind Grundschulen und hinsichtlich der Größe und Nutzung
ulgebäudes. Es handelt sich mittlerweile fast um

Es ist also notwendig zum einen die Gebäude der Untersuchungsgruppe genauer zu betrachten, Auslöser für einzelne Maßnahmen zu untersuchen und zum anderen die Bauteile, die im Wesentlichen zu den Lebenszykluskosten beitragen genauer zu untersuchen, um daraus über eine zu entwickelnde Bauteilstrategie schließlich eine Gebäudegesamtstrategie zu erhalten.

9.2.5 Durchschnittliche WEM-Ausgaben pro Lebensphase

Vergleicht man die Immobilien hinsichtlich ihrer erhaltenden und verändernden Maßnahmen ergibt sich folgendes Bild:

In Abbildung 52 sind die durchschnittlichen Ausgaben für verändernde und für erhaltende Maßnahmen unterteilt nach unterschiedlichen Altersgruppen im Durchschnitt über alle untersuchten Immobilien dargestellt.

Auffällig bei der Analyse der Daten ist, dass die Kosten für erhaltende Maßnahmen bis zu einem Alter von 35 Jahren stetig ansteigen (siehe auch Abbildung 52).

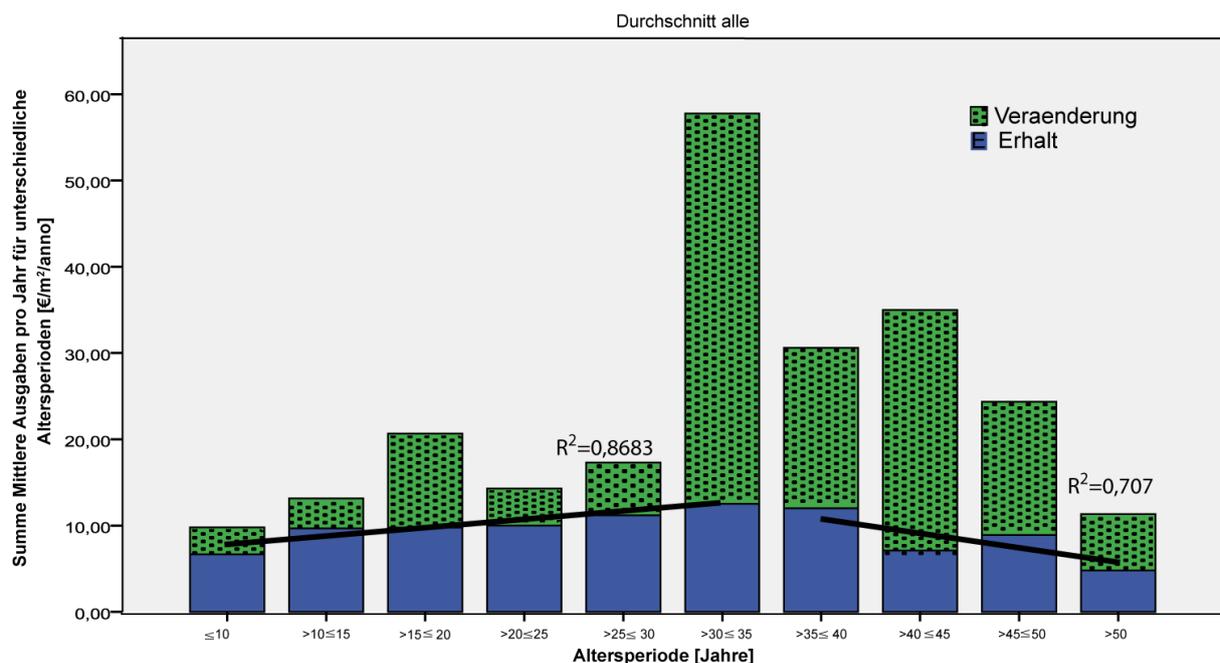


Abbildung 52: Durchschnittliche Ausgaben für Maßnahmen im Bestand pro Jahr und Fläche

Der Trend kehrt sich nach diesem Alter ins Gegenteil um. Dieser Zusammenhang ist in Form von zwei Regressionsgeraden für die Altersabschnitte I (Alter kleiner als 35 Jahre) und Altersabschnitt II (älter als 35 Jahre) dargestellt. Im ersten Altersabschnitt beträgt das Bestimmtheitsmaß R^2 der Regressionsgeraden über den Durchschnitt der erhaltenden Maßnahmen verschiedener Altersperioden 0,87. Für den

Altersabschnitt über 35 Jahre beträgt dieser 0,707. Die Gründe für diese Entwicklung sind noch unklar, es liegt jedoch die Vermutung nahe, dass dies in den aufgrund des höheren Alters zahlenmäßig geringeren Untersuchungsobjekten begründet liegt.

9.2.6 Entwicklung einer Kenngröße (SWEE) zur Bewertung von WEM+IHR+HW zwischen den unterschiedlich alten Immobilien

In diesem Kapitel wird eine Kenngröße entwickelt, mit der ein direkter Vergleich der lebenslangen Ausgaben für erhaltende und verändernde Maßnahmen (WEM), dem resultierenden Instandhaltungsrückstau (IHR) und den Ausgaben für Herstellung ganz zu Beginn des Lebenszyklus ermöglicht. Würde man alle vier Kostenblöcke (Erhalt, Bestandsveränderung, IHR und Herstellung jeweils indiziert auf ein Basisjahr) aufaddieren erhielte man je nach Alter eine jeweils unterschiedliche Gewichtung der einzelnen Ausgabenblöcke. Es muss also für alle Kostenblöcke die gleiche Dimension gefunden werden.

Ausgangspunkt ist die Einbeziehung folgender Variablen²⁷⁷:

- **HW:** Summe aller Herstellungskosten (Herstellungswert)²⁷⁸ einer Immobilie
- **IHR:** Summe des Instandhaltungsrückstaus (Betrachtungszeitpunkt 2004)
- **WEM:** Summe aller erhaltenden (WEHM) und verändernden Maßnahmen (WESM) vom Herstellungszeitpunkt bis zum Jahr 2004
- Folgende Faktoren sind für die Entwicklung der Formel von Bedeutung:
- **Alter:** Alter der Immobilie zum Zeitpunkt 2004
- **Fläche:** Bruttogrundfläche [BGF] in m² der Immobilie zum Zeitpunkt 2004 nach DIN 277²⁷⁹

Für die Variable HW gilt, dass dieser Wert einmal auftritt, aber nicht im Laufe des Lebenszyklus variiert wird²⁷⁸. D.h. diese Variable wird zu Beginn festgelegt und übt dadurch Einfluss auf den Lebenszyklus aus. Alle Maßnahmen die beispielsweise die Qualität im Nachhinein positiv verändern könnten schlagen sich in der Variable „WEM“ nieder. Diese Variable beinhaltet Instandhaltungsmaßnahmen gleichermaßen

²⁷⁷ vgl. [Peter84], Seite 144

²⁷⁸ Wie sich schon bei genauer Betrachtung von Abbildung 39 zeigt, sind die Herstellungskosten nicht wirklich fix, sondern in gewisser Weise variabel, da bei einigen der untersuchten Gebäude der Bestand über die Jahre hinweg erweitert wurde. Diese Erweiterungen tauchen in der Datenbank als Neubaukosten mit anderem Herstellungsdatum auf. Trotzdem sollen die Herstellungskosten als Fixkosten in der Formel bezeichnet werden.

²⁷⁹ Vgl. [GrHa82]

wie Modernisierungsmaßnahmen. Die Fragestellung derer nachgegangen wird, ist, inwieweit sich bei den untersuchten Immobilien der Herstellungswert auf den anschließenden Unterhalt (WEM) auswirkt. Die Immobilien werden bezüglich ihres spezifischen Verhältnisses zwischen Instandhaltung und Herstellungswert, Modernisierung und Herstellungswertes miteinander verglichen. Grundlage war die oben beschriebene Überlegung einer angenommenen Lebensdauer einer Gesamtimmobilie. Peter²⁸⁰ nimmt diese Lebensdauer mit 80 Jahren an.

$$SWEE_{80} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n HW_i}{80} + \frac{\left(IHR_T + \sum_{j=1}^m WEM \right)}{Alter_T} \right) \frac{1}{BGF_T} \quad (Gl. 6)$$

Der SWEE-Formel wird eine 80-jährige Lebensdauer der untersuchten Immobilien zugrunde gelegt. Diese Lebensdauer wird auf die Herstellungskosten implementiert. Die Kosten für WEM und IHR werden auf das aktuelle Alter bezogen. Alle drei Faktoren besitzen somit die gleiche Dimension $-\text{[€/m}^2\text{/anno]}-$ und können verglichen werden.

Die Kenngröße SWEE ist eine annuisierte Darstellung der Lebenszykluskosten für Herstellung (HW), Veränderung (WESM), Erhaltung (WEHM) und Instandhaltungsrückstau (IHR). Nachfolgend sind die Ergebnisse der Kenngröße SWEE und gegenseitige Abhängigkeiten dieser drei Faktoren dargestellt²⁸¹.

²⁸⁰ vgl. [Peter84], Seite 144

²⁸¹ Anmerkung: bei Anwendung der SWEE Formel mit einer angenommenen Lebensdauer von 80 Jahren, wie üblicherweise in öffentlichen Verwaltungen angenommen, ändert sich die Reihenfolge der Immobilien in den Altersklassen nicht. Sie bleibt dieselbe.

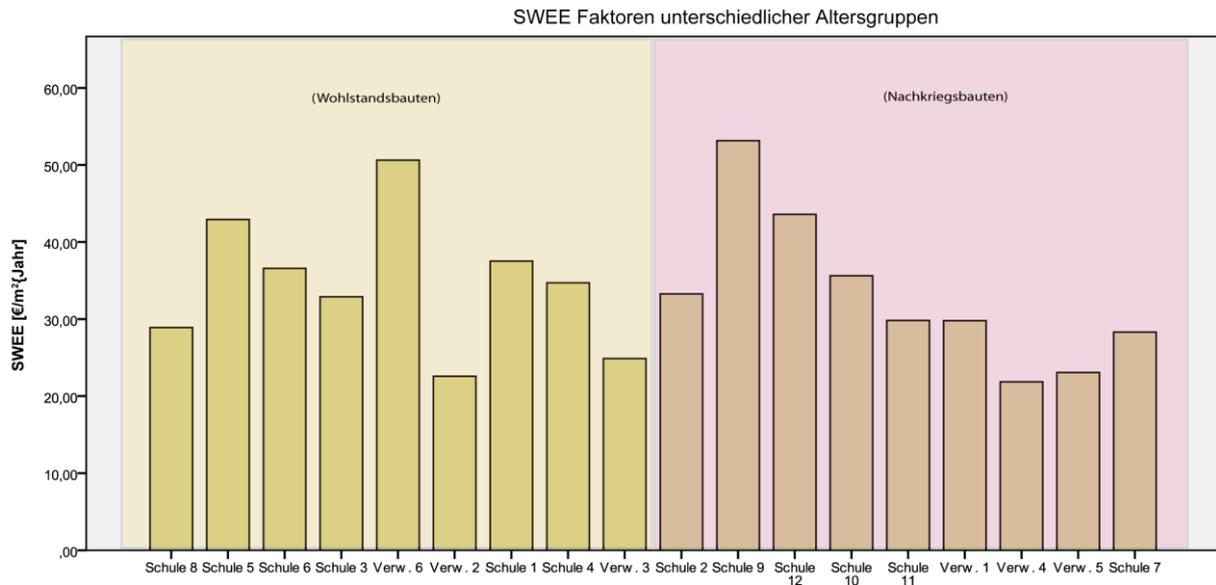


Abbildung 53: SWEE Verteilung der untersuchten Immobilien

In Abbildung 53 sind die verschiedenen Immobilien anhand ihres SWEE-Wertes dargestellt. Von rechts nach links ist die jeweils jüngste bis älteste Immobilie dargestellt.

9.2.7 Ermittlung Best und Worst Practice Immobilien bezüglich SWEE

In der folgenden Tabelle 15 werden aus jeder Altersgruppe die jeweils „effizientesten“ Schul- und Bürogebäude aufgelistet. Anschließend werden diese Immobilien hinsichtlich ihrer lebenslangen Unterhaltung bezüglich Art und Zeitpunkt von Maßnahmen genauer beleuchtet.

Tabelle 15: Best Practice für SWEE unterteilt nach Altersgruppe und Gebäudekategorie

Gebäude (Best Practice)	SWEE	Gebäudekategorie
Altersklasse Wohlstandsbauten		
Schule 8	28,9	Schulgebäude
Verw. 2	22,6	Bürogebäude
Altersklasse Nachkriegsbauten		
Schule 7	28,3	Schulgebäude
Verw. 4	21,9	Bürogebäude

In der Altersklasse der Wohlstandsbauten rangiert Schule 8 als Schulgebäude mit insgesamt gesehen den geringsten Ausgaben über den Lebenszyklus hinweg und Verwaltungsgebäude 2 im Bereich der Bürogebäude.

In der Altersgruppe der Nachkriegsbauten ist Schule 7 das bezüglich der Kosten am günstigsten erhaltene Schulgebäude und desgleichen Verwaltungsgebäude 4 für die Kategorie der Bürogebäude.

In Tabelle 16 nun werden anhand der gleichen Systematik die Worst Practice Immobilien aufgelistet.

Tabelle 16: Worst Practice für SWEE unterteilt nach Altersgruppe und Gebäudekategorie

Gebäude Practice)	(Worst SWEE	Gebäudekategorie
Altersklasse Wohlstandsbauten		
Schule 5	42,9	Schulgebäude
Verw. 6	50,6	Bürogebäude
Altersklasse Nachkriegsbauten		
Schule 9	53,2	Schulgebäude
Verw. 1	29,8	Bürogebäude

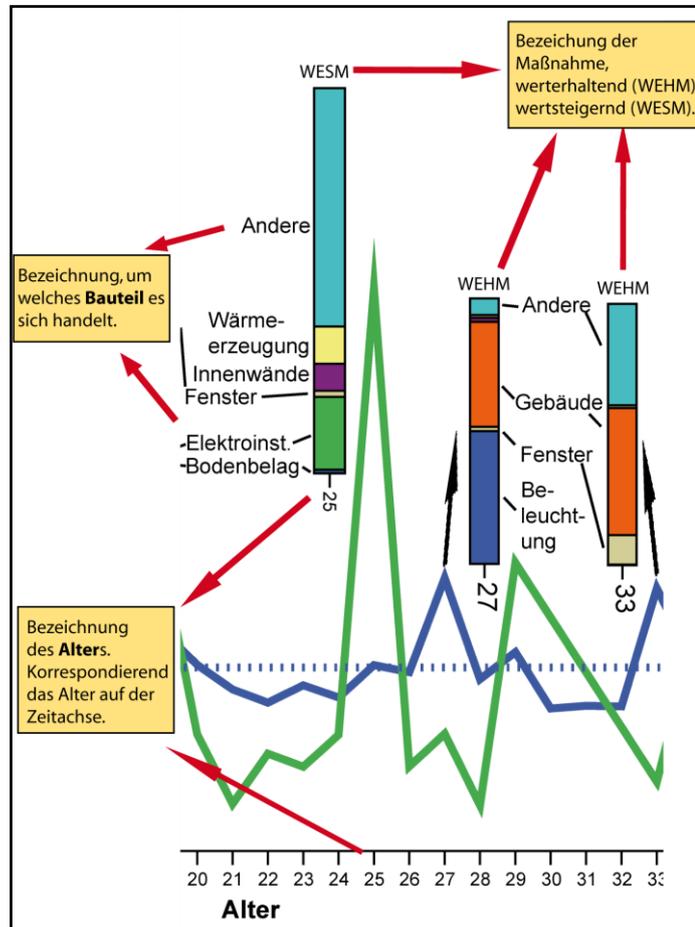
In der Altersklasse der Wohlstandsbauten ist die Schule 5 und das Verwaltungsgebäude 6 bezüglich des SWEE Wertes am schlechtesten bei den Nachkriegsbauten sind dies Schule 9 und Verwaltung 1.

Die Best Practice und die Worst Practice Immobilien sollen im folgenden Abschnitt hinsichtlich ihrer lebenslangen Unterhaltung bezüglich Art und Zeitpunkt von Maßnahmen genauer betrachtet werden.

9.2.7.1 Analyse Lebenszyklen der einzelnen Immobilien

In den folgenden Abbildungen werden die Best sowie die Worst Practice Immobilien bezüglich des SWEE Faktors detaillierter dargestellt. Es ist der Lebenszyklus dieser Immobilien unter Hervorhebung und Detaillierung maximaler Kostenwerte aufgetragen.

Für das Verständnis der nächsten Abbildungen ist folgendes zu beachten. Die Kosten für erhaltende Maßnahmen während des gesamten Lebenszyklus sind in blau als Linie dargestellt. Die Kosten für verändernde Maßnahmen entsprechend in grün. Darüber hinaus ist der Durchschnitt aller erhaltenden Maßnahmen als waagrechte gestrichelte blaue Linie dargestellt. An besonders hervorzuhebenden Zeitpunkten (wenn die jeweilige Kostenkurve



ein Maximum erreicht) sind die jeweils betroffenen Bauteile qualitativ in einem angefügten Balkendiagramm dargestellt. Über jedem Balken ist ein Kürzel –WEHM für Erhaltung und WESM für Veränderung- dargestellt. Handelt es sich bspw. um Erhaltung ist dieser Balken der nächstliegenden Spitze der Erhaltungskostenkurve zuzuordnen. Unter dem Balken ist zur besseren Zuordnung jeweils das betroffene Alter abgebildet.

1. Schule 8 Best Practice Wohlstandsbauten

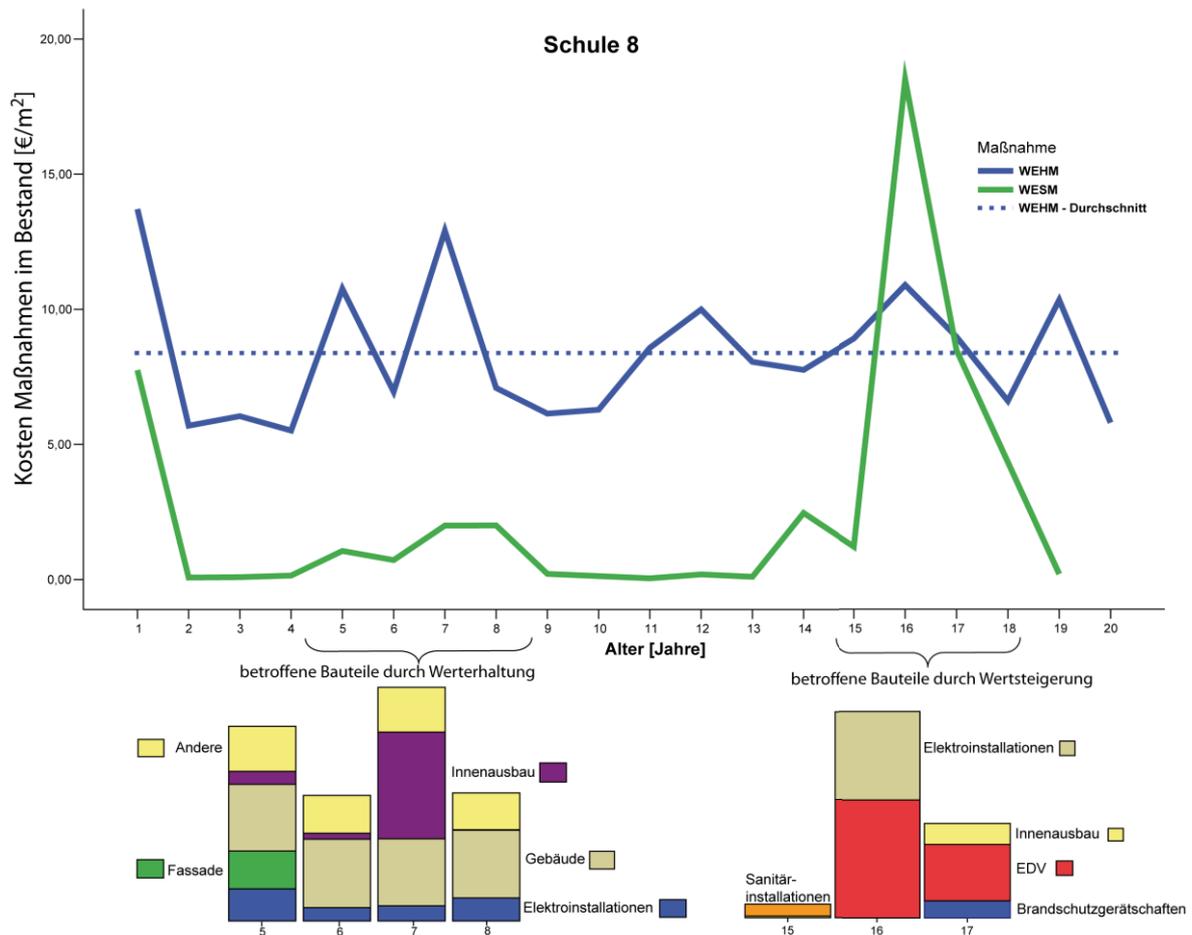


Abbildung 54: Schule 8: Lebenszyklus unter detaillierter Betrachtung bauteilbezogener Ausgaben für WEM

In Abbildung 54 ist jeweils die Höhe der Kosten für Erhaltung und für Veränderung über den Lebenszyklus von Schule 8 dargestellt. Bei vergleichsweise hohen Kosten für verändernde oder erhaltende Maßnahmen sind die betroffenen Bauteile in den jeweiligen Jahren hervorgehoben. Im Alter zwischen 16 und 17 Jahren sind Modernisierungsarbeiten zur Installation einer EDV-Anlage festzustellen. Auslöser für diese Maßnahme ist nach Überprüfung der Datenbank der Wunsch des Nutzers für die Errichtung eines schulinternen Computernetzwerkes. Die ebenfalls durchgeführten Arbeiten an der Elektroinstallation sind ebenfalls Teil der Installation dieses Netzwerkes. Der Einbau von rauchdichten Fensterelementen, was aus

versicherungsrechtlichen Gründen notwendig war, und damit als Auslöser „behördliche Auflagen“ hatte.

Bei näherer Betrachtung neuralgischer Zeitpunkte bei der Instandhaltung fallen neben dem Bauteil „Gebäude“, welches bedingt durch die regelmäßigen Hausmeisterleistungen diesen hohen Anteil besitzt, im Alter von 5 Jahren das Bauteil Fenster auf. Zu diesem Zeitpunkt war ein größerer Glasschaden an der Überdachung der Aula zu verzeichnen.

Im Alter von 7 Jahren gab es einen Einbruch und Brandschaden, der erhöhte Kosten verursachte.

2. Schule 5 Worst Practice Wohlstandsbauten

In der nächsten Abbildung (Abbildung 55) wird nun der Verlauf der Kosten des Worst Practice in der Altersgruppe „Wohlstandsbauten“ dezidiert betrachtet.

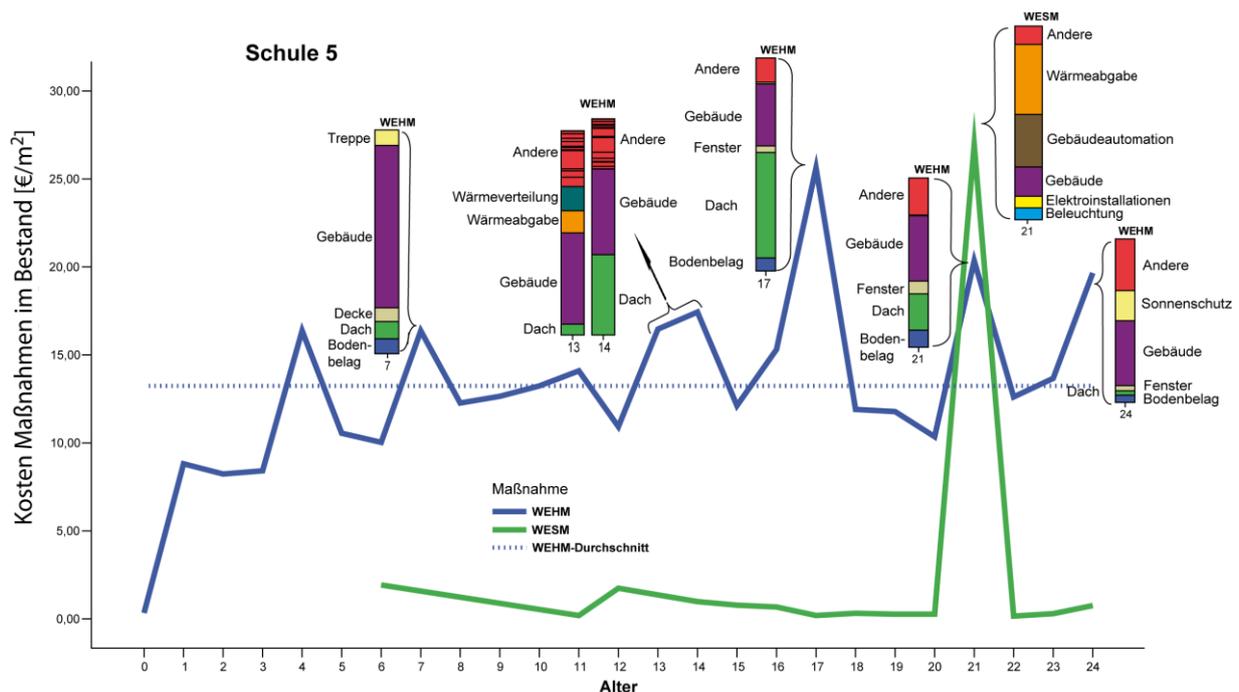


Abbildung 55: Schule 5: Lebenszyklus unter detaillierter Betrachtung bauteilbezogener Ausgaben für Erhaltung und Veränderung

Auffallend im Vergleich zu Schule 8 (siehe Abbildung 54) ist, dass die durchschnittlichen Erhaltungskosten (gestrichelte blaue Linie) deutlich höher liegen. Bei Schule 8 betragen diese 8,3 €/m² während sie sich bei Schule 5 bereits auf 13,2 €/m² belaufen. Dies sind um 63% höhere Kosten. Bei Analyse der Kosten fällt auf, dass diese Schule ein wiederkehrendes Problem der Dachkonstruktion hat. Darüber

hinaus sind die Bodenbeläge und die Fenster Schwachstellen dieser Immobilie²⁸². Verändernde Maßnahmen fallen kostenmäßig nur einmal ins Gewicht, im Alter von 21 Jahren. Zu diesem Zeitpunkt wurde die Beleuchtung erneuert, die Wärmeverteilung und Heizungsregelung der Sporthalle saniert bzw. erneuert (Einbau einer neuen MSR-Technik).

3. Verwaltung 2 Best Practice Wohlstandsbauten

Zum weiteren Vergleich und Verständnis wird in der nächsten Abbildung das im Verlauf des gesamten Lebenszyklus bezüglich der Ausgaben am günstigsten Verwaltungsgebäude näher beleuchtet.

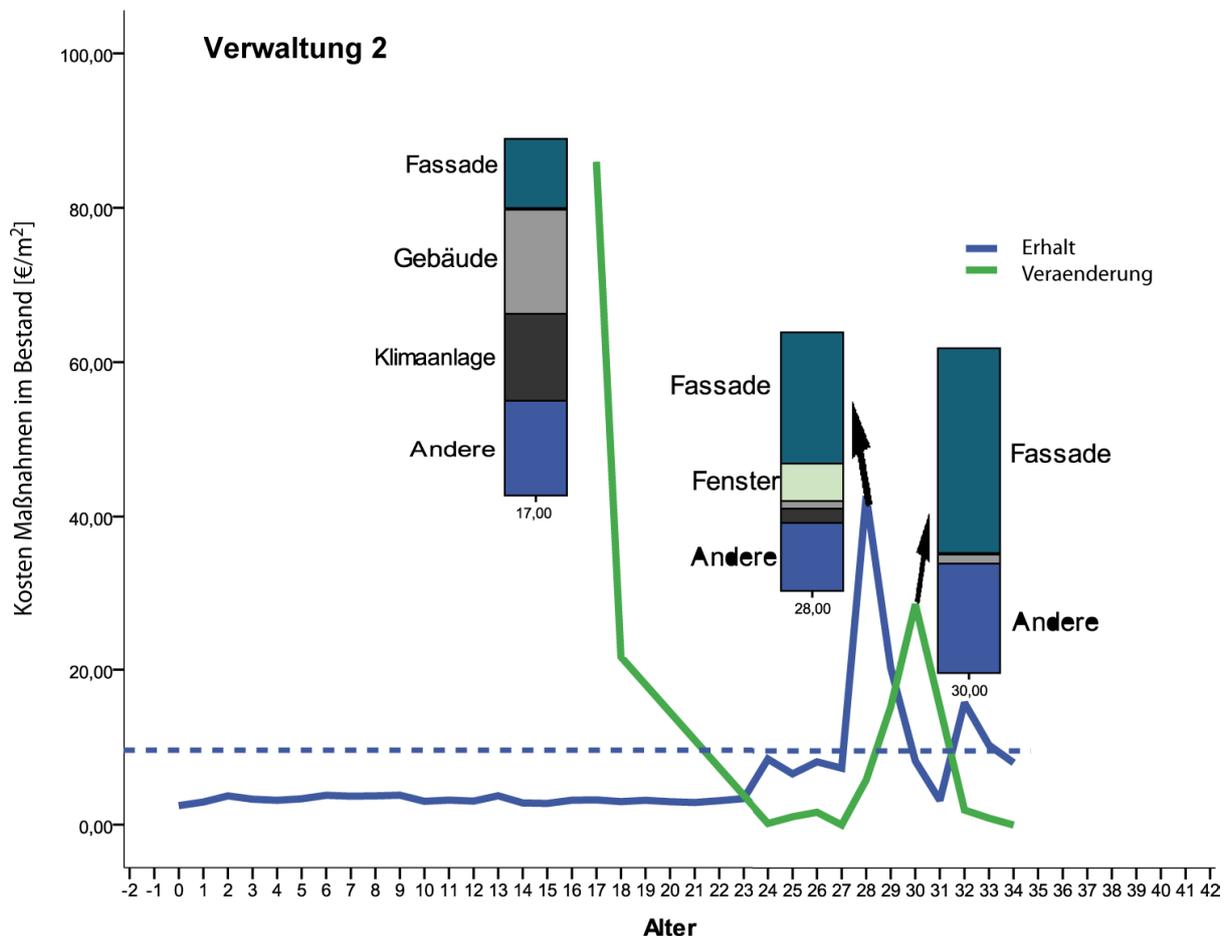


Abbildung 56: Verw. 2: Lebenszyklus unter detaillierter Betrachtung bauteilbezogener Ausgaben für Erhaltung und Veränderung

Die Ortsbegehung zur Ermittlung des Instandhaltungsrückstaus hat genau diesen Sachverhalt bestätigt.

Beim Verwaltungsgebäude 2 fällt auf, dass relativ lange keine verändernden Maßnahmen unternommen wurden, erst im Alter von 17 Jahren. Hier wurde eine Asbestsanierung durchgeführt. Erhaltende Maßnahmen wurden bis zum Alter von 24 Jahren lediglich kleine durchgeführt. Ab diesem Zeitpunkt beginnt die Notwendigkeit von Maßnahmen verändernder Art sowie erhaltender Art an Fassade und Fenstern. Im letzten Jahr sind bei den erhaltenden Maßnahmen auch die Bauteile enthalten, die infolge der Ermittlung des Instandhaltungsrückstau notwendig wären. In diesem Fall handelt es sich um die Bauteile Fenster und Sonnenschutz.

Bei Verwaltungsgebäude 2 ist SWEE noch höher als bei Schule 5. Der durchschnittliche Aufwand für Instandhaltung liegt hier abermals höher. Der Aufwand liegt nochmals um 63% über dem Aufwand für Schule 5.

4. Verwaltung 6 Worst Practice Wohlstandsbauten

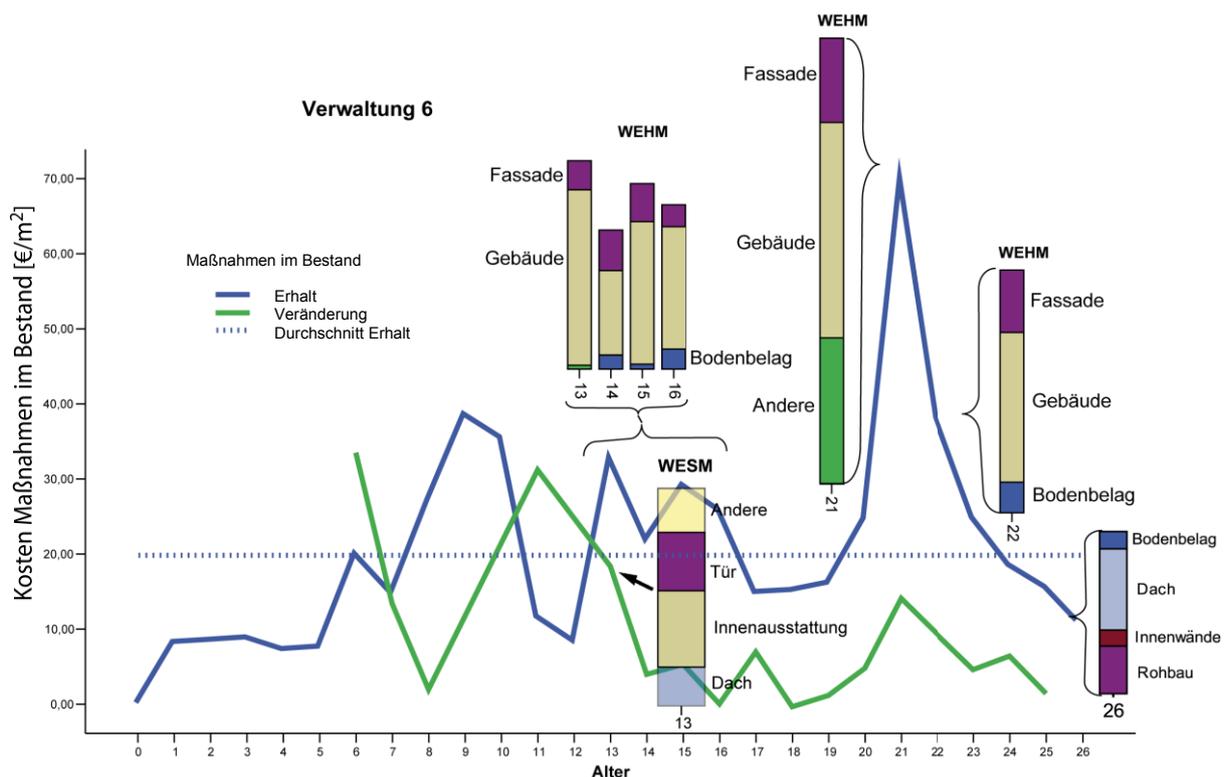


Abbildung 57: Verwaltung 6: Lebenszyklus unter detaillierter Betrachtung bauteilbezogener Ausgaben für Erhaltung und Veränderung

Zur Abbildung 57 muss erwähnt sein, dass für eine dezidierte Untersuchung der Maßnahmen (Spitzen für Instandhaltung im Alter von 9 und 10 Jahren sowie für

Modernisierung bei 6 und 11 Jahren) zu Beginn des Lebenszyklus keine detaillierten Daten vorlagen. Lediglich die jährliche Gesamtsumme für Modernisierung und Instandhaltung konnte für die Untersuchung herangezogen werden. Bleibt festzuhalten, dass auch bei dieser Immobilie verschiedene Schwachstellen zu finden sind, die die Folgekosten in die Höhe treiben. Für die laufende Instandhaltung sind dies die Fassade und die Bodenbeläge, während es für Modernisierungsmaßnahmen das Dach, die Innenausstattung und Türen im Innenausbau sind. In den nächsten Abbildungen wird die Altersklasse der Nachkriegsbauten beleuchtet.

5. Schule 7 Best Practice Nachkriegsbauten

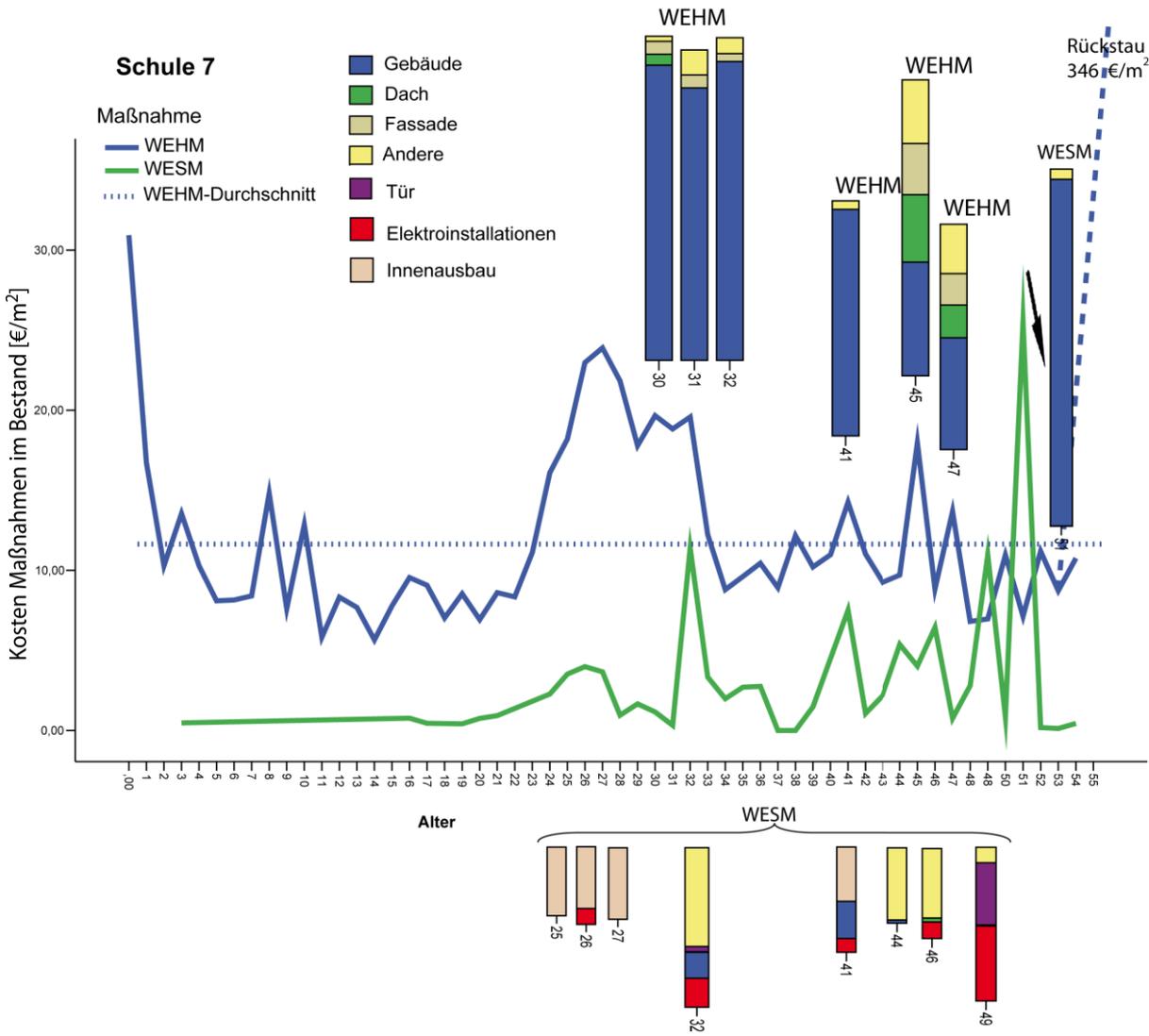


Abbildung 58: Schule 7: Lebenszyklus unter detaillierter Betrachtung bauteilbezogener Ausgaben für Erhaltung bzw. Veränderung

6. Schule 9 Worst Practice Nachkriegsbauten

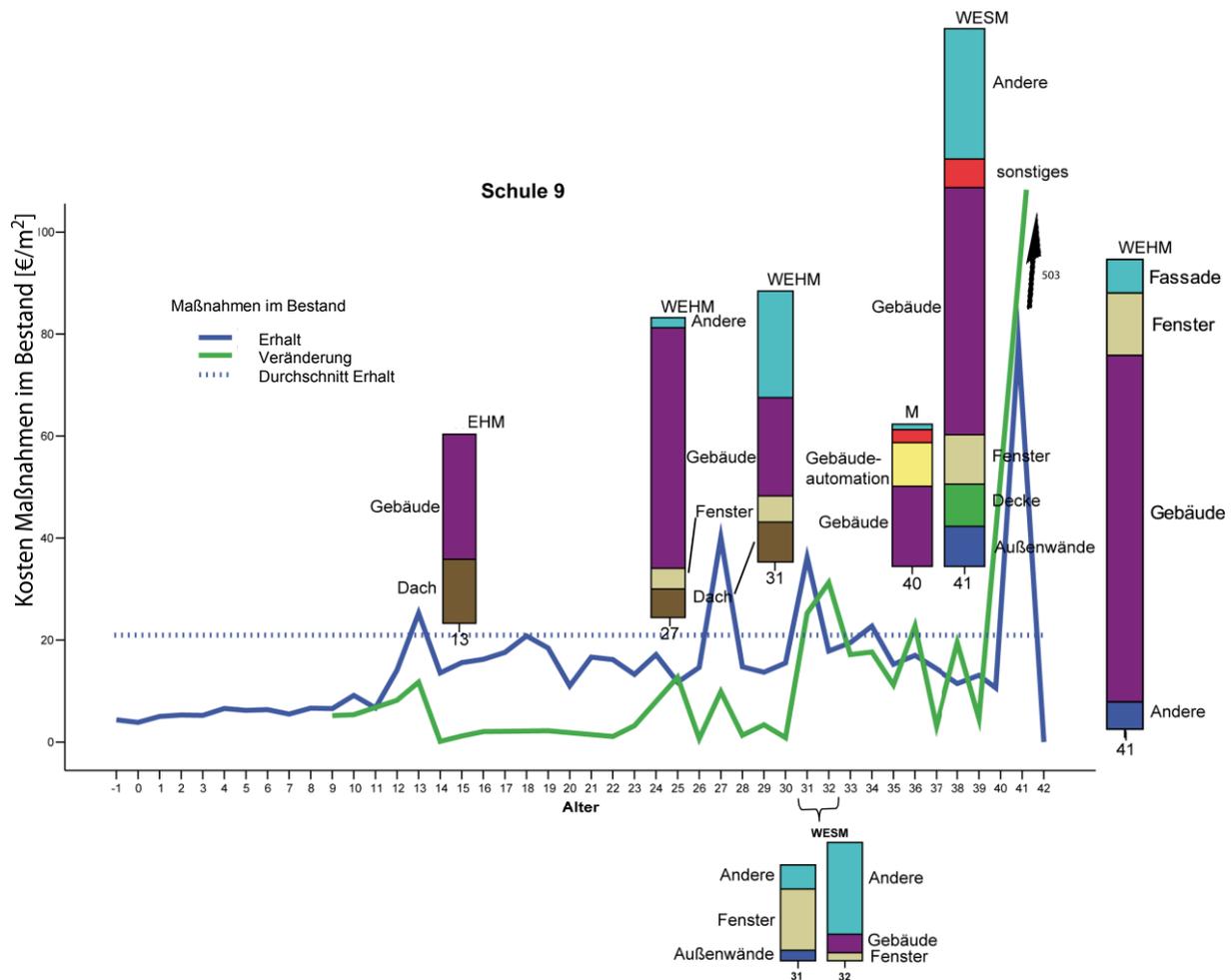


Abbildung 59: Schule 9: Lebenszyklus unter detaillierter Betrachtung bauteilbezogener Ausgaben für Erhalt und Veränderung

Auffällig bei den Vergleichen zwischen Best- und Worst Practice ist, dass im Fall der Worst-Practice Immobilien die durchschnittlichen Ausgaben für erhaltende Maßnahmen grundsätzlich höher liegen als bei den Best-Practice Immobilien und im Lebenszyklus vermehrt verändernde Maßnahmen durchgeführt werden mussten.

Anhand der untersuchten Immobilien war es nicht möglich ein bestimmtes Muster für optimalen Unterhalt zu ermitteln. Untersuchungen über Häufigkeit oder Höhe von verändernden Maßnahmen im Verhältnis zu erhaltenden Maßnahmen oder ein Zusammenhang zwischen Herstellung und resultierenden Kosten für Erhalt oder Veränderung (WEM) (siehe hierzu auch Kapitel 9.2.4) konnten weitgehend keine zwingenden Zusammenhänge hervorbringen. Eine globale Betrachtung der Immobilien scheint nicht ausreichend zu sein. Aus diesem Grund werden im folgenden Abschnitt einzelne Bauteile und Bauteilgruppen näher beleuchtet.

9.3 Entwicklung von Unterhaltsstrategien für Bauteile

9.3.1 Kostenintensivste Bauteile während Lebenszyklus aller Immobilien

Im Folgenden werden für alle Gebäude der Untersuchung und für die jeweiligen Betrachtungsgruppen die im Lebenszyklus kostenmäßig teuersten Bauteile dargestellt.

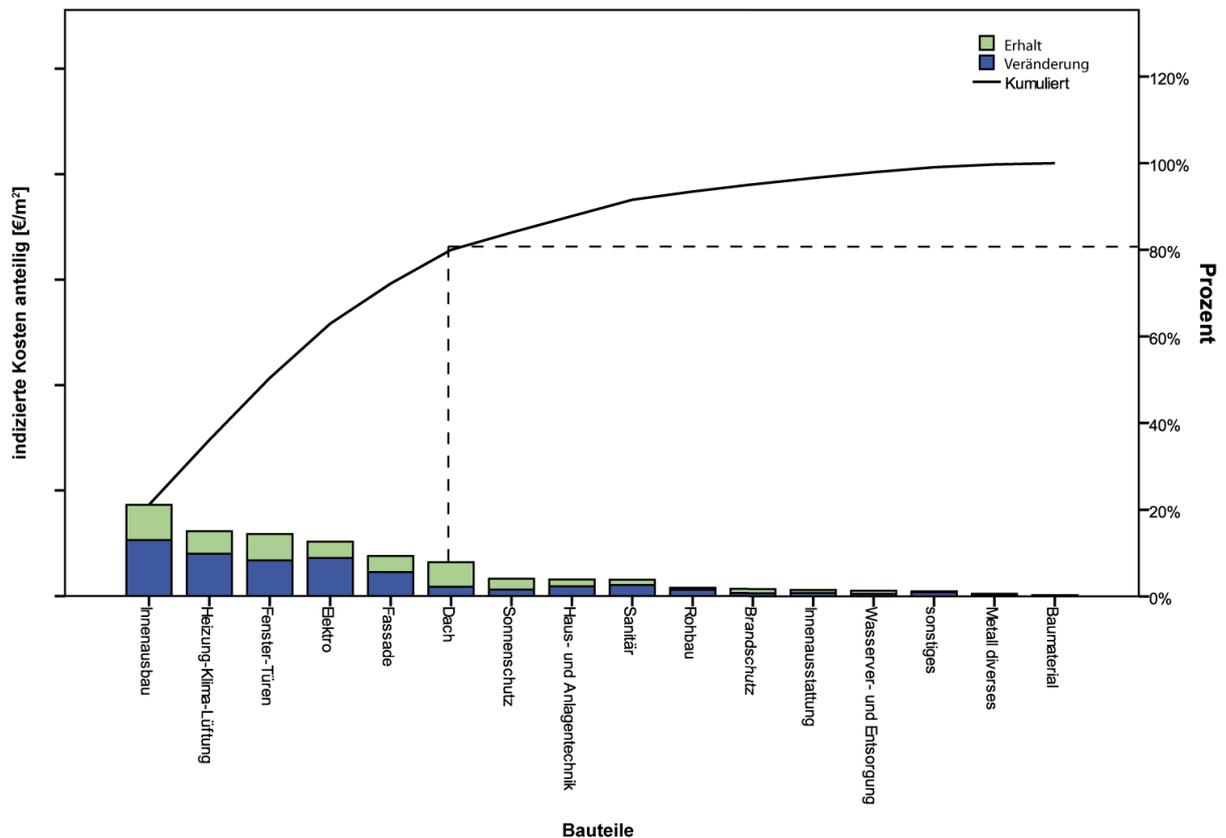


Abbildung 60: ABC Analyse Kosten WEM nach Bauteilen in Paretdarstellung

Die in Abbildung 60 dargestellte Verteilung aller Kosten für Veränderung und Erhalt (WEM) aller untersuchten Immobilien über deren gesamten Lebenszyklus zeigt, dass bereits mit 6 Bauteilgruppen knapp mehr als 80% aller bauteilbezogenen Lebenszykluskosten erreicht sind.

Es handelt sich um folgende Bauteile oder Bauteilgruppen:

1. Innenausbau
2. Heizung-Klima-Lüftung
3. Fenster-Türen
4. Elektro
5. Fassade
6. Dach

Auch bei Betrachtung der einzelnen Altersgruppen ergibt sich diesbezüglich kein anderes Bild. Lediglich die Reihenfolge der drei kostenträchtigen Bauteile ändert sich. Bei der altersmäßig noch nicht so in die Jahre gekommenen Gruppe der Wohlstandsbauten macht das Bauteil Außen-Fenster-Türen den größten Kostenblock aus. Offensichtlich war hier der Innenausbau und die Modernisierung der Heizung-Klima und Lüftung noch nicht vorrangig, wenn doch sehr kostenintensiv (siehe auch Abbildung 61 und Abbildung 62).

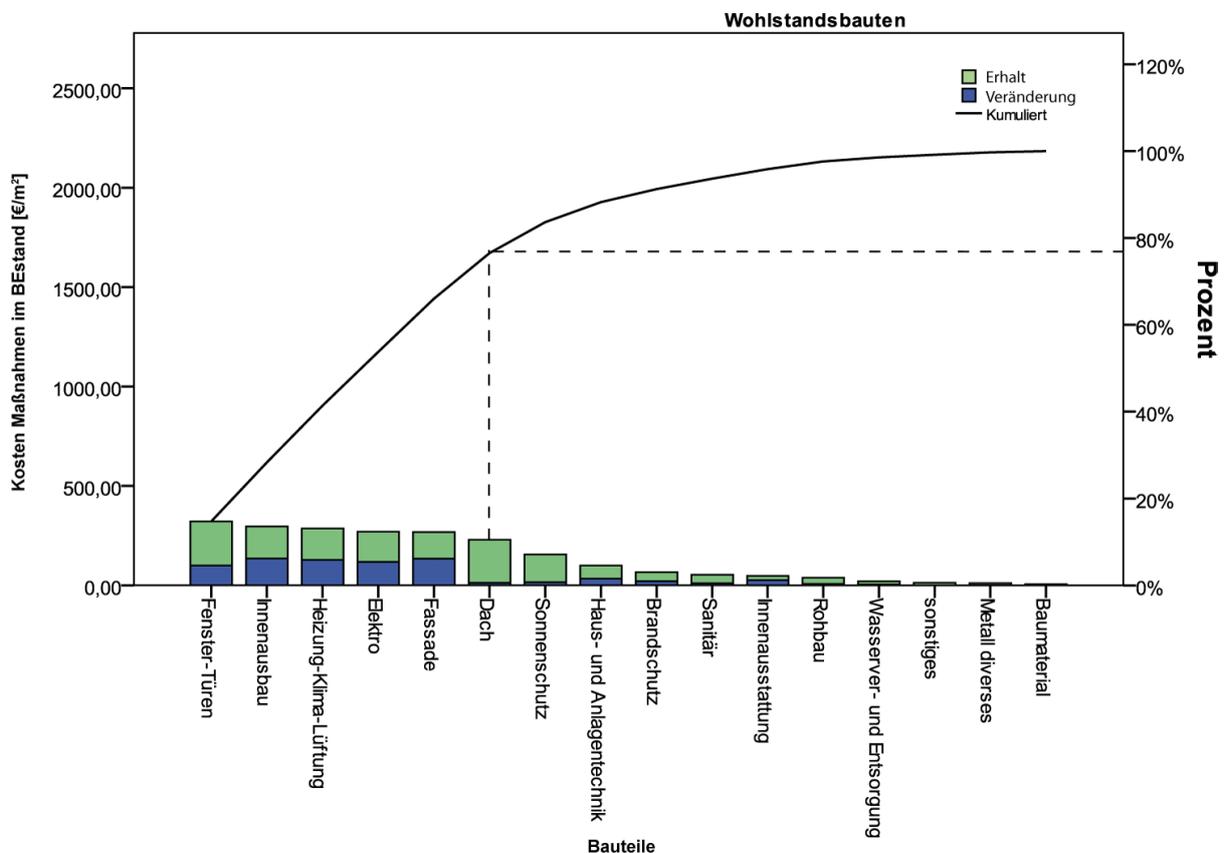


Abbildung 61: ABC Analyse Kosten WEM nach Bauteilen in Paretodarstellung (Wohlstandsbauten 1965-1980)

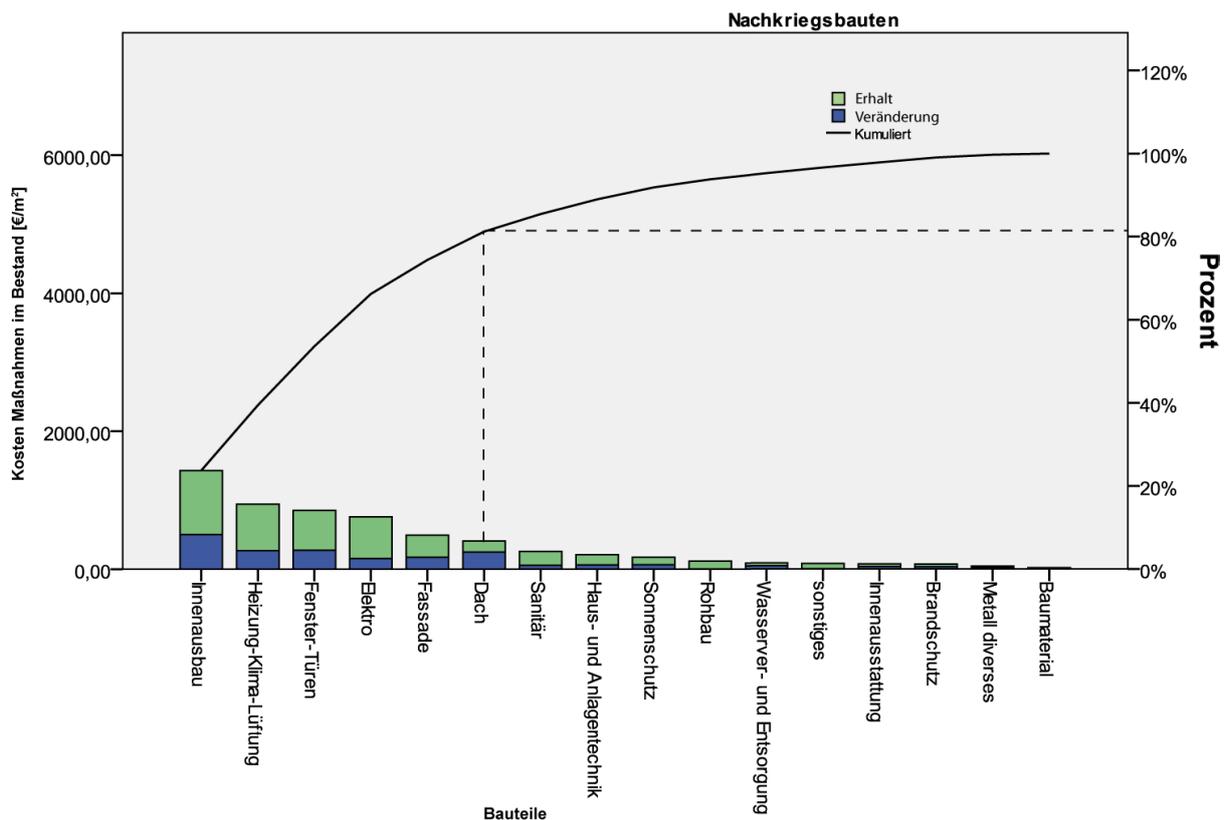


Abbildung 62: ABC Analyse Kosten WEM nach Bauteilen in Paretodarstellung (Nachkriegsbauten 1950-1965)

Ein Ziel einer Erhaltungsstrategie für ein Gebäude ist die Kostenminimierung (siehe auch Kapitel 4.2). Um dieses Ziel mit einer Strategie zu erreichen genügt es demnach sich auf die kostenseitig wesentlichen Bauteile zu beschränken. Für die übrigen Bauteile genügt es nach den jeweiligen Zielen, welche das sogenannte Instandhaltungsobjekt seitens der Nutzung erfüllen soll zu fragen. Nach *Klingenberger* sind dies Ziele mit folgenden Anforderungen²⁸³²⁸⁴:

- technische
- ökonomische
- ökologische
- soziokulturelle

Drei der Anforderungen entsprechen den drei Leitgedanken der Nachhaltigkeit; Ökologie, Ök

Ist man sich als Verantwortlicher über die entsprechenden Ziele für das Instandhaltungsobjekt im Klaren, ist es notwendig die Risiken eines Ausfalls des jeweiligen Bauteils zu ermitteln.

‘Klingenberg’ entwickelt hierfür eine Bewertungsmatrix, welche das Risiko eines Ausfalls darstellt.

Ausfall eines Instandhaltungsobjekts		Auswirkungen eines Ausfalls				
		1 unbedeutend	2 bedeutend	3 ernst	4 sehr ernst	5 katastrophal
Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls	A sehr unwahrscheinlich	A1	A2	A3	A4	A5
	B unwahrscheinlich	B1	B2	B3	B4	B5
	C möglich	C1	C2	C3	C4	C5
	D wahrscheinlich	D1	D2	D3	D4	D5
	E sehr wahrscheinlich	E1	E2	E3	E4	E5

Erläuterungen:



Handlungsstufe I (geringes Risiko eines Ausfalls):
Auf vorbeugende Instandhaltungsmaßnahmen kann verzichtet werden.



Handlungsstufe II (mittleres Risiko eines Ausfalls):
Vorbeugende Instandhaltungsmaßnahmen sind empfehlenswert.



Handlungsstufe III (hohes Risiko eines Ausfalls):
Vorbeugende Instandhaltungsmaßnahmen sind erforderlich.



Die Bestimmung des Entscheidungsprinzips ist zu überprüfen. Das verfügbarkeitsorientierte und das nutzungsbezogene Entscheidungsprinzip sind aufgrund der Auswirkungen eines Ausfalls vorzuziehen.

Abbildung 63: Risikomatrix des Ausfalls eines Instandhaltungsobjekts [KlJo07]²⁸⁵

Für eine ökonomische Betrachtung reicht es wie oben schon beschrieben die wesentlichen Bauteile zu betrachten.

Bei den untersuchten Immobilien sind dies folgende Bauteile bzw. Bauteilgruppen:

1. Innenausbau
2. Heizung-Klima-Lüftung

²⁸⁵ Vgl. [KlJo07], Seite 163

3. Fenster und Türen (Außen)
4. Elektroinstallationen
5. Fassade
6. Dach

Diese Bauteile sollen für die exemplarische Entwicklung einer auf Realdaten basierenden Instandhaltungsstrategie im Folgenden untersucht werden. Dafür ist es notwendig zu untersuchen, welche Auslöser für welche Maßnahmen im Lebenszyklus der Immobilien maßgeblich waren.

9.3.2 Maßnahmen-Auslöser Kombinationen

Zunächst werden zu diesem Zweck die Auslöser für die an der Immobilie durchgeführten Maßnahmen untersucht. Über alle Lebensphasen hinweg konnten folgende Maßnahmen – Auslöser-Kombinationen wie in Abbildung 64 dargestellt, als die häufigsten identifiziert werden:

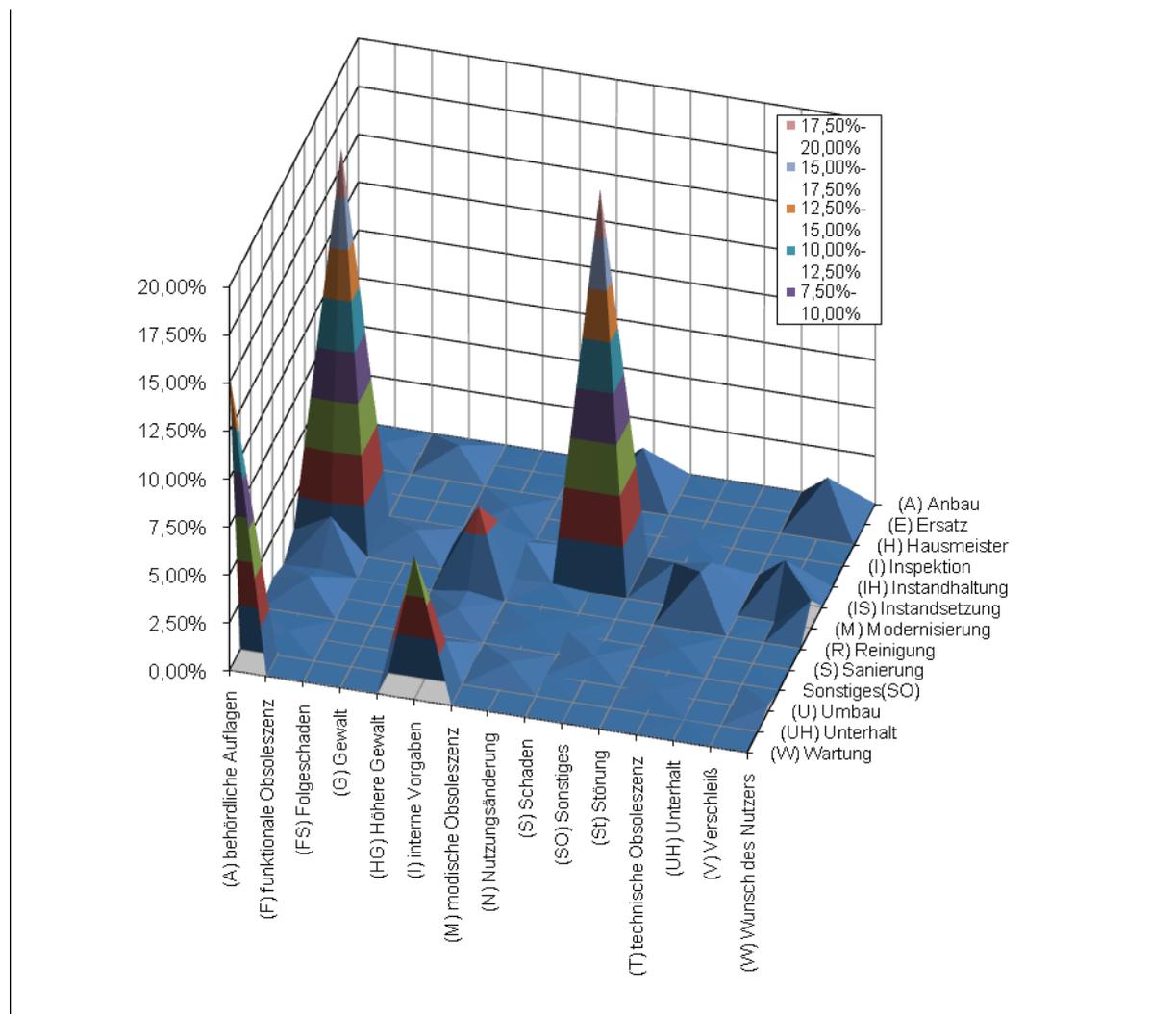


Abbildung 64: Häufigkeit Auslöser-Maßnahmenkombinationen (Häufigkeit in %)

Die häufigste Kombination ist die Maßnahme Instandsetzung in Kombination mit der funktionalen Obsoleszenz als Auslöser. Zweithäufigste Ursache für eine Instandsetzungsmaßnahme ist ein Schaden. Die Wartung aufgrund gesetzlicher Vorschriften sowie aufgrund interner Vorgaben spielt eine ebenfalls wichtige Rolle. Bei der Modernisierung als Maßnahme sind es interne Vorgaben, Wunsch des Nutzers, funktionale und technische Obsoleszenz, die als häufigste Ursachen zu verzeichnen sind.

Betrachtet man hingegen die Kostenverteilung bezogen auf die Maßnahmen-Auslöser-Kombinationen, so spielen andere Faktoren eine Rolle. Dann spielt eine Rolle, um welches Bauteil es sich handelt und welche kostenmäßige Rolle dieses Bauteil im Lebenszyklus einer Immobilie spielt. In der folgenden Abbildung 65 sind die im Lebenszyklus kostenträchtigsten Maßnahmen-Auslöser-Kombinationen dargestellt.

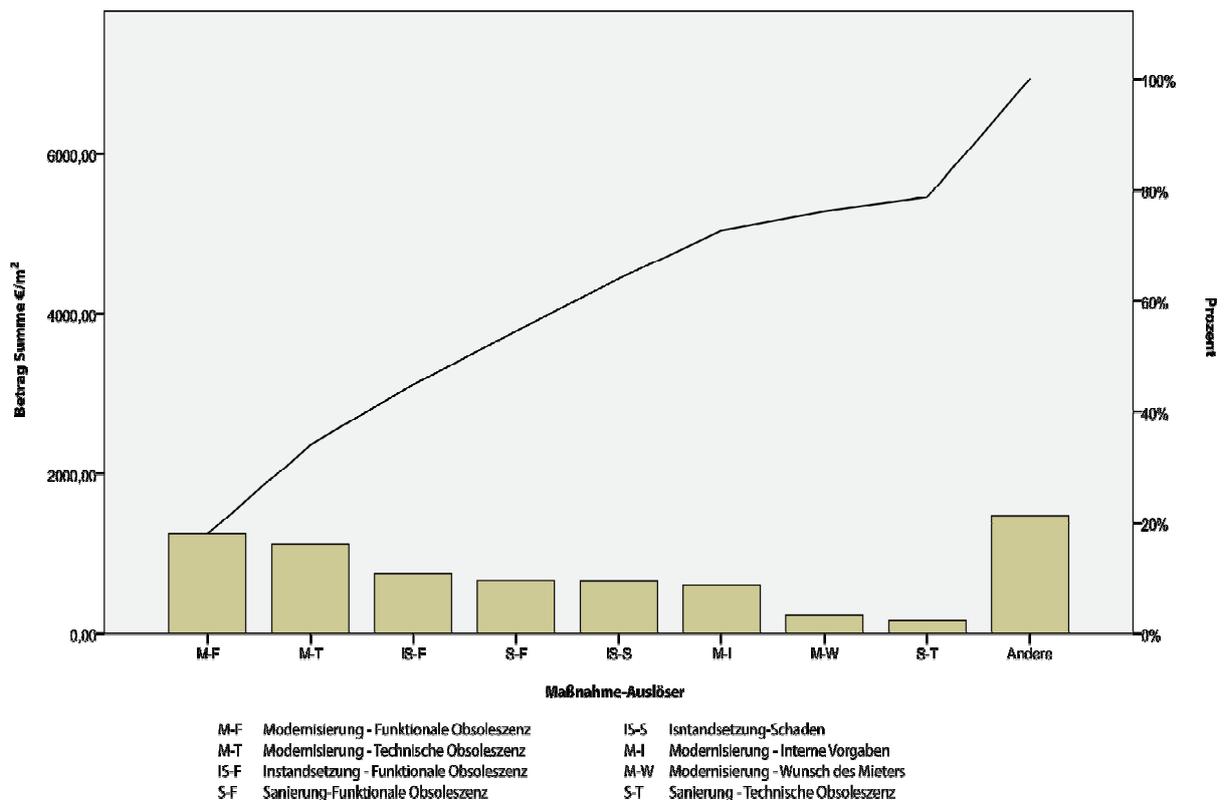


Abbildung 65: Summe der Kosten für Maßnahmen-Auslöser Kombinationen (Pareto-Darstellung)

Bauteilbezogen ist die kostenmäßig bedeutendste Maßnahme die Modernisierung und Sanierung aufgrund funktionaler Obsoleszenz bzw. Modernisierung aufgrund technischer Obsoleszenz.

Modernisierungsmaßnahmen und andere verändernde Maßnahmen, egal aufgrund welchen Auslösers, fallen offensichtlich kostenseitig immer stark ins Gewicht.

Ansonsten sind Instandsetzungen infolge von funktionaler Obsoleszenz oder infolge eines Schadens als kostenintensiv im Lebenszyklus einer Immobilie zu verzeichnen. Bereits nach diesen in Abbildung 65 dargestellten acht Maßnahmen-Auslöser-Kombinationen sind 80% der Gesamtkosten im Lebenszyklus (für WEM-Maßnahmen) erreicht. Die übrigen 20% verteilen sich auf die restlichen hier nicht genannten Kombinationen.

Unterscheidet man zwischen erhaltenden und verändernden Maßnahmen ergibt sich folgendes Bild in Abbildung 66:

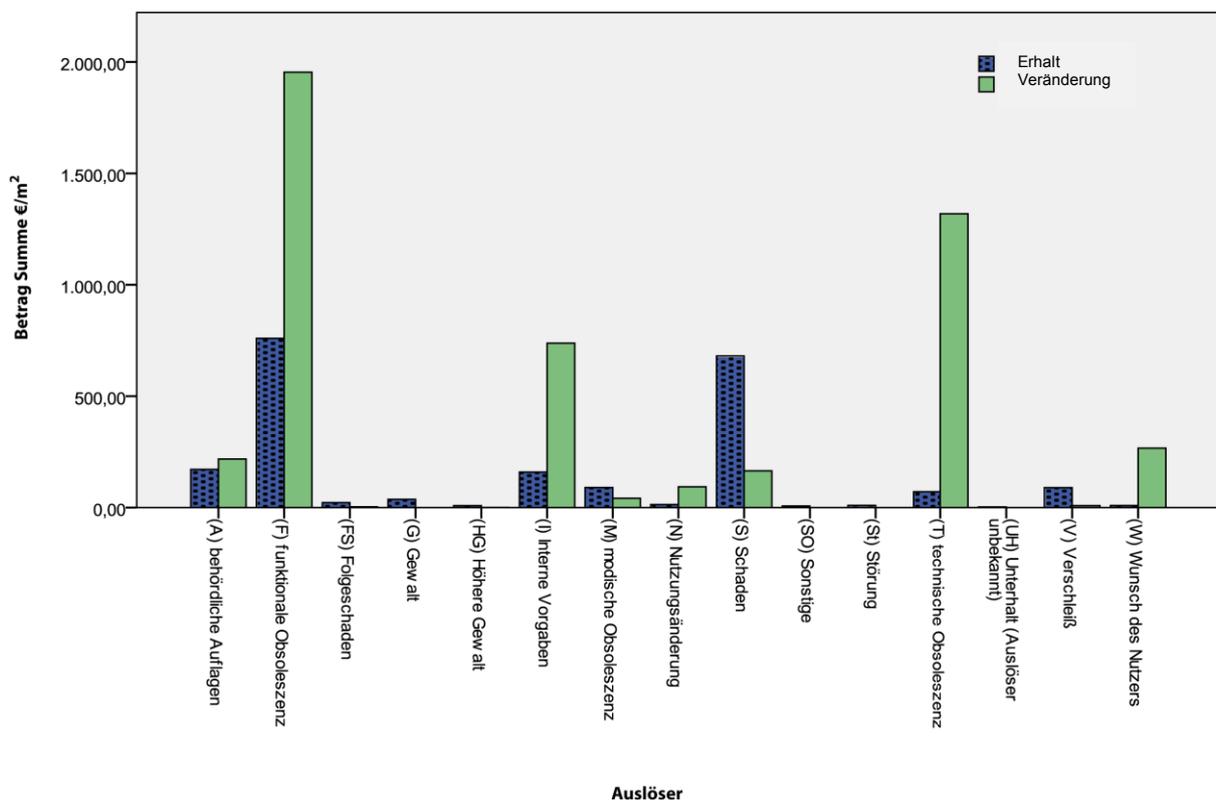


Abbildung 66: Maßnahmen-Auslöser Kombinationen unter Zusammenfassung von jeweils erhaltenden und verändernden Maßnahmen

Die Auslöser funktionale Obsoleszenz, interne Vorgaben, Schaden, technische Obsoleszenz, behördliche Auflagen sowie im Falle von Modernisierungsmaßnahmen

der Wunsch des Nutzers sind die in Bezug auf die Kosten wichtigsten Auslöser. Untersucht man diesen Zusammenhang über den Lebenszyklus und bildet diese Verteilung entsprechend unterschiedlicher Lebensphasen ab, verändert sich lediglich die Verteilung von erhaltenden hin zu verändernden Maßnahmen.

Es lässt sich mit fortschreitendem Alter eine deutliche Entwicklung hin zu einer Häufung von Modernisierungsmaßnahmen aufgrund funktionaler und technischer Obsoleszenz sowie Schaden feststellen. Auch spielen bei Modernisierungsmaßnahmen nach 30 Jahren organisationsinterne Vorgaben eine bedeutende Rolle. Das liegt sicherlich daran, dass bei Modernisierungen auf Wünsche des Nutzers neu eingegangen wird. Auch nimmt die Vielfalt der Auslöser, je älter eine Immobilie ist, zu.

Auffällig ist auch, dass lediglich der Schaden als Auslöser für erhaltende Maßnahmen zu vermerken ist, bei allen anderen Auslösern sind verändernde Maßnahmen die Folge.

9.4 Auswertung für Lebenszykluskosten von Bauteilen und Darstellung der Erhaltungsstrategie

Nachfolgend werden für die im vorigen Kapitel identifizierten Bauteile, welche am kostenträchtigsten im Lebenszyklus sind, beispielhaft Unterhaltsstrategien entwickelt. Sind für diese wesentlichen Bauteile Strategien entwickelt und damit über 80% der im Lebenszyklus anfallenden Erhaltungs- und Veränderungskosten abgedeckt, reicht es für die übrigen Bauteile eine Risikoabschätzung vorzunehmen. Diese Risikoabschätzung muss Aussagen treffen über die Folgen eines Ausfalls auf den Kernprozess im Gebäude und, ob angrenzende Bauteile dadurch in Mitleidenschaft gezogen werden und diese dadurch höhere Kosten verursachen könnten. Falls notwendig ist für diese Bauteile eine präventive Strategie vorzusehen.

9.4.1 Bauteil Innenausbau

Die Daten für das Bauteil Innenausbau, welche im Rahmen der Realdatenuntersuchung erhoben wurden, gliedern sich in folgende Bauteile²⁸⁶:

- Innenausbau
 - Bodenbelag
 - Decke
 - Fliesen
 - Innenwände
 - Putz
 - Treppe

In der folgenden Abbildung 67 sind die unterschiedlichen Angaben aus der Literatur zum Innenausbau teil Wandputz beispielhaft dargestellt. Es verdeutlicht die Streuung der Lebensdauerangaben, die für manche Bauteile in der Literatur zu finden sind.

Der Wandputz im Innenbereich dürfte in der Regel schon vor Ablauf der ca. 40 jährigen Lebensdauer ausgetauscht werden, da wie oben beschrieben der Nutzer bzw. Eigentümer die Gestaltung der Innenwände vermutlich schon vorher modisch obsolet empfinden wird und zumindest dieses Bauteil überarbeiten wird.

²⁸⁶ Kosten für folgende Tätigkeiten standen im Lebenszyklus für die Erhaltung dieses Bauteils in der Betrachtung: Anlagentechniker, Ausschreibung, Bauliche Maßnahmen allgemein, Baumaterial, Baunebenkosten, Bodenbelagsarbeiten, Brandschutzmaßnahmen, Dämmungsarbeiten, Deckenarbeiten, Dichtungsarbeiten, Entsorgung, Fensterbauarbeiten (bei Innenfenstern), Fliesenarbeiten, Gerüstbauarbeiten, Kleinreparaturen, Luftraummessung, Malerarbeiten, Materialeinkauf, Maurerarbeiten, Metallarbeiten, Planungs- und Ingenieurleistungen, Putz- und Stuckarbeiten, Raumausstatter, Reinigung, Rohbauarbeiten, Schallschutz, Schlosserarbeiten, Schreinerarbeiten, Trockenbauarbeiten, Umbau und Verbesserungen, allgemeine Unterhaltung Gebäude, Zimmerarbeiten und Sonstiges.

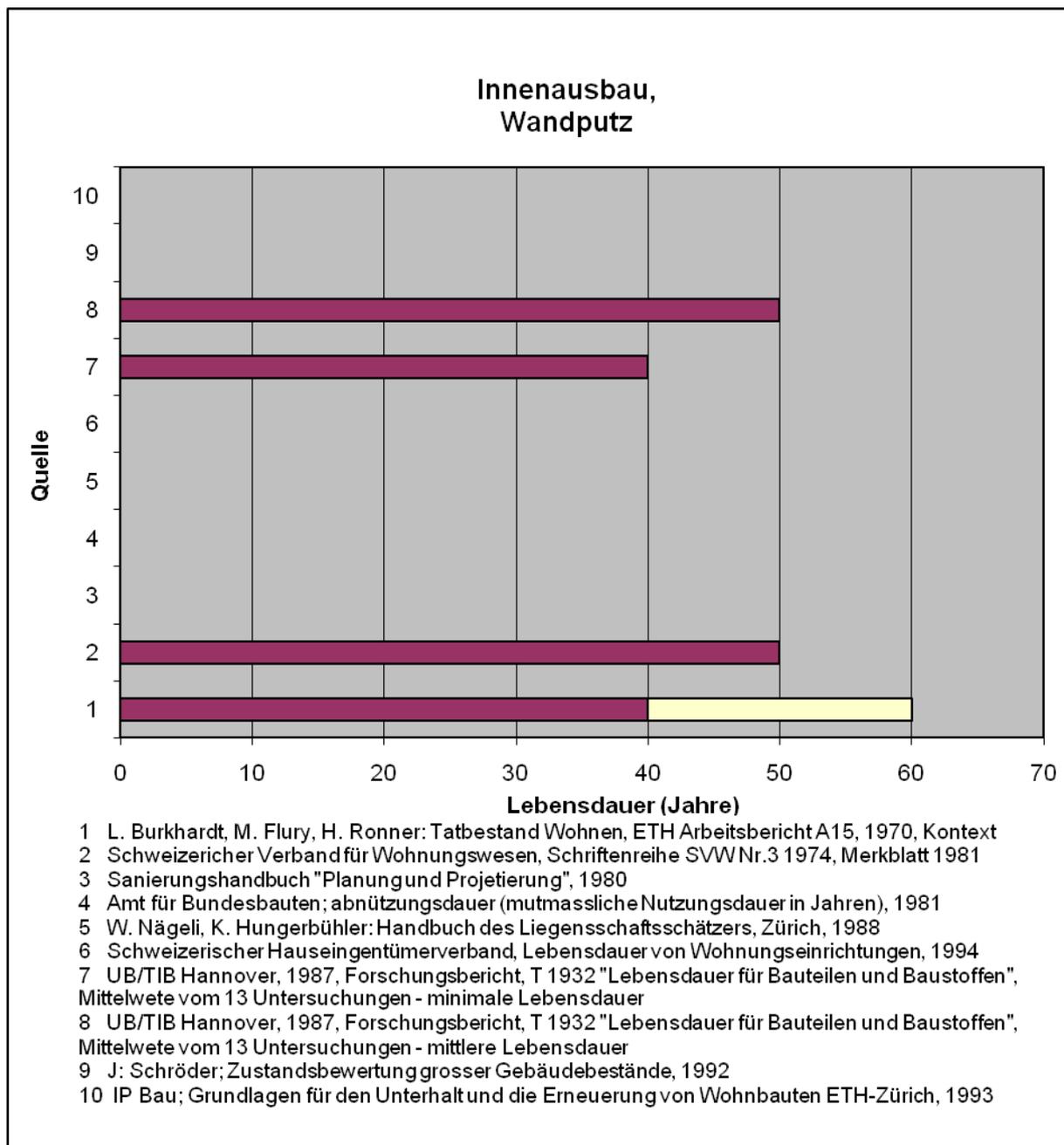


Abbildung 67: Lebensdauerangaben aus der Literatur Innenausbau am Beispiel Wandputz.

Entsprechend der Kostengruppen der DIN 276 gliedert die 'Gesellschaft für ökologische Bautechnik' die Bauteile, welche den Innenausbau betreffen in die KG 340, Innenwände und KG 350 Decken²⁸⁷.

Für das Unterbauteil Innenwandputz (Kostengruppe 345.1 Innenwandputz) wird als Hauptrisiko und Belastungsart die mechanische Beanspruchung (Siehe Abbildung 68) beschrieben²⁸⁸.

Schadenspotentiale				Risiken				Belastungen				90214
												UV Licht
												Temperatur
												Feuchte
												Oberfläche, mechanisch
												Verformung
												Pflanzliche Schädlinge
												Tierische Schädlinge
												Chemische Stabilität

Abbildung 68: Schadens und Belastungspotential bei Innenwandputz [GöBt05, Teil3].

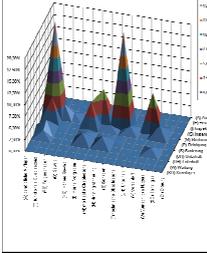
Bei Tapeten und Fliesen spielen hingegen neben mechanischer Oberflächenbelastung auch chemische Belastungen und UV-Belastungen eine Rolle. Werden innenläufige Geländer und Handläufe betrachtet, spielt die Verformung und mechanische Beanspruchung die Hauptrolle. Decken tragen nach der *'Gesellschaft für ökologische Bautechnik'* ein hohes Risiko von Feuchteschäden und damit auch einer Belastung durch pflanzliche Schädlinge. Das liegt an der Gefahr von Folgeschäden durch einen Wasserschaden bspw. infolge eines undichten Daches oder durch Wasserrohrbrüche, aber auch Kondenswasserbildung spielt eine Rolle²⁸⁹. Die häufigsten Maßnahmen-Auslöser-Kombinationen zur Bewältigung der aus diesen Risiken entstandenen Schäden sind in der folgenden Tabelle 17 dargestellt.

In der ersten Spalte ist die Bauteilgruppe abgebildet, in der zweiten und dritten Spalte ist die Maßnahmen-Auslöser Kombination dargestellt und in der vierten Spalte ist ein Beispiel beschrieben, welches für die jeweilige Kombination steht.

²⁸⁸ Vgl. [GöBt05, Teil3], Seite 103

²⁸⁹ [GöBt05, Teil3]

Tabelle 17: häufigste Maßnahmen – Auslöser Kombinationen Bauteil Innenausbau

Bauteilgruppe	Maßnahmen – Auslöser Kombination		Beispiel
Innenausbau	IS-S	Instandsetzung – Schaden	<i>Beschädigung an der abgehängten Decke.</i>
 (siehe Anhang Abbildung 1)	IS-F	Instandsetzung – funktionale Obsoleszenz	<i>Klassenzimmertür schließt nicht mehr. Funktion nicht mehr gewährleistet.</i>
	IS-M	Instandsetzung – modische Obsoleszenz	<i>Putz an den Wänden entspricht nicht mehr den Vorstellungen des Nutzers.</i>
	IS-V	Instandsetzung – Verschleiß	<i>Fußboden im Eingangsbereich ausgetreten, muss ausgetauscht werden.</i>

Die häufigste Ursache für eine Instandsetzung von Innenausbauanteilen ist der Schaden, die funktionale oder die modische Obsoleszenz. Für die Bauteilgruppe Innenausbau lässt sich anhand der Auslöser kaum eine präventive Strategie empfehlen. Modische Obsoleszenz ist in diesem Zusammenhang schwer zu fassen und damit schlecht vorherzusehen.

In Abbildung 69 ist der Vorschlag einer Bauteilstrategie für die Bauteilgruppe Innenausbau dargestellt.

In der Abbildung sind die jährlichen durchschnittlichen Kosten für Erhalt (blau) und Veränderung (grün) über das Alter aufgetragen. Es ist der Durchschnitt aus den untersuchten Immobilien.

Darüber hinaus sind die in der Literatur²⁹⁰ ermittelten Lebensdauern in blauen Balken dargestellt.

Ganz oben ist schließlich der Vorschlag einer Strategie für das Bauteil dargestellt.

²⁹⁰ Vgl auch [GöBt05, Teil3] und [GFKM08] S. 23

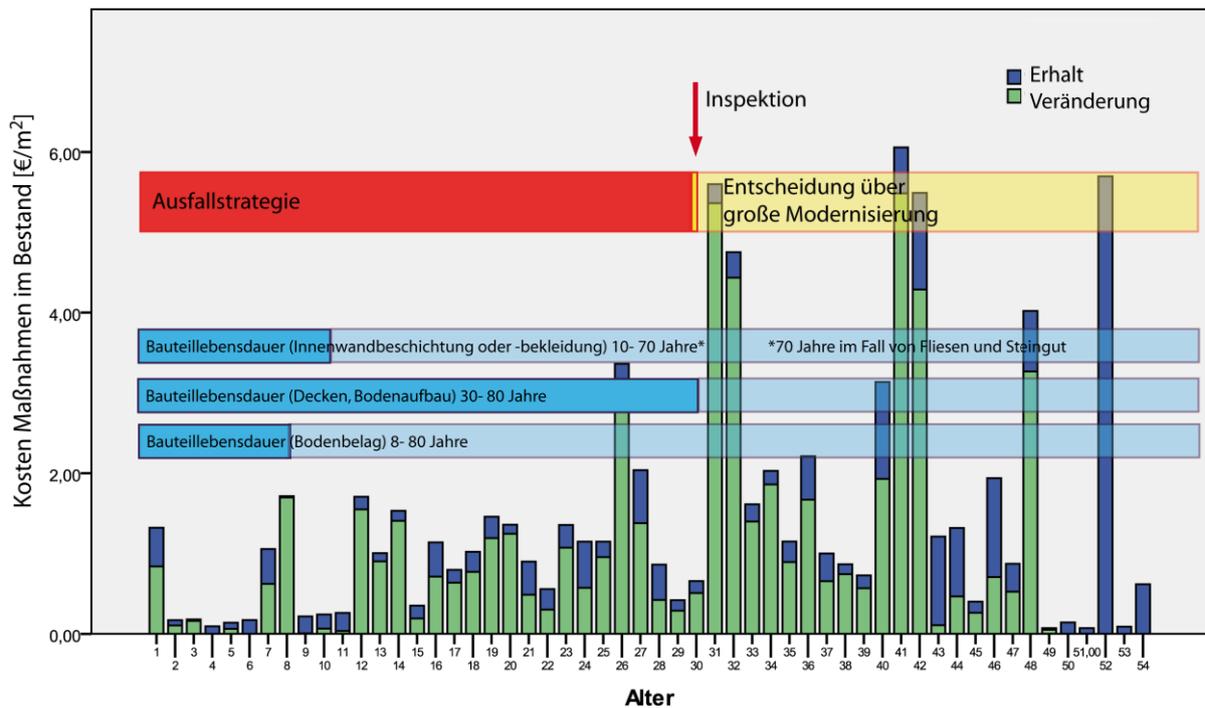


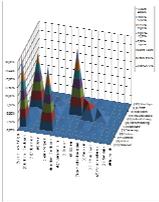
Abbildung 69: Bauteilstrategie Bauteil Innenausbau

Der Vorschlag sieht eine Ausfallstrategie bis zum Zeitpunkt 30 Jahre vor. Zu diesem Zeitpunkt macht eine umfangreiche Bestandsaufnahme der einzelnen Unterbauteile der Bauteilgruppe Innenausbau Sinn, welche als Entscheidungsgrundlage für etwaige große Modernisierungsmaßnahmen der Bauteilgruppe dienen soll. Da das Risiko schwerwiegender Folgen des Ausfalls in dieser Bauteilgruppe nicht sonderlich groß ist, was an den durchgeführten Maßnahmen während des Lebenszyklus der untersuchten Bauwerke in Anhang Abbildung 1 erkennbar wird. Erhaltende Maßnahmen, also Maßnahmen die im Rahmen von Instandhaltung notwendig werden sind im Schnitt bis 30 Jahre Bauteilalter ungefähr gleich. Das deutet darauf hin, dass die Schäden nicht erheblich zunehmen. Sollte die Inspektion zum Zeitpunkt 30 Jahre das Ergebnis haben, dass noch mit einer Modernisierung gewartet werden kann, ist diese Inspektion bis zu dieser Entscheidung regelmäßig zu wiederholen. Ist eine Modernisierung erfolgt, kann im Lebenszyklus erneut nach der anfänglichen Ausfallstrategie verfahren werden.

9.4.2 Bauteil HKL

Bei Analyse der Daten für die Bauteilgruppe Heizung-Klima-Lüftung fällt auf, dass die Wartung aufgrund behördlicher oder interner Vorgaben eine maßgebliche Rolle spielt. Ansonsten sind Modernisierungen aufgrund von technischer und funktionaler Obsoleszenz ebenfalls häufige Maßnahmen (siehe Anhang Abbildung 2), die darüber hinaus kostenintensiv sind. Die Entscheidung über eine Modernisierung erfolgt meist, weil die jeweilige Anlage nicht mehr den aktuellen technischen Anforderungen genügt.

Tabelle 18: häufigste Maßnahmen – Auslöser Kombinationen Bauteil HKL

Bauteilgruppe	Maßnahmen – Auslöser Kombination		Beispiel
Heizung-Klima-Lüftung 	W-A	Wartung – behördliche Auflagen	<i>Kaminfeger oder Austausch Filter der Lüftungsanlage</i>
	W-I	Wartung – interne Vorgaben	<i>Wartungsarbeiten an der Heizung nach internen Vorgaben</i>
	M-T	Modernisierung – technische Obsoleszenz	<i>Einbau einer neuen energieeffizienteren Heizungsanlage</i>
	M-F	Modernisierung – funktionale Obsoleszenz	<i>Austausch Pumpen gegen neuere verbesserte aufgrund gelegentlicher Funktionsmängel</i>
	IS-S	Instandsetzung - Schaden	<i>Instandsetzung Klimasplitgerät infolge eines Schadens</i>

Für eine Erhaltungsstrategie dieser Bauteilgruppe ist folglich die Einhaltung der jeweiligen Vorschriften von wesentlicher Bedeutung. Es müssen die regelmäßigen Prüfungen und Wartungen für Lüftungsanlagen nach VDI 6022 bzw. für Heizungen nach Heizungsanlagenverordnung durchgeführt werden²⁹¹.

²⁹¹ Seit 2002 ist die gültige Heizungsanlagenverordnung durch die ENEC ersetzt worden. Wobei sich die in diesem Zusammenhang regelmäßig notwendigen Prüfungen im Umfang nicht geändert haben.

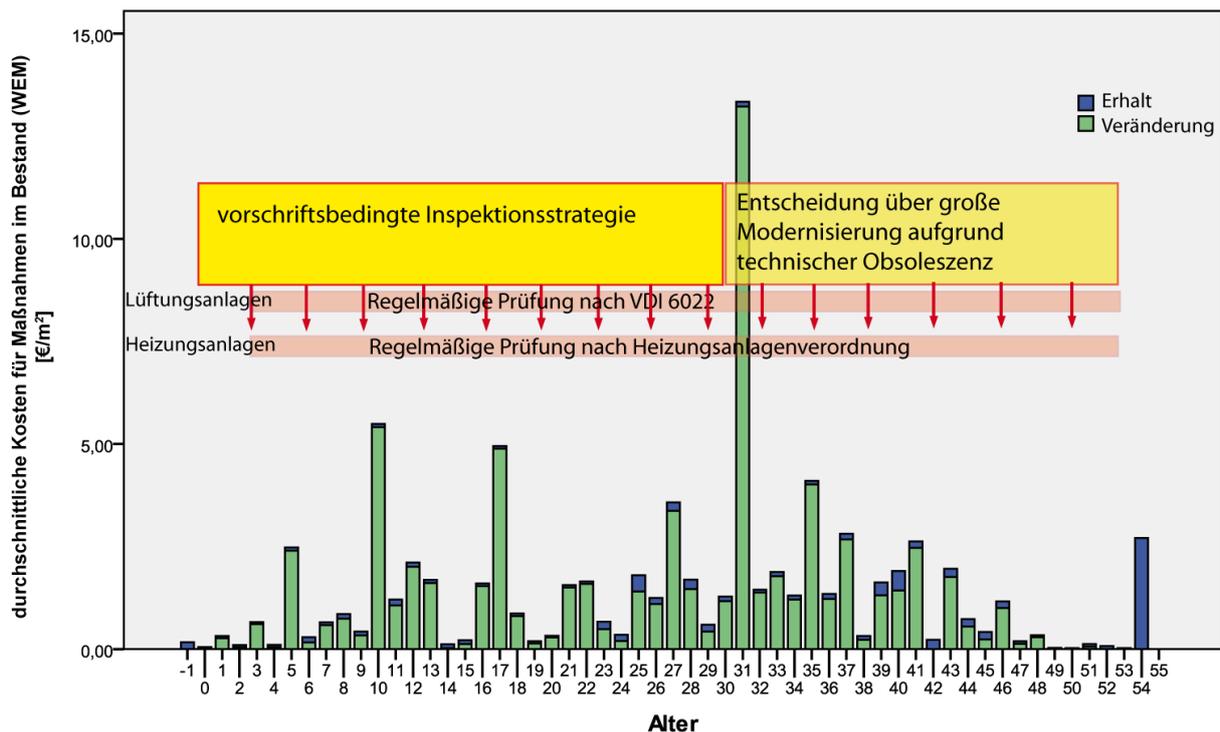


Abbildung 70: Bauteilstrategie Heizung-Klima-Lüftung

Eine Ausfallstrategie ist hier, abgesehen von den gesetzlich vorgeschriebenen Wartungsintervallen und den Nachrüstvorschriften nach ENEV, bis zum Alter von 30 Jahren möglich²⁹². Nach diesem Zeitraum ist zu erwarten, dass die Wärmeerzeugungsanlage technisch obsolet ist und die Entscheidung über eine Modernisierung zu treffen ist. Es empfiehlt sich bei einer Modernisierung Bauteilgruppen zu bilden. Die Modernisierung der Wärmeerzeugung macht Sinn, wenn die Wärmeverteilung mit einbezogen wird. Bei der Lüftungsanlage ist die Einbeziehung des gesamten Rohrnetzes für die Lüftung in die Planungen sinnvoll.

9.4.3 Bauteil Fenster

„Klingenberg“ beschreibt unter Anwendung seines Entscheidungsmodells für das Bauteil Fenster die Strategie der vorausbestimmten also vorbeugenden Instandhaltung oder aber eine Inspektionsstrategie. In der folgenden Abbildung ist die Risikomatrix mit der jeweiligen Ausfallwahrscheinlichkeit und deren Auswirkungen dargestellt. Beide Aspekte legt „Klingenberg“ auf eine mittlere Stufe.

Vgl. "Heizungsanlagenverordnung (Verordnung über energiesparende Anforderungen an heizungstechnische 2002 ENEV) wonach für Betreiber von

und Instandhaltung durchzuführen oder durchführen zu lassen

Ausfall des Instandhaltungsobjekts Fenster		Auswirkungen eines Ausfalls				
		1 unbedeutend	2 bedeutend	3 ernst	4 sehr ernst	5 katastrophal
Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls	A sehr unwahrscheinlich	A1	A2	A3	A4	A5
	B unwahrscheinlich	B1	B2	B3	B4	B5
	C möglich	C1	C2	C3	C4	C5
	D wahrscheinlich	D1	D2	D3	D4	D5
	E sehr wahrscheinlich	E1	E2	E3	E4	E5

Erläuterungen:



Handlungsstufe II (mittleres Risiko eines Ausfalls):
Vorbeugende Instandhaltungsmaßnahmen sind empfehlenswert.

Abbildung 71: Risikomatrix für das Bauteil Fenster nach *Klingenberger*²⁹³

Er ergänzt, dass für die Anwendung der oben bestimmten Strategien, der notwendige Aufwand nicht im Verhältnis zu den für dieses Bauteil anzustrebenden Zielen stehe²⁹⁴.

Die 'Gesellschaft für ökologische Bautechnik' ermittelt das Schadenspotential für die jeweiligen Unterelemente des Bauteils Fenster. Die optimierte Lebensdauer für das Bauteil wird je nach Wahl des Materials auf 10-60 Jahre festgelegt²⁹⁵.

Bei den untersuchten Immobilien der vorliegenden Forschungsarbeit handelt es sich im Wesentlichen um Metallfenster. Es kann demzufolge von einer Lebensdauer von ca. 25 Jahren ausgegangen werden.

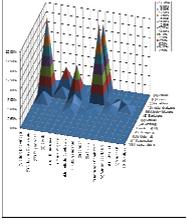
Im Folgenden sind für das Bauteil Fenster der Untersuchungsgruppe die häufigsten Maßnahmen-Auslöser Kombinationen aufgeführt. (siehe auch Anhang Abbildung 3)

²⁹³ Vgl. [KlJo07] S. 174

²⁹⁴ Vgl. [KlJo07], S. 175

²⁹⁵ Vgl. [GöBt05, Teil3], S. 39

Tabelle 19: häufigste Maßnahmen – Auslöser Kombinationen Bauteil Fenster

Bauteilgruppe	Maßnahmen – Auslöser Kombination		Beispiel
Fenster, Außentüren 	IS-S	Instandsetzung - Schaden	<i>Fensterband gebrochen</i>
	IS-F	Instandsetzung – funktionale Obsoleszenz	<i>Fensterbeschlag funktioniert nicht mehr richtig aufgrund von Abnutzung, Reparatur</i>
	E-S	Ersatz - Schaden	<i>Fensterscheibe hat Risse, wird ausgetauscht</i>
	IS-G	Instandsetzung – Gewalt	<i>Fenster durch Gewaltanwendung beschädigt, wird instandgesetzt</i>
	S-F	Sanierung – funktionale Obsoleszenz	<i>Es werden neue Fenster auf der gesamten Etage eingebaut, da von einigen Fenstern die Verschlussfähigkeit nicht mehr gewährleistet ist.</i>
	M-F	Modernisierung – funktionale Obsoleszenz	<i>Es werden einzelne neue Fenster eingebaut, da die Verschlussfähigkeit nicht mehr gewährleistet ist.</i>

Alle Maßnahmen sind entweder infolge eines Schadens oder der fehlenden Funktionsfähigkeit des Bauteils zustande gekommen. Das legt den Schluss nahe, dass für dieses Bauteil bei den untersuchten Immobilien keine vorbeugende Strategie vorgesehen war. Die funktionale Obsoleszenz spielt für dieses Bauteil während des gesamten Lebenszyklus die entscheidende Rolle als Auslöser.

Um Folgeschäden zu vermeiden wird anhand der Realdaten jedoch eine mehrstufige, opportunistische, optionale Inspektionsstrategie vorgeschlagen (siehe Abbildung 72).

Bis zu einem Alter von 15 Jahren²⁹⁶ kann man diesem Vorschlag zufolge eine Ausfallstrategie verfolgen. Zu diesem Zeitpunkt sollte eine qualifizierte Inspektion

²⁹⁶ Dies entspricht der minimalen Lebensdauer von Metallfenstern nach [GöBt05, Teil3]

erfolgen, welche eine Untersuchung auf Funktion und Zustand des Bauteils zum Gegenstand hat.

Fällt diese Inspektion maßnahmenneutral aus, kann für ca. weitere 7-10 Jahre eine erneute Ausfallstrategie angewandt werden. Dann jedoch muss wieder eine qualifizierte Inspektion erfolgen, die Basis für die Entscheidung einer großen Modernisierung für das Bauteil Fenster sein sollte. Mit dem Ergebnis dieser Inspektion kann die maximale Lebensdauer am ehesten ausgenutzt werden.

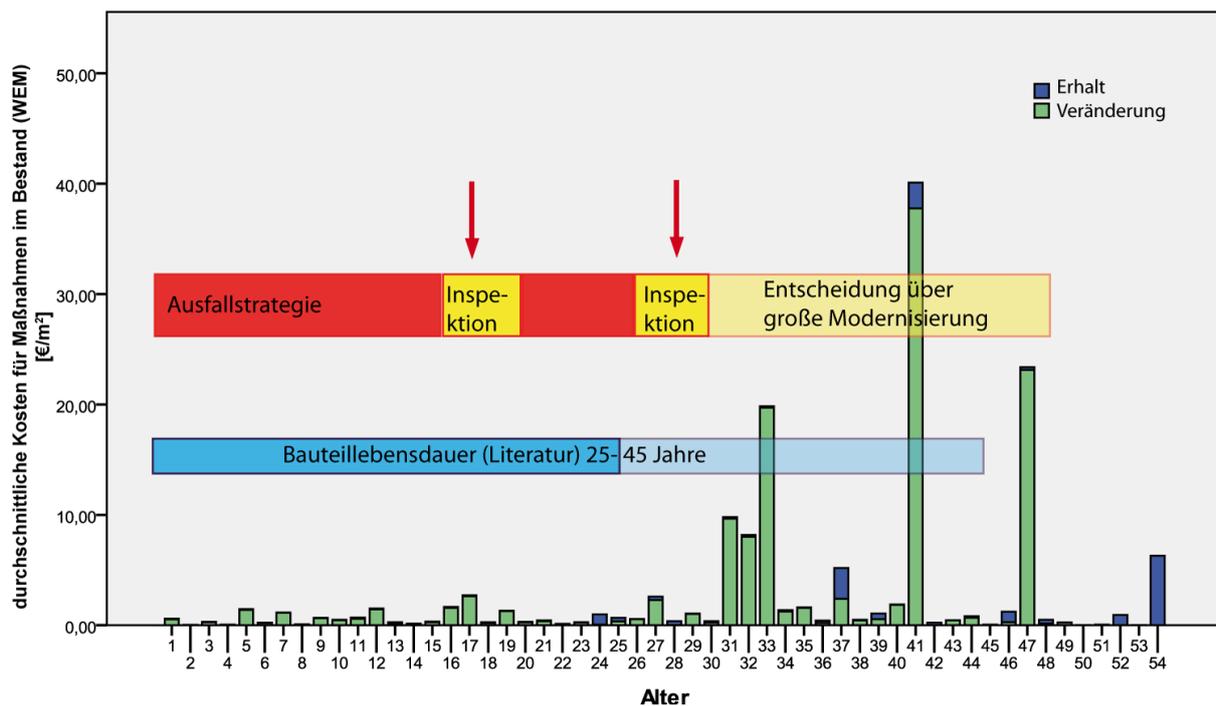


Abbildung 72: Strategie für das Bauteil Fenster

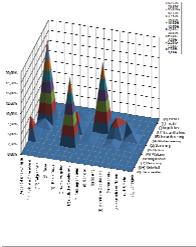
9.4.4 Bauteil Elektroinstallationen

Die Bauteilgruppe Elektroinstallationen setzt sich im Rahmen der Untersuchung aus folgenden Bauteilen zusammen:

- Elektroinstallationen²⁹⁷
 - Beleuchtung
 - EDV
 - Gebäudeautomation
 - Telefonanlage

In der folgenden Tabelle sind die häufigsten Maßnahmen-Auslöser-Kombinationen zusammengefasst (siehe auch Anhang Abbildung 4). Da für elektrische Bauteile häufig kein Verschleiß beobachtet werden kann kommt es in der Regel zu einem, abrupten Ausfall. Dies spiegelt sich in der Häufigkeit der Auslöser für die Maßnahme Instandsetzung wider. Hier ist der Schaden oder die Störung eine der häufigsten Ursachen. Ansonsten spielen Wartungen aufgrund von gesetzlichen oder internen Vorgaben eine ebenfalls häufige Rolle.

Tabelle 20: häufigste Maßnahmen – Auslöser Kombinationen Bauteil Elektro

Bauteilgruppe	Maßnahmen – Auslöser Kombination		Beispiel
Elektro- installationen 	IS-S	Instandsetzung - Schaden	<i>ELA Anlage, Abdeckplatten wieder befestigt</i>
	IS-F	Instandsetzung – funktionale Obsoleszenz	<i>Kauf von Elektrokleinteilen</i>
	IS-St	Instandsetzung – Störung	<i>Lautsprecheranlage zeigt Störung an, Reparatur</i>
	W-A	Wartung – behördliche Auflagen	<i>Wartung Brandmeldeanlage</i>
	W-I	Wartung – interne Vorgaben	<i>Wartung Lautsprecheranlage</i>

²⁹⁷ Alle Maßnahmen an elektrischen Bauteilen, welche nicht in die Untergruppen einzuordnen sind, fallen allgemein unter Elektroinstallationen

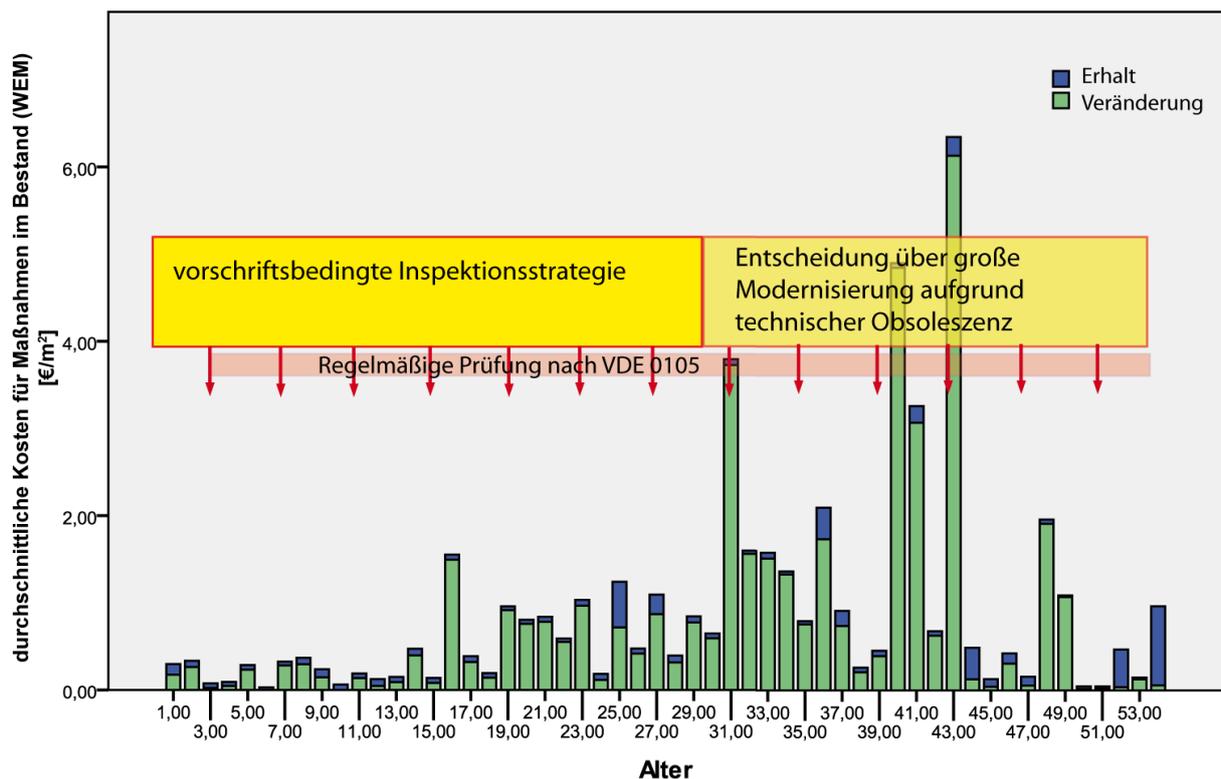


Abbildung 73: Bauteilstrategie Elektroinstallationen

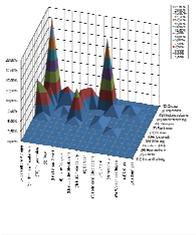
Gemäß Abbildung 73 empfiehlt sich für das Bauteil Elektroinstallationen folgende Strategie. Bei Analyse der Auslöser für Instandhaltungsmaßnahmen und Modernisierungsmaßnahmen (siehe auch Anhang Abbildung 4) zeigt sich, dass bis zu einem Alter von 30 Jahren hauptsächlich interne Vorgaben, Nutzungsänderungen und technische Obsoleszenz Auslöser für Maßnahmen sind. Es genügt hier trotzdem nicht eine Ausfallstrategie bis zur Entscheidung für große Modernisierungsmaßnahmen durchzuführen, da die gültige VDE Norm 0105 für Elektroinstallationen eine vierjährige Prüfung auf ordnungsgemäßen Zustand durch eine Elektrofachkraft erfordert²⁹⁸ (siehe auch Abbildung 73). Wenngleich diese Maßnahme i.d.R. nicht sehr umfangreich ist, erfordert es zumindest eine Prüfung. Die vorliegenden Daten aus der Untersuchung zeigen allerdings, dass in keinem Fall diese Prüfungen überhaupt durchgeführt oder beauftragt wurden.

VDE 0105 Teil 100 „Betrieb von elektrischen Anlagen; so wird nach VDE 0105 für elektrische Anlagen und ortsfeste Betriebsmittel alle 4 Jahre eine Prüfung dieser auf ordnungsgemäßen Zustand durch eine

9.4.5 Bauteil Fassade

Die in Tabelle 21 ermittelten häufigsten Maßnahmen-Auslöser-Kombinationen deuten aufgrund der Häufung des Auslösers Schaden und funktionale Obsoleszenz auf die Möglichkeit der Ausnutzung der maximalen Lebensdauer durch die Anwendung von Inspektionen hin (siehe Anhang Abbildung 5).

Tabelle 21: häufigste Maßnahmen – Auslöser Kombinationen Bauteil Fassade

Bauteilgruppe	Maßnahmen – Auslöser Kombination		Beispiel
Fassade 	IS-S	Instandsetzung - Schaden	<i>Fassadenelement beschädigt.</i>
	IS-F	Instandsetzung – funktionale Obsoleszenz	<i>Wärmedämmung der Fassade durchfeuchtet, betroffener Teil der Fassade wird instandgesetzt.</i>
	IS-G	Instandsetzung – Gewalt	<i>Graffiti auf Wänden.</i>
	S-F	Sanierung – funktionale Obsoleszenz	<i>Wärmedämmung der Fassade durchfeuchtet, gesamte Fassade wird erneuert.</i>
	S-I	Sanierung – interne Vorgaben	<i>Eigentümer möchte Energie einsparen, führt Fassadensanierung mit Wärmedämmverbundsystem durch.</i>

Da sich die Fassade aus verschiedenen Bauteilen zusammensetzen kann, bzw. je nach Gebäude unterschiedliche Materialien und Bauarten verwendet werden, sind in den Abbildungen nach der 'Gesellschaft für ökologische Bautechnik'²⁹⁹ verschiedene Belastungsmatrizen dargestellt.

Für die Außenwandbekleidung, egal welcher Materialität, ist die Hauptbelastung UV-Licht, Feuchte und pflanzliche Schädlinge.

²⁹⁹ [GöBt05, Teil3]

Belastung bei Fassadenbekleidungen									
UV Licht									
Temperatur									
Feuchte									
Oberfläche, mechanisch									
Verformung									
Pflanzliche Schädlinge									
Tierische Schädlinge									
Chemische Stabilität									

Abbildung 74: Belastungsmatrix Außenwandbekleidung KG 335.1 [GöBt05, Teil3]

Die Lebensdauer wird zwischen 40-100 Jahren [GöBt05, Teil3] angegeben.

Die in Abbildung 75 ermittelte Hauptbelastung für eine verputzte Fassade ist die Feuchte.

Belastung bei Außenwandputz									
UV Licht									
Temperatur									
Feuchte									
Oberfläche, mechanisch									
Verformung									
Pflanzliche Schädlinge									
Tierische Schädlinge									
Chemische Stabilität									

Abbildung 75: Belastungen Außenwandputz [GöBt05, Teil3]

Die für eine verputzte Fassade angegebene Lebensdauer liegt bei 30-60 Jahren³⁰⁰.

Diese jeweiligen Lebensdauern sind in der folgenden Abbildung in blauer Farbe dargestellt.

³⁰⁰ [GöBt05, Teil3] und [GFKM08]

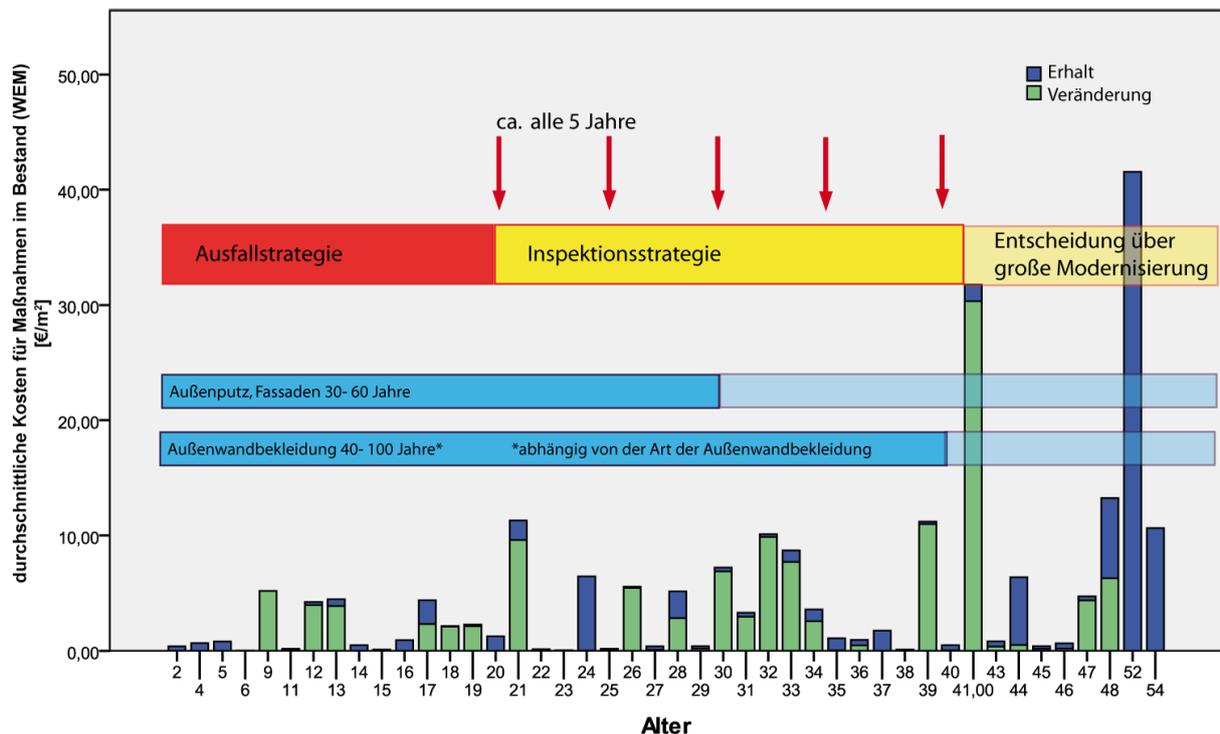


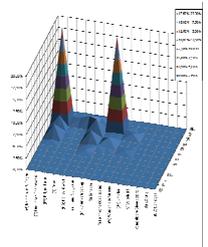
Abbildung 76: Bauteilstrategie Fassade

Für das in Abbildung 76 dargestellte Bauteil Fassade ist ähnlich dem Bauteil Dach eine mehrstufige, opportunistische, optionale Inspektionsstrategie zu empfehlen (siehe auch Anhang Abbildung 13). Bei der genauen Analyse der Auslöser zu Beginn und am Ende des Lebenszyklus, lässt sich resümieren (siehe auch Anhang Abbildung 10), dass zu Beginn Schäden die Hauptursache für Instandhaltungsmaßnahmen sind (im Alter von 18-21 Jahren), im weiteren Verlauf die funktionale Obsoleszenz für die Entscheidung von Modernisierungsmaßnahmen maßgeblich wird. In Anhang Abbildung 10 ist für das 17. Lebensjahr ein Ausreißer zu vermerken. Es handelt sich um Sanierungsmaßnahmen, die durch die Feststellung asbesthaltiger Fassadenelemente ausgelöst wurden. Solche Besonderheiten sollen in diesem Zusammenhang jedoch nicht in die vorgeschlagene Strategie integriert werden, da sie nicht kalkulierbar sind.

9.4.6 Bauteil Dach

Das Bauteil Dach unterscheidet die *DIN 276* als flache und geneigte Dächer³⁰¹. Es wird in die Elemente Dachkonstruktion, Dachbeläge, Dachbekleidungen und Dachfenster bzw. -öffnungen unterteilt.

Tabelle 22: häufigste Maßnahmen – Auslöser Kombinationen Bauteil Dach

Bauteilgruppe	Maßnahmen – Auslöser Kombination		Beispiel
Dach 	IS-S	Instandsetzung - Schaden	<i>Wassereintritt in den oberen Räumen, Dach ist undicht.</i>
	IS-F	Instandsetzung – funktionale Obsoleszenz	<i>Regenablauf am Dach ist verstopft.</i>

Die überwiegenden Auslöser für Maßnahmen an Dächern sind Schäden und funktionale Obsoleszenz, wobei bei Flachdächern anhand der Daten bereits früher Schäden zu verzeichnen sind (siehe Anhang Abbildung 6). Eindringendes Wasser aufgrund undichter Stellen am Flachdach ist ein häufiger Auslöser, welcher bei der Analyse der Daten festgestellt werden konnte.

Dies kann als Problem von Gebäuden von Ende der 50er Jahre angesehen werden. Fehlende oder mangelhafte Ausführung von Flachdachgewerken führen bei vielen Gebäuden zu solchen Mängeln³⁰².

In Abbildung 77 ist ein Vorschlag einer Bauteilstrategie für das Flachdach dargestellt. Für das Bauteil Flachdach ist nach IP Bau³⁰³, je nach Beschaffenheit der Dachaufbauten, eine Lebensdauer von 20 – 40 Jahren veranschlagt. Sollte das Dach mit Bitumendachbahnen konstruiert sein, geht 'Kalusche' von einer technischen Lebensdauer von 20-30 Jahren aus³⁰⁴. Legt man diese Information zugrunde und analysiert die real erhobenen Daten aus dem Forschungsprojekt, erkennt man, dass schon erste Schäden nach 13 Jahren auftreten (siehe auch Anhang Abbildung 7). D.h. Instandhaltungsmaßnahmen sind schon vorher notwendig. Es zeigt sich, dass Modernisierungsmaßnahmen aufgrund funktionaler Obsoleszenz oder interner Vorgaben erst nach 30 Jahren notwendig werden.

³⁰² Vgl. [PfZN01] Abschlussbericht: „Nachhaltiger Sanierungsprozess“

³⁰³ [IPBau94]

³⁰⁴ Vgl. [KaWo09] S. 360ff

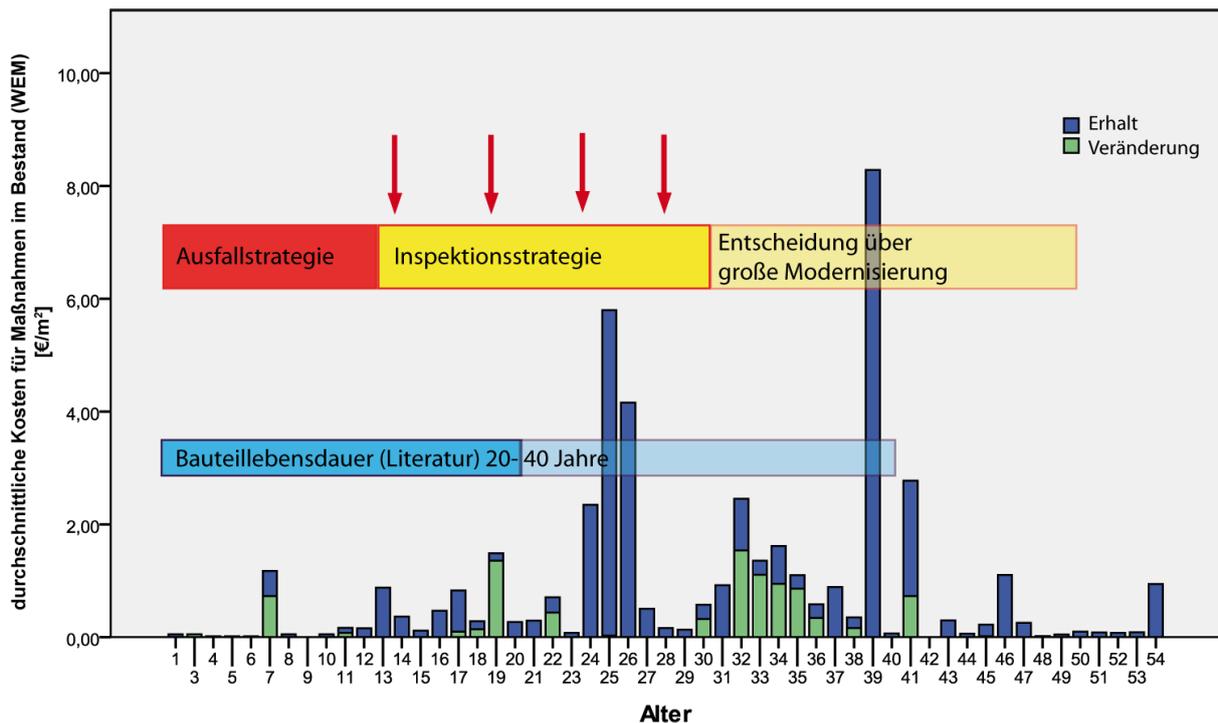


Abbildung 77: Bauteilstrategie Flachdach

Vereinfacht wird auf Basis der Ergebnisse der Datenanalysen eine Ausfallstrategie bis zum 13. Lebensjahr empfohlen. Nach Ablauf des 13. Lebensjahres ist eine Inspektionsstrategie mit Inspektionen alle 5 Jahre angebracht. Nach 30 Jahren, was auch der durchschnittlichen Lebensdauer des Bauteils Flachdach entspricht, sollte dringend auf Basis der Inspektionsergebnisse der Vorjahre eine Entscheidung für eine grundlegende Modernisierung des Bauteiles gefällt werden.

Geht man nach dem Flussdiagramm zur Wahl einer geeigneten Instandhaltungsstrategie nach 'Rentz'³⁰⁵, ist die Inspektionsstrategie entsprechend präzisierbar. Für das Bauteil Flachdach ist folgende Strategie zu benennen: Mehrstufige, opportunistische, optionale Inspektionsstrategie (siehe auch Anhang Abbildung 12). D.h. es gibt mehr als einen Komponentenzustand des Bauteils und es ist sinnvoll die Instandhaltung mit anderen Bauteilen zu kombinieren (z.B. Fassade und Fenster, aufgrund der baustellenseitig notwendigen Eingerüstung, bzw. einer gleichzeitigen energetischen Verbesserung). Darüber hinaus macht es Sinn für durch Inspektionen rechtzeitig erkannte Mängel, deren Beseitigung auf den Arbeitsablauf des Kernprozesses des Gebäudenutzers am besten abgestimmten Zeitpunkt zu legen.

Für das Bauteil geneigtes Dach ergibt sich aufgrund der höheren Lebensdauern (40-60 Jahre) eine andere Strategie. Da auch anhand der Realdaten mit ersten Schäden erst nach 30 Jahren zu rechnen ist, kann als Strategievorschlag eine Ausfallstrategie bis zum 30ten Bauteillebensjahr angewandt werden. Erst dann sollte aufgrund der Gefahr von Folgeschäden für andere Bauteile, infolge bspw. eines eventuellen Wassereintritts, eine Inspektionsstrategie bevorzugt werden. Die Inspektionen dienen, wie bei den vorher beschriebenen Bauteilen immer auch als Entscheidungsgrundlage von größeren Modernisierungsmaßnahmen.

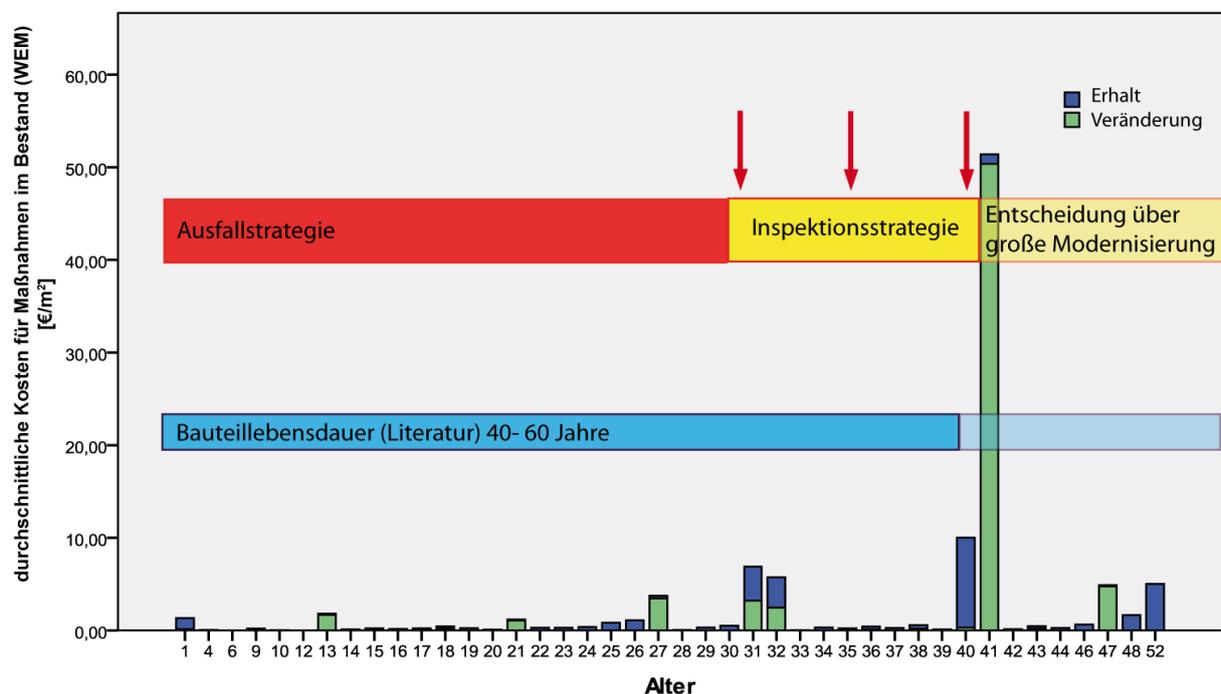


Abbildung 78: Bauteilstrategie Giebedach

Bei allen Strategieempfehlungen ist immer der Kernprozess des Gebäudenutzers zu beachten. So sind bei der Entscheidung für eine Ausfallstrategie immer die Folgen des Ausfalls nicht nur auf benachbarte Bauteile zu beachten sondern auch die Auswirkungen auf den Kernprozess.

10 Zusammenfassung und Ausblick

Führt man die oben durchgeführten Auswertungen der Untersuchung zusammen, dann fallen verschiedene Punkte auf.

Eine genaue Bemessung der Instandhaltungsrate, also die Höhe des optimal einzustellenden Instandhaltungsbudgets für verschiedene Altersabschnitte ist relativ schwierig. Anhand der vorliegenden Daten lässt sich das nur näherungsweise durchführen.

Was eindeutig erkennbar ist, sind die über den Lebenszyklus hinweg kostenintensivsten Bauteile.

Zeitpunkt von Modernisierungsmaßnahmen

Eine Immobilie wird dann effizient unterhalten, wenn regelmäßige Modernisierungsmaßnahmen durchgeführt werden, die einen Einfluss auf die Kosten für den Erhalt (Aufwendungen für die Instandhaltung) haben.

Die Modernisierungsmaßnahmen häufen sich bei allen untersuchten Gebäudetypen nach einer Nutzungsdauer von 30 Jahren. Diese finden vornehmlich aufgrund von

- internen Vorgaben oder
- nach Wunsch des Nutzers (Budget der öffentlichen Kassen)

statt.

Die Auswertung der Datenbank zeigt für die einzelnen Altersklassen der Immobilien die folgenden Richtwerte.

- Altersklasse 1 (Wohlstandsbauten): Eine große Modernisierungsmaßnahme nach 16 bzw. 21 Jahren.
- Altersklasse 2 (Nachkriegsbauten): Zwei bis drei Modernisierungsmaßnahmen. Die ersten beiden nach jeweils 15 Jahren. Danach alle 11 Jahre.

Die Individualität der Gebäude lässt eine eindeutige Empfehlung für den Zeitpunkt und die Häufigkeit von Modernisierungsmaßnahmen nicht zu. Eine Differenzierung nach Bauteilen ist unerlässlich, um den Zeitpunkt und die Häufigkeit von Instandhaltungs- und Modernisierungsmaßnahmen zu eruieren.

Es ist offensichtlich, dass jeder Immobilienkomplex für sich betrachtet zahlreiche Besonderheiten aufweist. Jedoch verhindert die Eigenständigkeit der Immobilien die Erarbeitung einer ganzheitlichen Strategie für den Gebäudeunterhalt nicht gänzlich. Wie aus den vorangehenden Analysen der Daten hervorgegangen ist, beeinflussen komplexe Randbedingungen die Gebäudeunterhaltung.

Im Einzelnen sind dies:

- Nutzung der Immobilie
- Standort und Lage
- Bauart (Tragstruktur, Dach- und Fassadenkonstruktion)
- Bauqualität
- Vielfältigkeit der verwendeten Bauteile
- Architektonische Besonderheiten
- Wünsche der Nutzer während der Betriebsphase
- Finanzsituation der Betreiber

Diese Parameter verursachen zum Teil trendgegenläufige Ergebnisse hinsichtlich der Erneuerungszyklen und der Erneuerungszeitpunkte, auf die individuell eingegangen werden muss. Daraus resultiert, dass auch die Strategie einer effizienten Gebäudebewirtschaftung im Hinblick auf die Besonderheiten der jeweiligen Immobilie erarbeitet werden muss.

Sowohl für Schulen als auch für Büro- und Verwaltungsgebäude kann jedoch generell festgestellt werden, dass nach einer Nutzungsdauer von 30 – 35 Jahren in jedem Fall umfassende *Modernisierungsmaßnahmen* erforderlich werden. Für die gebäudebezogene Strategie bedeutet dies ein **Fixpunkt**. Je nach Gebäudetyp, Ausführung und Bauqualität sind für diesen Zeitrahmen finanzielle Mittel einzuplanen.

Für die Planung der *Instandhaltung* bietet sich eine **flexible Strategie** an. In der ersten Nutzungsperiode nach Ablauf der Gewährleistungsfrist bis ca. 10 Jahre, erscheint die Vorgehensweise nach der Ausfallstrategie als sinnvoll. Versagt ein Bauteil, so wird dieses ersetzt. Tritt bei gewissen Bauteilen eine Häufung von Ausfällen ein, sollte ein Strategiewechsel zur Prävention vorgenommen werden. Das sogenannte Gebäudemonitoring (bzw. jährliche Baubegehungen mit Nutzer und Bauverwaltung, wie bei den Landesbauverwaltungen üblich) spielt hierbei eine entscheidende Rolle. Hierbei wird das Gebäude fortlaufend beobachtet und Besonderheiten in der Betriebsphase

registriert. Diese Erkenntnisse fließen in die Unterhaltsstrategie ein, die nach Bedarf abgeändert wird. Der klassische Hausmeister spielt hierbei eine bedeutende Rolle.

Bei ihm laufen generell sämtliche Informationen über den Zustand des Gebäudes zusammen. Nach Erkenntnissen der Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit nimmt der Hausmeister eine nicht zu unterschätzende Rolle im Leben einer Immobilie ein. Im Idealfall katalogisiert er durchgeführte Instandhaltungsmaßnahmen fortlaufend, um in der Anfangsphase der Nutzung zum Beispiel Bauteile zu identifizieren, die besonderer Aufmerksamkeit bedürfen. Seine Aufgabe ist es, Schäden im frühen Stadium festzustellen und entsprechende Handlungen in die Wege zu leiten.

Die erarbeiteten Strategien für die kostenintensivsten Bauteile können Richtwerte für seine Vorgehensweise sein.

Im Rahmen der Arbeit konnte festgestellt werden, dass eine vermehrte Schadenshäufigkeit einzelner Bauteile häufig das Herannahen des Austauschzeitpunktes größerer Bauteilgruppen signalisiert. Zukünftige Maßnahmen sind dann einfacher vorherzusehen. Erforderliche finanzielle Mittel können hierdurch zeitnah bereitgestellt werden und eventuelle Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen gezielt und kostengünstig durchgeführt werden.

Die in Kapitel 9.3 vorgeschlagenen Bauteilstrategien sind Ergebnis der umfangreichen Datenstudien. Sie reichen aus, für die strategische Bewirtschaftung einer Immobilie (Schule oder Verwaltungsgebäude) bis zu 80% der Lebenszykluskosten (ohne Betriebskosten) zu optimieren bzw. zu planen.

Die Ergebnisse dienen als Orientierungshilfe beim Unterhalt von Immobilien.

Anbei sind nochmals die Bauteilstrategien für die einzelnen Bauteile zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 23: Zusammenfassung Bauteilstrategien

Bauteil	Ausfallstrategie	Inspektionsstrategie	Präventivstrategie	Modernisierungsentscheidung
Innenausbau	30 Jahre	bei 30 Jahre	keine	ab 30 Jahre
Heizung-Klima-Lüftung	keine	vorschriftsbedingt bis 30 Jahre	keine	ab 30 Jahre
Fenster	bis 15 Jahre	ab 16 Jahre alle 7-10 Jahre	keine	ab 30 Jahre
Elektroinstallationen	keine	vorschriftsbedingt bis 30 Jahre alle 4 Jahre	keine	ab 30 Jahre
Fassade	bis 20 Jahre	ab 20 Jahre alle 5 Jahre	keine	ab 40 Jahre
Flachdach	bis 13 Jahre	ab 13 Jahre alle 5 Jahre	keine	ab 30 Jahre
Steildach	bis 30 Jahre	ab 30 bis 40 Jahre	keine	ab 40 Jahre

Wie in Kapitel 4.1.2 bereits beschrieben fehlt es bislang an ausreichend empirischen Daten, die eine Grundlage bilden können für prospektive Kostenanalysen. Gerade im Rahmen von PPP Verfahren im Hochbau sind für die vor Beginn eines Projektes notwendigen Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen Annahmen für Lebenszykluskosten zu treffen, die bislang unzulänglicherweise auf Schätzwerten und sonstigen Erfahrungswerten beruhen. Darüber hinaus werden Benchmarkinganalysen verwendet, die auf nicht immer vergleichbaren Daten beruhen. An dieser Stelle ist es notwendig für verschiedene Gebäudeklassen die empirische Datengrundlage für statistische Analysen von Nutzungskosten und Lebenszykluskosten zu verbessern. Darüber hinaus ist weiterer Forschungsbedarf in der Anwendung von Berechnungsmodellen und der Modellierung von Gebäuden über den gesamten Lebenszyklus hinweg erforderlich.

- [2BVO_07] "Zweite Berechnungsverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 12. Oktober 1990 (1990 S., 2178), die zuletzt durch Artikel 78 Abs. 2 des Gesetzes vom 23. November 2007 (BGBl. I S. 2614) geändert worden ist" Stand: Neugefasst durch Bek. vom 12.10.1990, 2178; zuletzt geändert durch Art. 78 Abs. 2 G v. 23.11.2007 I 2614
- [Alca00] Alcalde Rasch, Alejandro, Erfolgspotential Instandhaltung: Theoretische Untersuchung und Entwurf eines ganzheitlichen Instandhaltungsmanagements. Berlin: Erich Schmidt Verlag, 2000.
- [BaCa08] Bahr, Carolin, Realdatenanalyse zum Instandhaltungsaufwand Öffentlicher Hochbauten – Ein Beitrag zur Budgetierung, Dissertation, Universität Karlsruhe (TH), Karlsruhe 2008
- [BAGB09] Baugesetzbuch (BauGB), Ausfertigungsdatum: 23.06.1960, "Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004 (BGBl. I S.2414), das zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), geändert worden ist" BMJ Bundesministerium für Justiz, 2009
- [BAKA06] Kompetenz Bauen im Bestand, Almanach, BAKA Bundesarbeitskreis Altbauerneuerung e.V. , Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co. KG, Köln, 2006
- [BdF96] Bundesministerium der Finanzen, Referat für Öffentlichkeitsarbeit: Das Haushaltssystem der Bundesrepublik Deutschland, Bonn 1996
- [BeFr84] Beichelt, Frank, Franken, Peter, Zuverlässigkeit und Instandhaltung, Carl Hanser Verlag, München, Wien 1984
- [BeFr93] Beichelt, Frank , Zuverlässigkeits- und Instandhaltungstheorie, B.G.Teubner, Stuttgart 1993

- [BMSR05-1] BMI Review of Rehabilitation Costs Serial 339 BMI Special Report - February 2005, BCIS, RICS Business Services Ltd. London 2005
- [BMSR05-2] BMI Review of Occupancy Costs, Serial 343 BMI Special Report - June 2005, BCIS, RICS Business Services Ltd. London 2005
- [BMSR05-3] The Economic Significance of Maintenance, Serial 338 BMI Special Report - February 2005, BCIS, RICS Business Services Ltd. London 2005
- [BMSR05-4] BMI Review of Maintenance Costs, Serial 341 BMI Special Report - May 2005, BCIS, RICS Business Services Ltd. London 2005
- [BrHe98] Bruch, Heike, Outsourcing: Konzepte und Strategien, Chancen und Risiken / Heike Bruch. Wiesbaden: Gabler Verlag, 1998.
- [BuHe04] Bucksch, Herbert, Wörterbuch Gebäudetechnik, Dictionary Building Services, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2004
- [ChMe99] Kurt Christen, Prof. Paul Meyer-Meierling, Optimierung von Instandhaltungszyklen und deren Finanzierung bei Wohnbauten
- [Clau89] Clauss, Wilfried G, Die Kosten der Instandhaltung des Bauwerkbestandes in der Bundesrepublik Deutschland und deren Auswirkungen auf die Beschäftigung im Baugewerbe, Ehningen bei Böblingen, expert Verlag
- [CRB00] Elementkostengliederung EKG, SN 506 502, Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung CRB, Zürich, 2000
- [CRB99] Lehrmittel zum Kurs: DUEGA, Methode zur Erfassung des Unterhalts- und Erneuerungsbedarfs verschiedener Gebäudearten; CRB Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung, Zürich, 1999
- [DABa96] Dienstanweisung der staatlichen Hochbauverwaltung des Landes Hessen, 4. Austauschlieferung, Mai 1996.

- [DeBu97] Deutscher Bundestag, Drucksache 13/7400 der 13. Wahlperiode vom 07.04.1997, BundesanzeigerVerlagsgesellschaftmbH, Köln, 1997
- [DEST07] Baupreisindex des statistischen Bundesamtes ,
<http://www.destatis.de>
- [DIN18960] DIN 18960, Nutzungskosten im Hochbau, Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2008
- [DIN276] DIN 276-1:2006-11, Kosten im Bauwesen - Teil 1 Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2006
- [DIN31051] DIN 31051, Grundlagen der Instandhaltung, Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2003
- [DIN32736] DIN 32736, Gebäudemanagement Begriffe und Leistungen Gegenüberstellung von Leistungen, Normenausschuss Heiz- und Raumluftechnik (NHRS), Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2000
- [DIN85] DIN 31051: Instandhaltung, Begriffe und Maßnahmen, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, 1985, Berlin
- [DUEG97] Diagnosemethode für die Unterhalts- und Erneuerungsplanung verschiedener Gebäudearten DUEGA, Schlussbericht Forschungsprojekt, Zentralschweizerisches Technikum Luzern, Ingenieurschule HTL
- [EbTo02] Ebner, Torsten, Bauen im Bestand bei Bürogebäuden, Dissertation Fachbereich Bauningenieurwesen, TU Darmstadt, Cuvillier Verlag, Göttingen, 2002
- [EKG95] CRB Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung , EKG, Element Kostengliederung 1995, CRB Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung, Zürich

- [EN13306] Begriffe der Instandhaltung Dreisprachige Fassung EN 13306:2001, Normenausschuss Instandhaltung (NIN) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2001
- [Enquete] Die Enquete-Kommission des 13. Deutschen Bundestages - Schutz des Menschen und der Umwelt - Ziele und Rahmenbedingungen einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung
- [EPIQxx] Fraunhofer Institut für Bauphysik; Handbuch epiqr
- [EURE00,Vol.1] EFNMS (The EFNMS Building Maintenance Working Group), Building Maintenance and Environment, EUREKA: EUROENVIRON-MAINTENVIR: " Building Maintenance considered under ecological and economical aspects" Volume 1, strategic level
- [EURE00,Vol.2] EFNMS (The EFNMS Building Maintenance Working Group), Building Maintenance and Environment, EUREKA: EUROENVIRON-MAINTENVIR: " Building Maintenance considered under ecological and economical aspects" Volume 2, tactical level
- [EURE00,Vol.3] EFNMS (The EFNMS Building Maintenance Working Group), Building Maintenance and Environment, EUREKA: EUROENVIRON-MAINTENVIR: " Building Maintenance considered under ecological and economical aspects" Volume 3, operational level
- [EURE00] EFNMS (The EFNMS Building Maintenance Working Group), Building Maintenance and Environment, EUREKA: EUROENVIRON-MAINTENVIR: " Building Maintenance considered under ecological and economical aspects" Volume 1-3
- [FaBe97] Falk, Bernd , Das große Handbauch, Immobilienmanagement für Wohn und Gewerbeimmobilien, Verlag moderne Industrie, Landsberg, 1997

- [FNMR89] Flanagan, Roger, Norman, George, Meadows, Justin, Robinson, Graham, Life Cycle Costing – Theory and Practice, BSP Professional Books, Oxford, Great Britain,
- [FuPe96] Fuller, S., Petersen, S., NIST Handbook 135, Life-Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program, US Department of Commerce, 1996, Gaithersburg, USA
- [GABI00] Gabler Wirtschaftslexikon, 15. Auflage, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler GmbH Wiesbaden, 2000
- [GABI10] Gabler Wirtschaftslexikon, 17. Auflage, Gabler Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2010
- [GäGS05] Gänßmantel, J., Geburtig, G., Schau, A., Sanierung und Facility Management, Nachhaltiges Bauinstandhalten und Bauinstandsetzen; B.G. Teubner Fachverlag, Wiesbaden 2005
- [GEFM96] GEFMA 122, Betriebsführung von Gebäuden, gebäudetechnischen Einrichtungen und Außenanlagen, GEFMA Deutscher Verband für Facility Management e.V., Bonn 1998
- [GEFM98] GEFMA 108 Betrieb-Instandhaltung-Unterhalt von Gebäuden und gebäudetechnischen Anlagen; Begriffsbestimmungen, GEFMA Deutscher Verband für Facility Management e.V., Bonn, 1998
- [GFKM08] Giebeler, Georg, Fisch, Rainer, Krause Harald, Musso, Florian, Petzinka, Karl-Heinz, Rudolphi, Alexander, Atlas Sanierung, Instandhaltung, Umbau, Ergänzung, Giebeler, Fisch, Krause, Musso, Petzinka, Rudolphi, Edition Detail, Institut für Internationale Architektur-Dokumentation GmbH&Co. KG, München, 2008
- [GöBt05, Teil1] Gesellschaft für ökologische Bautechnik, Weiterentwicklung von Instrumenten für Nachhaltige Baupolitik, Teilber.: Instrumente zur qualitätsabhängigen Abschätzung der Dauerhaftigkeit von Materialien und Konstruktionen, Forschungsproj. Nr. 10.06.03 - 03.125, Teil 1: Aufgabenstellung und Methode, Berlin 2005

- [GöBt05, Teil2] Gesellschaft für ökologische Bautechnik , Weiterentwicklung von Instrumenten für eine Nachhaltige Baupolitik, Teilbericht: Instrumente zur qualitätsabhängigen Abschätzung der Dauerhaftigkeit von Materialien und Konstruktionen, Forschungsprojekt Nr. 10.06.03 - 03.125, Teil 2: Einflüsse und Risiken aus Materialmerkmalen, Gesellschaft für ökologische Bautechnik Berlin mbH, Berlin 2005
- [GöBt05, Teil3] Gesellschaft für ökologische Bautechnik , Weiterentwicklung von Instrumenten für eine Nachhaltige Baupolitik, Teilbericht: Instrumente zur qualitätsabhängigen Abschätzung der Dauerhaftigkeit von Materialien und Konstruktionen, Forschungsprojekt Nr. 10.06.03 - 03.125, Teil 3: Bauteilspezifische Belastungen, Gesellschaft für ökologische Bautechnik Berlin mbH, Berlin 2005
- [GrCA06] C.A. Graubner , Vortrag anlässlich BPPP Arbeitskreis „PPP im Management öffentlicher Immobilien“, Düsseldorf, 2006
- [GrHa82] Graul, Hans-Joachim , Kosten von Hochbauten: Kosten, Flächen, Rauminhalte nach DIN 276, DIN 277, DIN 283, DIN 18960 / DIN, Deutsches Institut für Normung e.V.; 1. Auflage; Berlin, Köln: Beuth Verlag, 1982.
- [GrHü03] Graubner, Carl-Alexander, Hüske, Katja, Nachhaltigkeit im Bauwesen, Grundlagen - Instrumente - Beispiele, Berlin Verlag GmbH & Co KG, 2003
- [GrRi04] Graubner, C.-A. & Riegel, G. W. , Life Cycle Costs – Lebenszykluskosten, Handbuch Facility Management, ecomed Verlag, Landsberg /Lech.
- [HFSZ08] Hegger, Manfred, Fuchs, Matthias, Stark, Thomas, Zeumer, Martin , Energieatlas, Nachhaltige Architektur, Edition Detail, Birkhäuser, Verlag für Architektur, Basel, 2008

- [HOAI09] Drucksache 395/09 der Bundesregierung Verordnung über die Honorare für Architekten- und Ingenieurleistungen (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure - HOAI), Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, Köln, 2009
- [HöWe99] Höger, W. , Ökonomie und Nutzwert steigern - systematisches Facility Management verbessert Wohn- und Arbeitsklima; Facility Management 6/1999, S. 26-27, Bauverlag, Gütersloh 1999
- [IFMA02] IFMA International Facility Management Association, Peter Kubik, Dirk Otto, Axel Schulz , Leitfaden für Betrieb und Instandhaltung von Liegenschaften, IFMA- Instandhaltungsstrategie für nutzer- und praxisorientiertes Facility Management, IFMA Deutschland e.V.(Download www.ifma-deutschland.de)
- [IFMA04] IFMA International Facility Management Association , Leitfaden für lebenszyklusorientierte Planung
- [IPBau91] Impulsprogramm Bau- Erhaltung und Erneuerung; Bauerneuerung – Was tun? Eine Übersicht für Eigentümer, Mieter und Planer; Bundesamt für Konjunkturfragen; Bern 1991
- [IPBau94] Impulsprogramm Bau- Erhaltung und Erneuerung; Alterungsverhalten von Bauteilen und Unterhaltskosten; Bundesamt für Konjunkturfragen; Bern 1994
- [IPBau94-2] Impulsprogramm IP Bau: Siedlungsentwicklung durch Erneuerung. Bern: Bundesamt für Konjunkturfragen, 1994.
- [IPBau95] Impulsprogramm Bau- Erhaltung und Erneuerung; Grobdiagnose - Zustandserfassung und Kostenschätzung von Gebäuden, 2. Auflage; Bundesamt für Konjunkturfragen; Bern 1995
- [ISO00] International Standard ISO 15686-1, Buildings and constructed assets- Service life planning Part 1: General principles, ISO copyright office, Genf, Schweiz, 2000

- [ISO01] International Standard ISO 15686-2, Buildings and constructed assets- Service life planning Part 2: Service life prediction procedures, ISO copyright office, Genf, Schweiz, 2001
- [ISO02] International Standard ISO 15686-3, Buildings and constructed assets- Service life planning Part 3: Performance audits and reviews, ISO copyright office, Genf, Schweiz, 2002
- [ISO04] International Standard ISO 15686-5, Buildings and constructed assets- Service life planning Part 5: Whole life costing ISO copyright office, Genf, Schweiz, 2004
- [Jahn80] Jahn, Axel , Mehrstufige, alterabhängige Instandhaltungsstrategien, Frankfurt am Main: R.G. Fischer Verlag, Frankfurt, 1980
- [Jehl89] Jehle, Peter: Ein Instandhaltungsmodell für Hochbauten / V. Kuhne. Essen: 1989.
- [JuBr77] Brückner, Otto, Handbücher der Grundstückswertermittlung Wertermittlung von Grundstücken: Wertermittlungsrichtlinien / Just und Brückner; Band 1, 5. neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Düsseldorf: Werner Verlag, 1977.
- [KaSS03] Kalusche, Wolfdietrich, Schalcher Hans-Rudolf, Staub, Peter, Vorlesungsunterlagen Betrieb und Unterhalt von Anlagen, Institut für Bauplanung und Baubetrieb, ETH Zürich, 2003
- [KaWo09] Kalusche, Wolfdietrich, Lebenszykluskosten - Optimierung von Baukonstruktionen, Aufsatz in Detail Zeitschrift für Architektur, 49. Serie 2009.4 Kostengünstig Bauen, Institut für internationale Architekturdokumentation GmbH & Co. KG, München, 2009
- [KGStXX] KGSt, Kommunale Gemeinschaftsstelle für
Verwaltungsvereinfachung, Bericht Nr. 9

- [Klin99] Martina Klingele Universität Karlsruhe (TH) Institut für Industrielle Bauproduktion, Integration von lebenszyklusbezogenen Bewertungsmethoden in den Planungsprozess, genehmigte Dissertation, Karlsruhe, 1999
- [KIJo07] Klingenberger, Jörg, Ein Beitrag zur systematischen Instandhaltung von Gebäuden, Dissertation, Technische Universität Darmstadt, Darmstadt 2007
- [KoHP99] Kohler, N., Hassler, U., Paschen, H., Stoffströme und Kosten in den Bereichen Bauen und Wohnen
- [KoLo06] Kohlbecker, Lorenz, Vorlesungsumdruck WS05/06 Universität Karlsruhe, "FM bei immobilienwirtschaftlichen PPP's", Vorlesung 14.Feb.2006, PPP aus Sicht des privaten Partners, Karlsruhe, 2006
- [KoTh00] Koch, Thomas: Outsourcing ohne Know-how-Verlust. In: E. Gülker, G. Bandow: Nachhaltige Instandhaltung: Ein neuer Weg zum Unternehmenserfolg. Dortmund: Verlag Praxiswissen, 2000
- [Krug85] Krug, Wirtschaftliche Instandhaltung von Wohngebäuden durch methodische Inspektion und Instandsetzungsplanung, Dissertation, Techn. Universität Braunschweig, 1985
- [KSW02] Kleiber, Wolfgang; Simon, Jürgen; Weyers, Gustav, Verkehrswertermittlung von Grundstücken: Kommentar und Handbuch zur Ermittlung von Verkehrs-, Versicherungs- und Beleihungswerten unter Berücksichtigung von WertV und BauGB / Kleiber, Simon und Weyers; 4. vollständig neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Köln: Bundesanzeiger, 2002.
- [KSW98] Kleiber, Wolfgang; Simon, Jürgen; Weyers, Gustav; Verkehrswertermittlung von Grundstücken: Kommentar und Handbuch zur Ermittlung von Verkehrs-, Beleihungs-, Versicherungs-, und Unternehmenswerten unter Berücksichtigung von WertV und BauGB / Kleiber, Simon und Weyers; 3. vollständig neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Köln: Bundesanzeiger, 1998.

- [LaDa06] Davis Langdon Consulting, Detailed Methodology Content: Life cycle costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: a common methodology, Davis Langdon Management Consulting, 12/06
- [LBOB00] Landesbauordnung für Baden-Württemberg (LBO) Vom 8. August 1995 (GBl. S. 617) zuletzt geändert durch Gesetz vom 19. Dezember 2000 (GBl. S. 760)
- [LeBP06] Lennerts, K., Bahr, Carolin, Pfründer, U., Instandhaltung von Schulgebäuden, Facility Management, Nr. 1, Januar/Februar 2006, Bauverlag, Gütersloh, 2006
- [Lede04] Lederer, Arno, Schulen in Deutschland- Neubau und Revitalisierung, Karl Krämer Verlag Stuttgart und Zürich, 2004
- [LeKu98] Lennerts, Kunibert „Eine komplexe Aufgabe -Stillstandsmanagement-, Facility Management“, Facility Management, Bertelsmann Fachzeitschriften, Gütersloh, Deutschland, 5/1998
- [Lenn00] Universität Karlsruhe (TH) Prof. Dr.-Ing. Kunibert Lennerts Grundlagen des strategischen Facility Management - vorlesungsbegleitender Umdruck, Wintersemester 200/2001 Teil 1 Kapitel 1-6
- [LePA03] Lennerts, K., Pfründer, U., Abel, J., Forschungsprojekt „Optimierung und Analyse von Prozessen in Krankenhäusern“ OPIK Abschlussbericht 2003, Universität Karlsruhe (TH) Facility Management (TMB), Karlsruhe, 2003
- [Luet02] Institut für Ökonomie und Ökologie des Wohnungsbaus, Nachhaltiges Planen, Bauen und Bewirtschaften von Bauwerken, Ziele Grundlagen, Stand und Trends Bewertungsmethoden und -hilfsmittel Kurzstudie
- [Männ68] Männel, Wolfgang, Wirtschaftlichkeitsfragen der Anlagenerhaltung, Wiesbaden: Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler, 1968

- [MBCW94] Prof. Paul Meyer, Max Büchler, Kurt Christen, Andres Waibel ,
Alterungsverhalten von Bauteilen und Unterhaltskosten, Bundesamt
für Konjunkturfragen, IP Bau 1994, Bern, 1994
- [MeVi84] Merminod, Pierre; Vicari, Jaques , MER: Methode zu Ermittlung der
Kosten der Wohnungserneuerung; Bundesamt für Wohnungswesen,
Bern; 1984
- [MiKa03] Minami, Kazunobu, Repair and Improvement Work of Post Office
Buildings and reduction of Overall Investment Costs by Lengthening
the Life of the Buildings, Journal of Asian Architecture and Building
Engineering (JAABE), Vol. 2 , No. 1,AIJ, Tokyo (Japan), 2003
- [MoKa08] Möller, Alexander, Kalusche, Wolfdietrich, Planungs- und
Bauökonomie, Band 2, Grundlagen der wirtschaftl. Bauausführung,
5., völlig überarbeitete und erweiterte Auflage, Oldenbourg
Wissenschaftsverlag GmbH, München, 2008
- [NaSa02] Naber, Sabine, Planung unter Berücksichtigung der
Baunutzungskosten als Aufgabe des Architekten Feld des Facility
Management, Peter Lang GmbH, Europäischer Verlag der
Wissenschaften, Frankfurt 2002
- [OPIK02] Forschungsprojekt OPIK (Optimierung und Analyse von Prozessen
im Krankenhaus Abschlussbericht 2002, Universität Karlsruhe (TH),
Karlsruhe, 2002
- [OPIK04] Forschungsprojekt OPIK (Optimierung und Analyse von Prozessen
im Krankenhaus Abschlussbericht 2004, Universität Karlsruhe (TH),
Karlsruhe, 2004
- [PeAn05] Pelzeter, Andrea, Life Cycle Costs of Real Estate - Influence of
Location, Design and Environment, proceedings ERES Conference
2005, Dublin, LCC Doctoral Session, Dublin, 2005

- [PeAn06] Pelzeter, Andrea , "Lebenszykluskosten von Immobilien -Einfluss von Lage, Gestaltung und Umwelt", Schriften zur Immobilienökonomie, Band 36, Rudolf Müller GmbH&Co. KG, Köln 2006
- [PeHa03] Petersen, Hauke, Marktorientierte Immobilienbewertung, Grundlagen; 6. überarbeitete Auflage. Stuttgart, München, Hannover, Berlin, Weimar, Dresden: Richard Boorberg Verlag, 2003
- [Peter84] Peters, Heinz: Instandhaltung und Instandsetzung beim Wohnungseigentum, Bauverlag, Wiesbaden, 1984
- [PfAr05] Artl; Joachim, Pfeiffer; Martin, Lebensdauer der Baustoffe und Bauteile zur Harmonisierung der wirtschaftlichen Nutzungsdauer im Wohnungsbau, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2005
- [PfBL06] Pfründer, U., Bahr, C., Lennerts, K.:, Tagungsband/Proceedings of the fifth European research symposium in Facilities Management, EFMC2006 Frankfurt, March 2006 "Examination of life cycle costs as a basis for future Public-Private Partnership (PPP) projects focusing on school buildings", VDE Verlag GmbH, Berlin
- [PfBL06] Pfründer, U., Bahr, C., Lennerts, K.:, Development of an effectiveness-evaluating-factor of lifelong performed value maintaining and increasing measures, proceedings, Trondheim international Symposium, CIBW70, 12-14 Juni 2006, Herausgeber NTNU, Faculty of Architecture and Fine Art, Trondheim, Norway, Tore Haugen, Anita Moum, Jan Bröchner, Trondheim (Norway), 2006
- [PfLB05] Pfründer, U., Bahr, C., Lennerts, K.:, Sustainable life-cycle strategies to optimise the long-term upkeep function of buildings, Tagungsband/Proceedings of the fourth European research symposium in facilities management, Frankfurt, Mai 2005

- [PfZN01] Pfeiffer, M., Zapke, W., Nordmann, D., Entwicklung von Instrumenten für den nachhaltigen Sanierungsprozess von Büro- und Produktionsgebäuden sowie öffentlichen Liegenschaften, Kurzbezeichnung: Nachhaltiger Sanierungsprozess Gefördert durch die Europäische Union (EFRE) und das Land Niedersachsen (MWK) Förderkennzeichen: EFRE 98.060, Abschlussbericht - Langfassung - , Fachhochschule Hannover, Standort Nienburg/Weser, 2001
- [PoZa85] Potyka, Hugo; Zabrana, Rudolf, Pflegefall Althaus: Reparaturzyklen von Wohnhäusern
- [PrSc03] Preuß, Norbert; Schöne, Lars Bernhard: Real Estate und Facility Management: Aus Sicht der Consultingpraxis. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2003.
- [ReGS03] Rentz, Otto; Geldermann, Jutta; Schultmann, Frank: Unterlagen zur Vorlesung Industrielle Produktionswirtschaft II: Wintersemester 2003/2004. Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion Universität Karlsruhe. Karlsruhe, 2003.
- [Rieg04] Riegel, Gert: Ein softwaregestütztes Berechnungsverfahren zur Prognose und Beurteilung der Nutzungskosten von Bürogebäuden. Dissertation des Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie der Technischen Universität Darmstadt, 2004
- [Roet92] Rötzel, Adolf, Instandhaltung: eine betriebliche Herausforderung, Berlin; Offenbach: vde-Verlag, 1992
- [ScBa01] Schwaiger, Bärbel, Methoden zur Analyse von Gebäudebeständen, Alterungsmodelle und Prognose von Stoffströmen mit Anwendung auf den Gebäudebestand der Stadt Ettlingen, Arbeitsbericht 2001, Institut für Industrielle Bauproduktion, Universität Karlsruhe
- [Sche72] Stephan Jürgen Schelo, Integrierte Instandhaltungsplanung und -steuerung mit elektronischer Datenverarbeitung, Betriebswirtschaftliche Studien, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1972

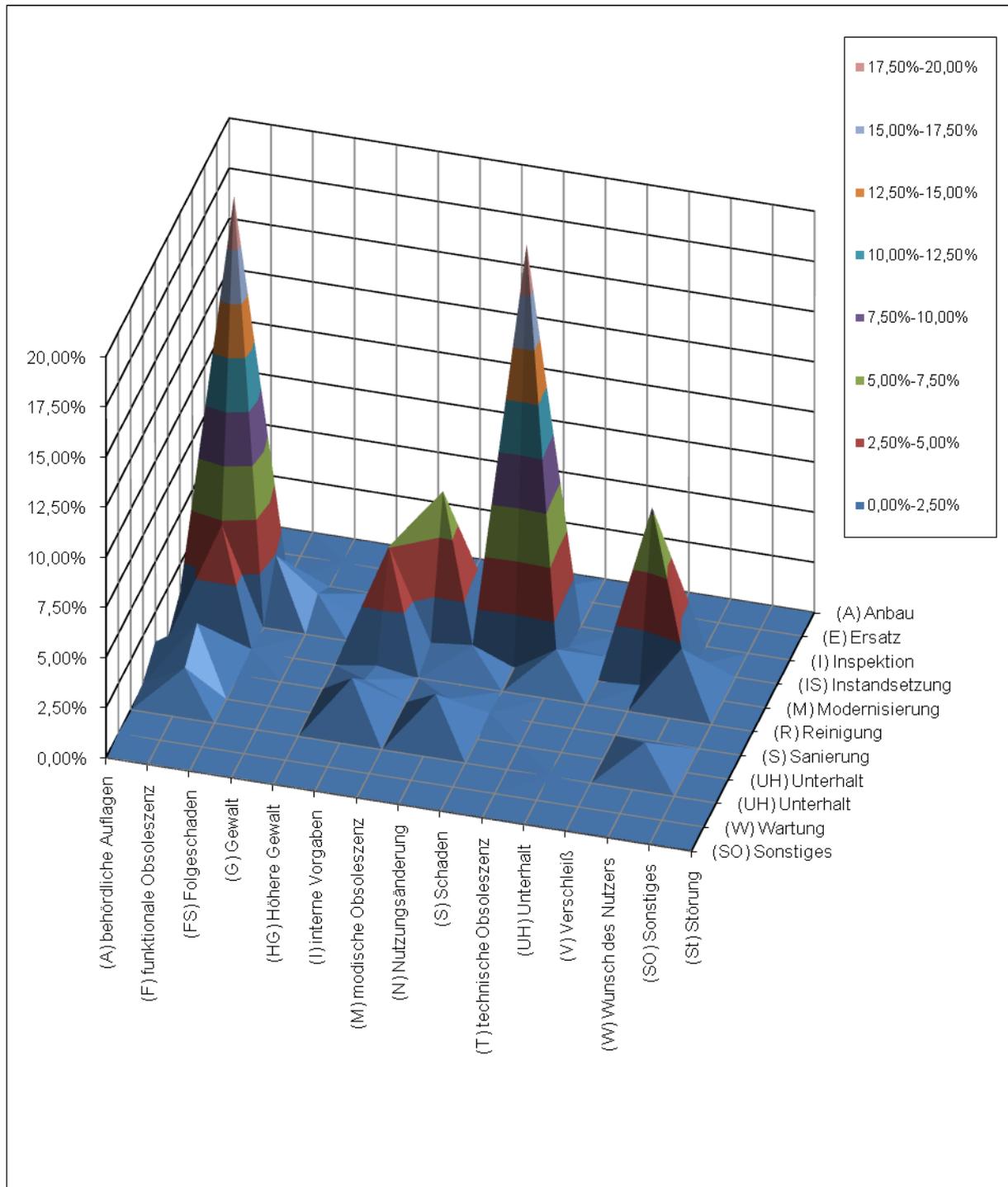
- [ScLP05] Schulte, Lee, Paul (Hrsg.), Gier, Evans, Wörterbuch Immobilienwirtschaft, Real Estate Dictionary, iZ Immobilien Zeitung GmbH, Wiesbaden, 2005
- [ScOd01] Schmalwasser, Oda , Revision der Anlagevermögensrechnung 1991 bis 2001 in Statistisches Bundesamt, Wirtschaft und Statistik 5/2001, Oda Schmalwasser, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 2001
- [ScSt85] Schub, Adolf; Stark, Karlhans, Life Cycle Cost von Bauprojekten: Methoden zur Planung von Erst- und Folgekosten / A. Schub; K. Stark. Köln: Verlag TÜV Rheinland, 1985.
- [SIA03] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein: Modelle der Zusammenarbeit: Erstellung und Bewirtschaftung eines Bauwerkes. Bern, 2003
- [SIA469] SIA Norm 469 – Ausgabe 1997: Erhaltung von Bauwerken, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich, 1997
- [SINU01] Institut für Instandhaltung gGmbH, Instandhaltungsmanagement und Ökologie - Instandhaltung von Gebäuden (SINUS), Schlussbericht, Förderkennzeichen: 01RV 9632/0, Iserlohn 2001
- [SLBW07] Baupreisindex, Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart Internetpräsentation: <http://www.statistik-bw.de/Konjunkturspiegel/buildCostIndex.asp?i=b&mV=0#tbl00>
- [SpOs00] Ralf Spilker, Rainer Oswald , Bauforschung für die Praxis Band 55, "Konzepte für die praxisorientierte Instandhaltungsplanung im Wohnungsbau", Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2000
- [StAd03] Straub, Ad, Lifetime oriented maintenance planning in the Netherlands; Integrated Lifetime Engineering of Buildings and Civil Infrastructures; Kuopio, (Finnland), 2003
- [Stoy04] Stoy, Christian, Benchmarks und Einflussfaktoren der Baunutzungskosten, Diss.ETH Nr. 15765, ETH Zürich Eigenverlag, Zürich, 2004

- [STRA02] Benutzerdokumentation, STRATUS Gebäude 3.00 CH; Basler & Hofmann Ingenieure und Planer AG; Zürich, 2002
- [Stu72] Studie 15 des Schulbauinstituts der Länder: Folgekosten im Schulbau- Eine Einführung in den Problemkreis, 1972
- [THSK04] Thomas, Horst, Seehausen Karl-R., Denkmalpflege für Architekten und Ingenieure, vom Grundwissen zur Gesamtleitung, 2., überarbeitete Auflage, herausgegeben von Prof. Dipl.-Ing. Horst Thomas, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH & Co KG, Köln, 2004
- [ToRF95] Tomm, Arwed, Rentmeister, Oswald Finke, Heinz, Geplante Instandhaltung Ein Verfahren zur systematischen Instandhaltung von Gebäuden, Aachen, LBB, 1995
- [TUEV02] TÜV Energie und Umwelt GmbH, Projektträger Mobilität und Verkehr, Bauen und Wohnen, Nachhaltiges Bauen im Bestand, Workshopdokumentation, 2002
- [VDI05] VDI Nachrichten Nr. 47; Einnahmen und Ausgaben des Staates
- [VDI2893] VDI-Gesellschaft Produktionstechnik (ADB) Ausschuss Instandhaltung, VDI-Handbuch Betriebstechnik, Teil 4, Bildung von Kennzahlen für die Instandhaltung, Düsseldorf, Oktober 1991
- [WaHe92] Warnecke, Hans-Jürgen, Heck, Karlheinz , Handbuch Instandhaltung; Begriff, Wesen, Arten und Systematisierung der Instandhaltungskosten., Band 1. 2. völlig überarbeitete Auflage. Köln: TÜV Rheinland GmbH, 1992
- [WDKa04] Wolfdietrich Kalusche, Festschrift zum 60. Geburtstag von Prof. Dr. H.-R. Schalcher", Technische Lebensdauer von Bauteilen und wirtschaftliche Nutzungsdauer von Gebäuden", Lehrstuhl für Planungs- und Bauökonomie - Fakultät für Architektur, Bauingenieurwesen und Stadtplanung, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, 2004

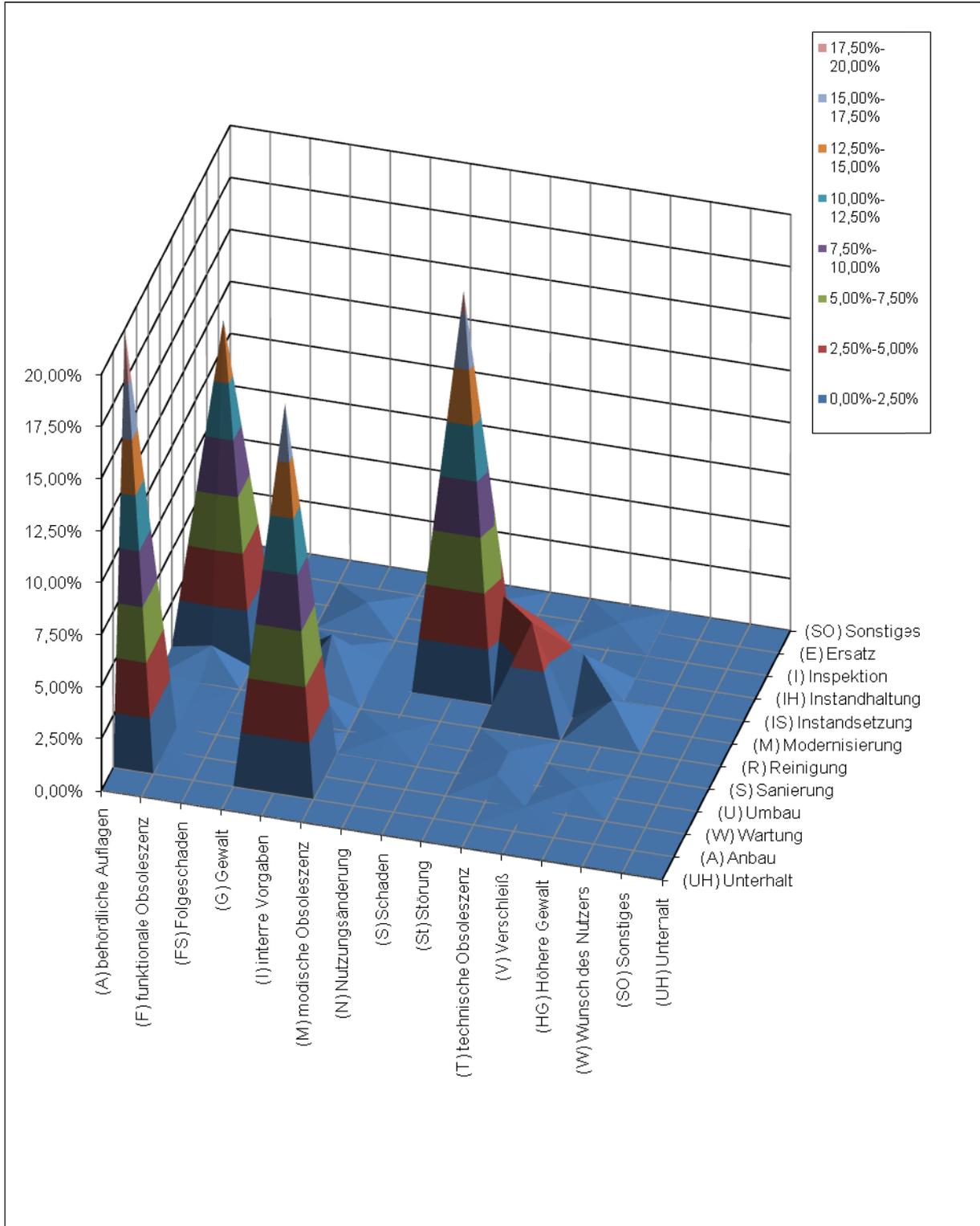
- [WeCh00] Wetzel, Christian , Optimierung des zukünftigen Instandhaltungsbedarfs und damit verbundener Kosten für Mehrparteien Wohngebäude; Fraunhofer Institut für Bauphysik
- [WertV97] WertV , Verordnung über Grundsätze für die Ermittlung der Verkehrswerte von Grundstücken (Wertermittlungsverordnung – WertV) vom 6.12.1988 (BGB1. I 1986, 2209) zuletzt geändert durch Art. 3 des Gesetzes vom 18.8.1997 (BGB1. I 1997, 2081)
- [WiFr97] Winkler, Walter, Fröhlich, Peter, Hochbaukosten, Flächen, Rauminhalte mit DIN 276 . 277 . 18022 . 18960 Teil 1, Friedrich Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden, 1997
- [WiRi02] Wilkinson, Richard , International Seminar on Educational Infrastructure: “Monitoring and evaluation of public policies for educational infrastructure”, Richard Wilkinson, Mexico, 24 - 27 February 2002
- [ZeSa05] Zehrer, H., Sasse, E., ecomed-Handbuch Facility Management 1. Erg.Lfg. 7/04, Verlagsgruppe Hüthig Jehle Rehm GmbH, Landsberg am Lech, 2005
- [ZeWi67] Zehme, Winfried , Der Unterhalt von Bauten, dessen Abhängigkeit von der Lebensdauer der Bauelemente und der Veränderung der Nutzung, Bauen und Wohnen, Heft 7, VII 1-VII6, Verlag Bauen und Wohnen, München 1967

Anhang

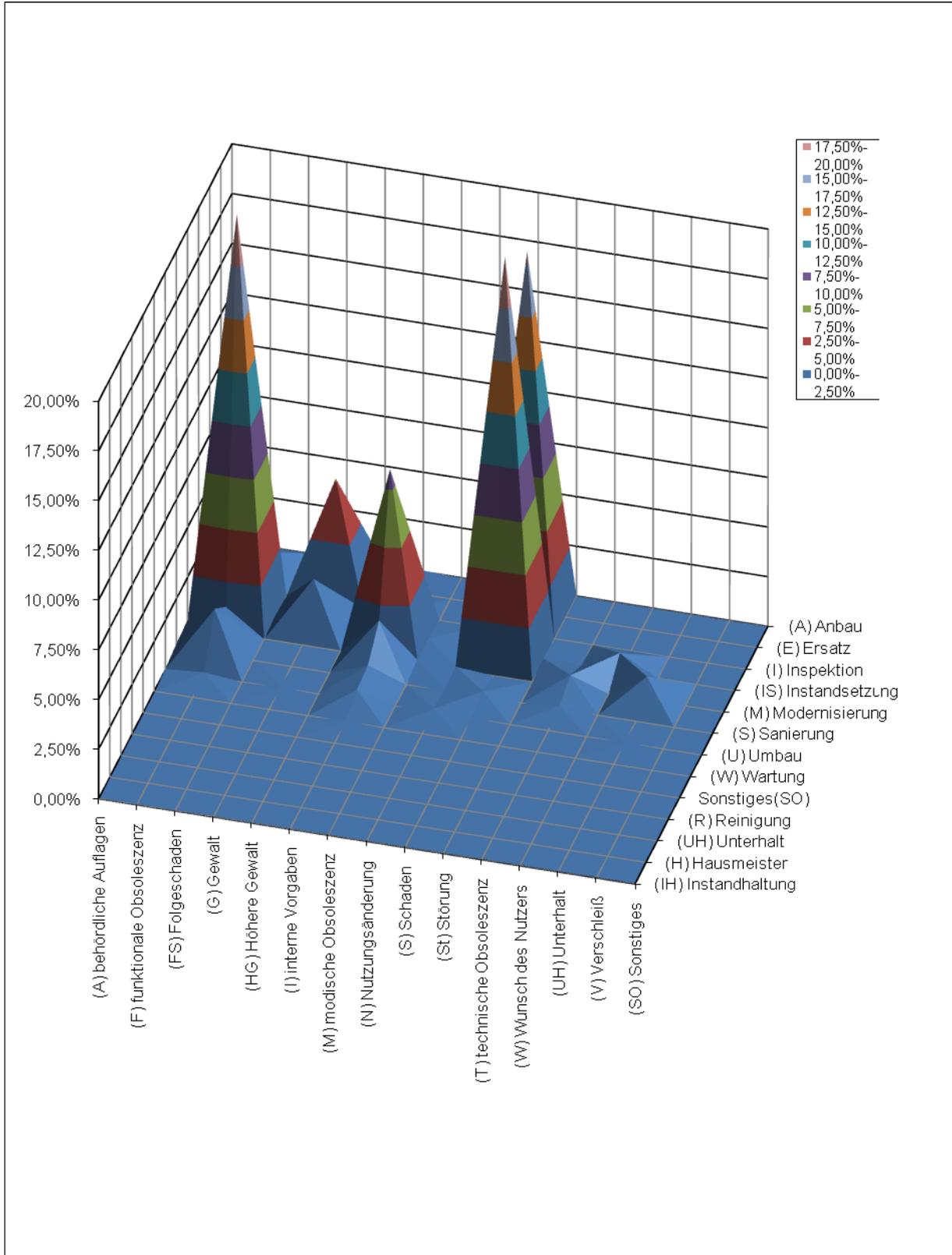
Anhang Abbildung 1: Maßnahmen Auslöser Kombinationen Bauteilgruppe Innenausbau



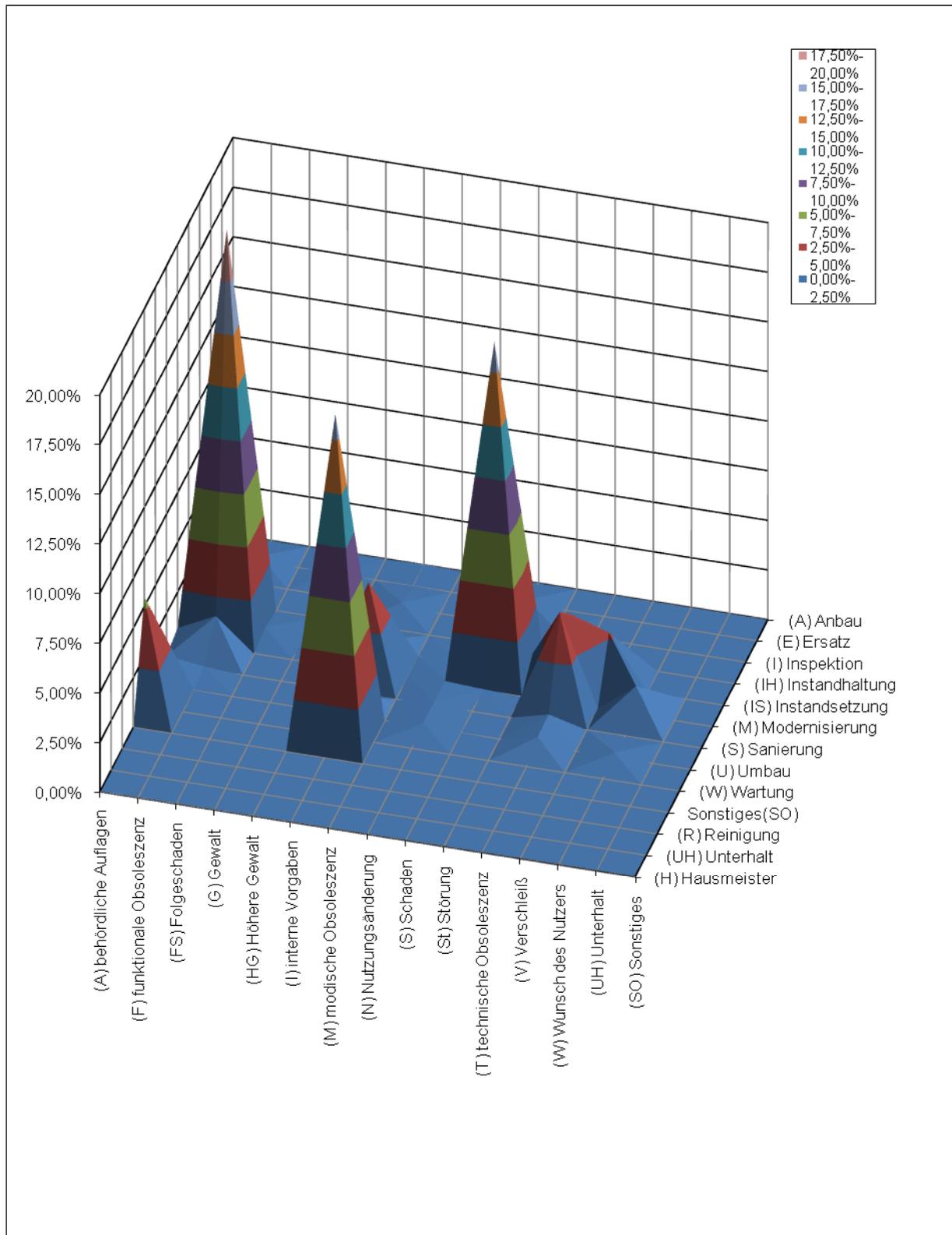
Anhang Abbildung 2: Maßnahmen Auslöser Kombinationen Bauteilgruppe Heizung-Klima-Lüftung



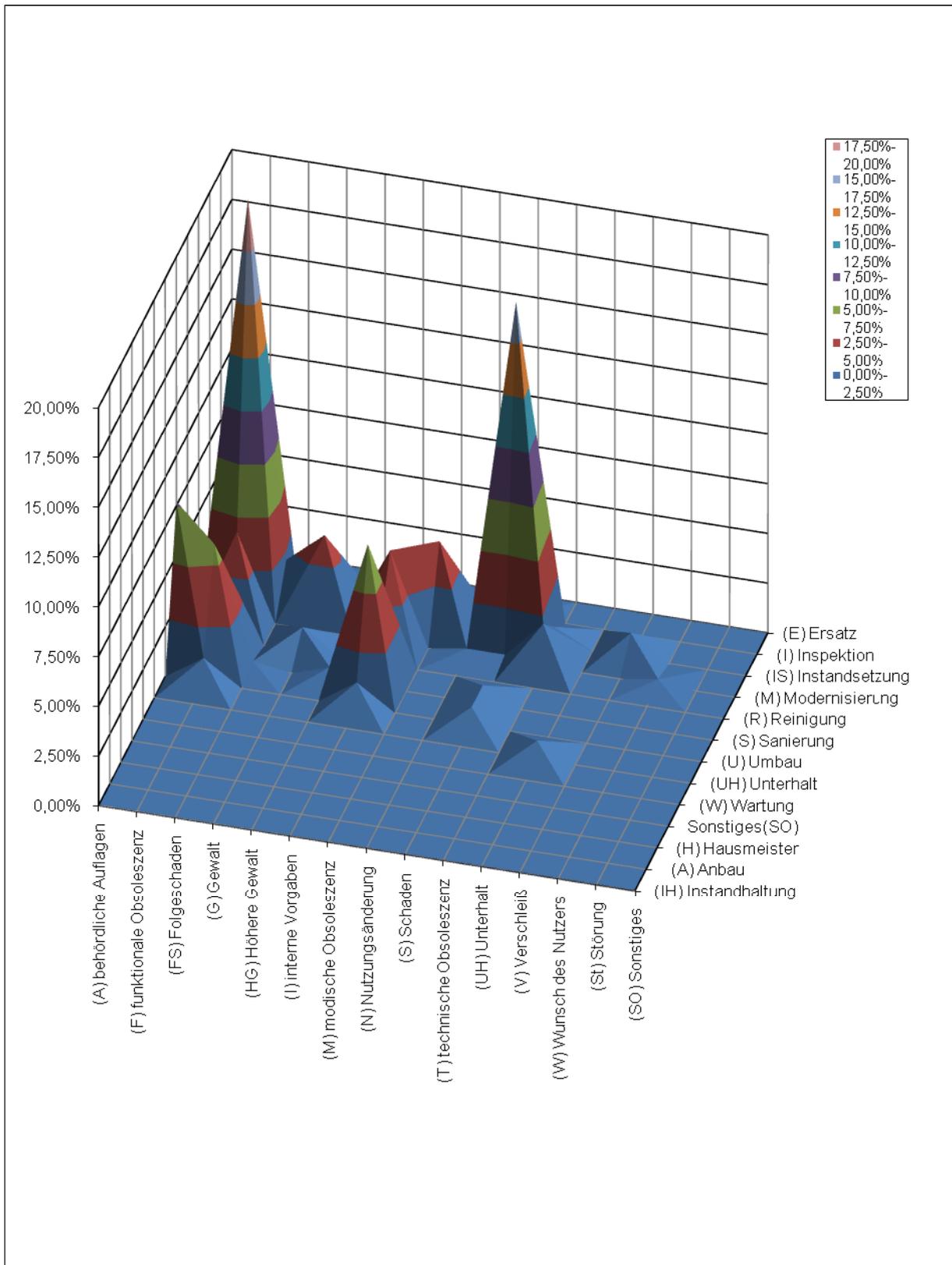
Anhang Abbildung 3: Maßnahmen Auslöser Kombinationen Bauteilgruppe Fenster-Außentür



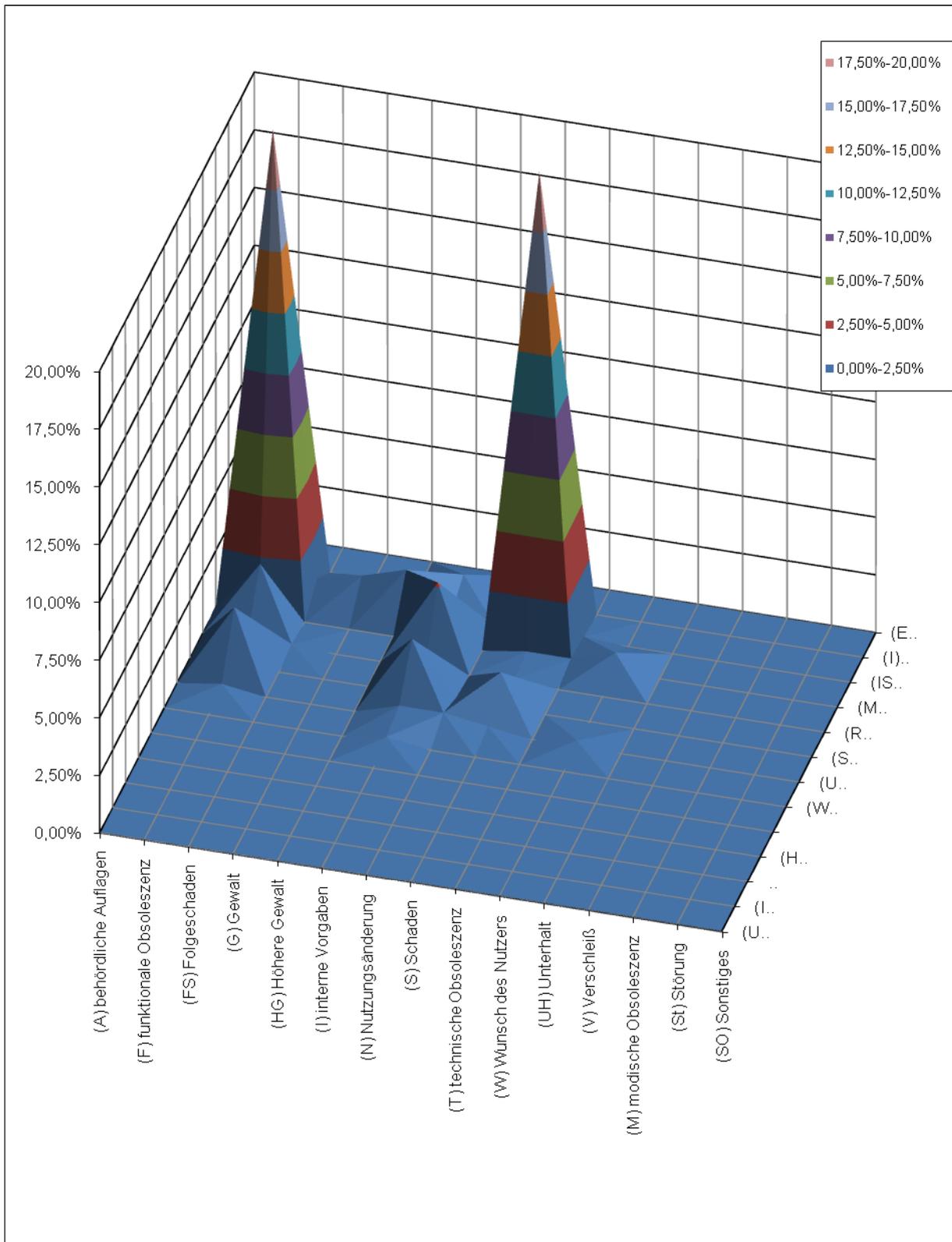
Anhang Abbildung 4: Maßnahmen Auslöser Kombinationen Bauteilgruppe Elektro

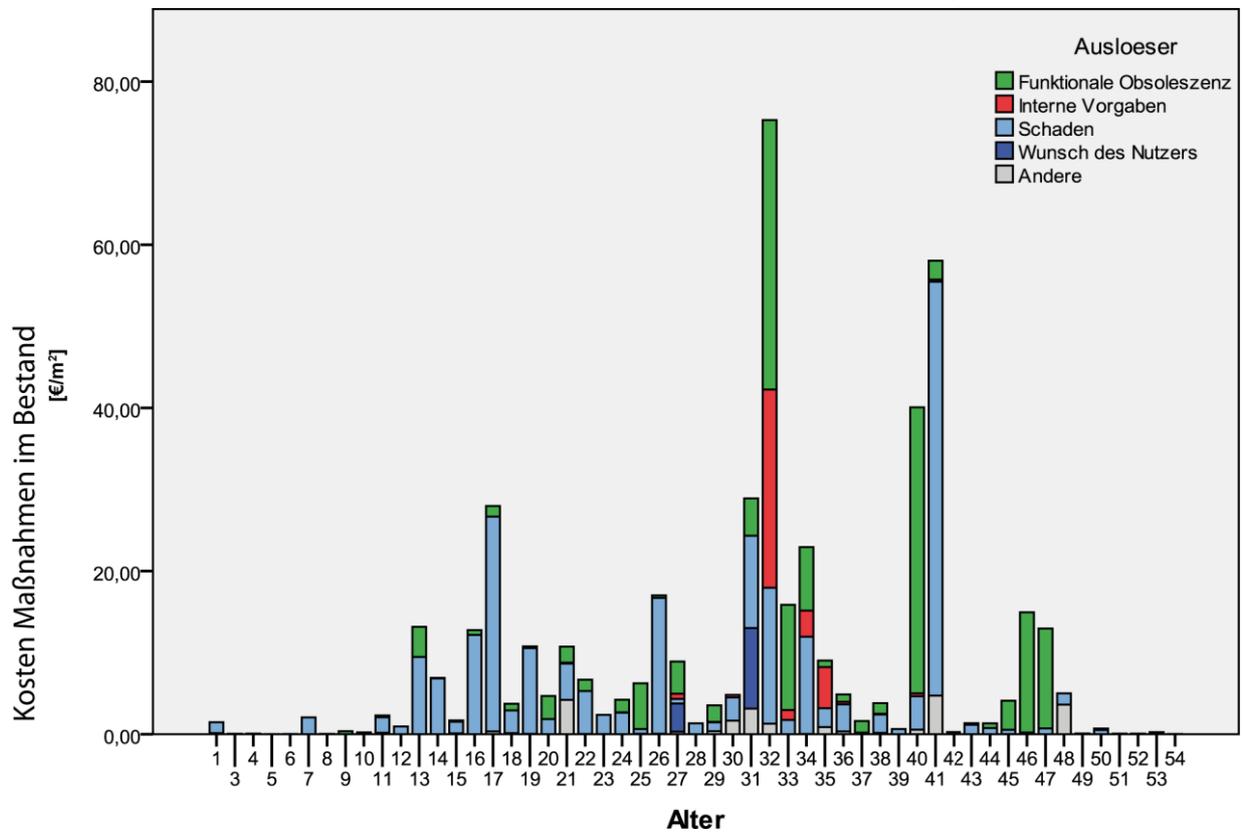


Anhang Abbildung 5: Maßnahmen Auslöser Kombinationen Bauteilgruppe Fassade

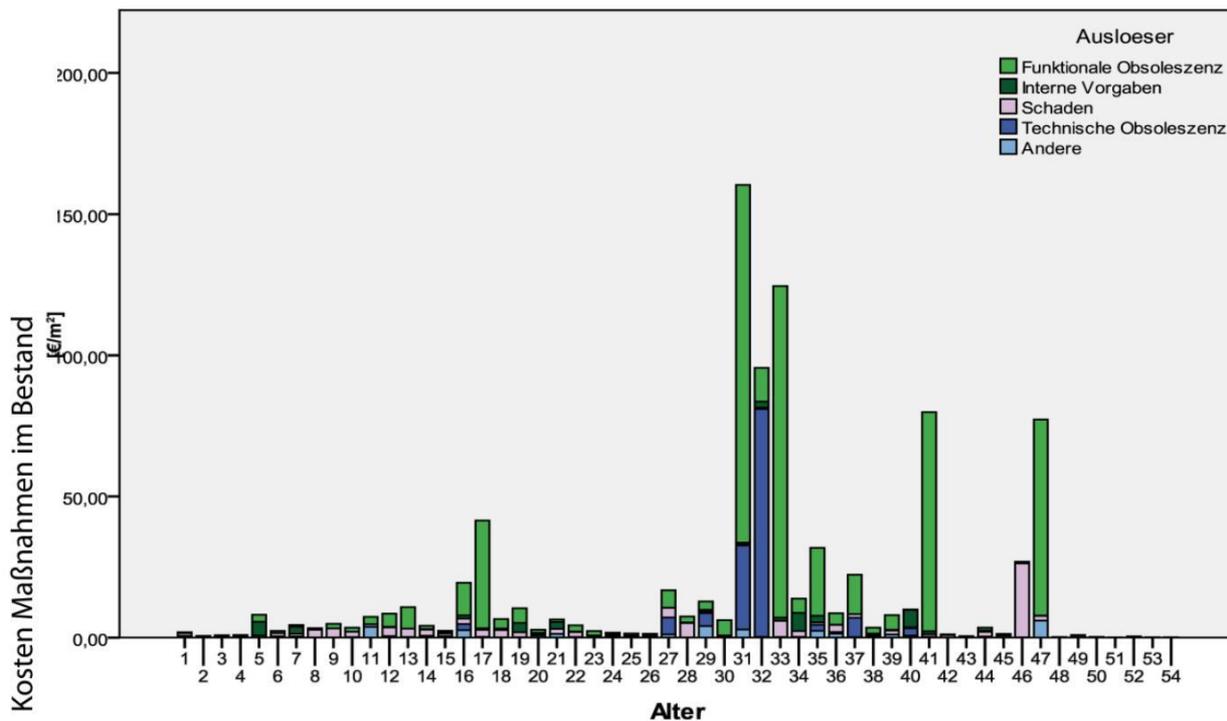


Anhang Abbildung 6: Maßnahmen Auslöser Kombinationen Bauteilgruppe Dach

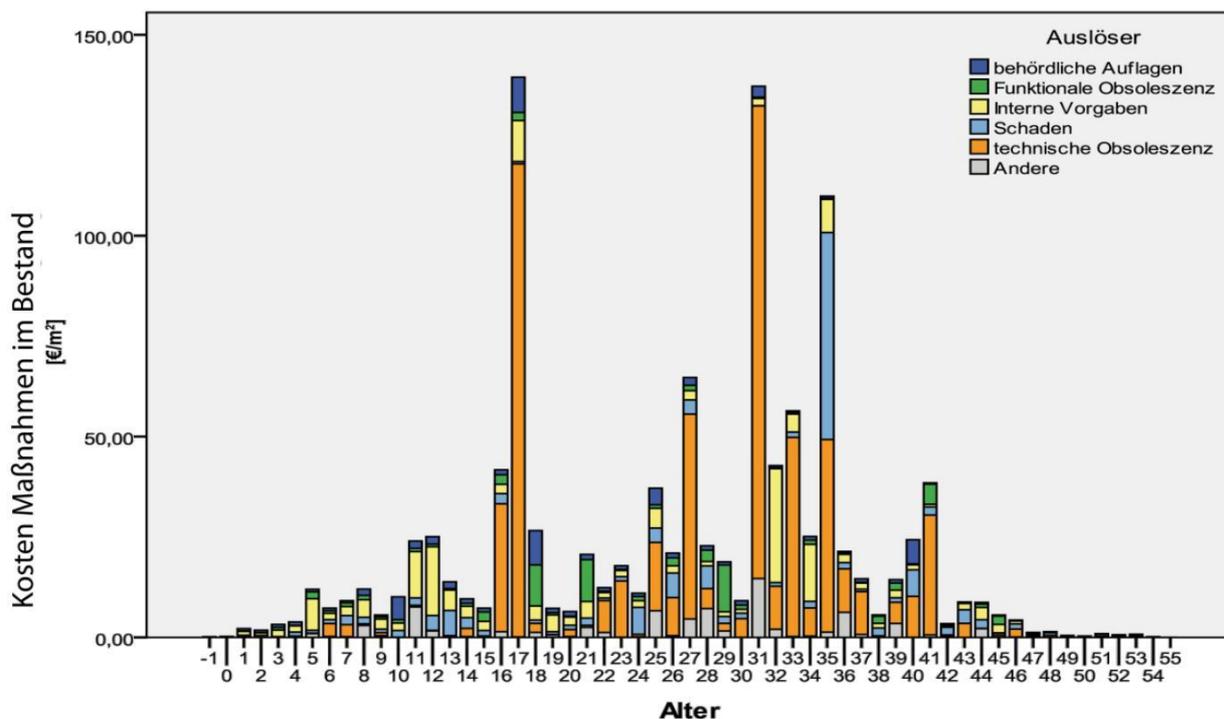




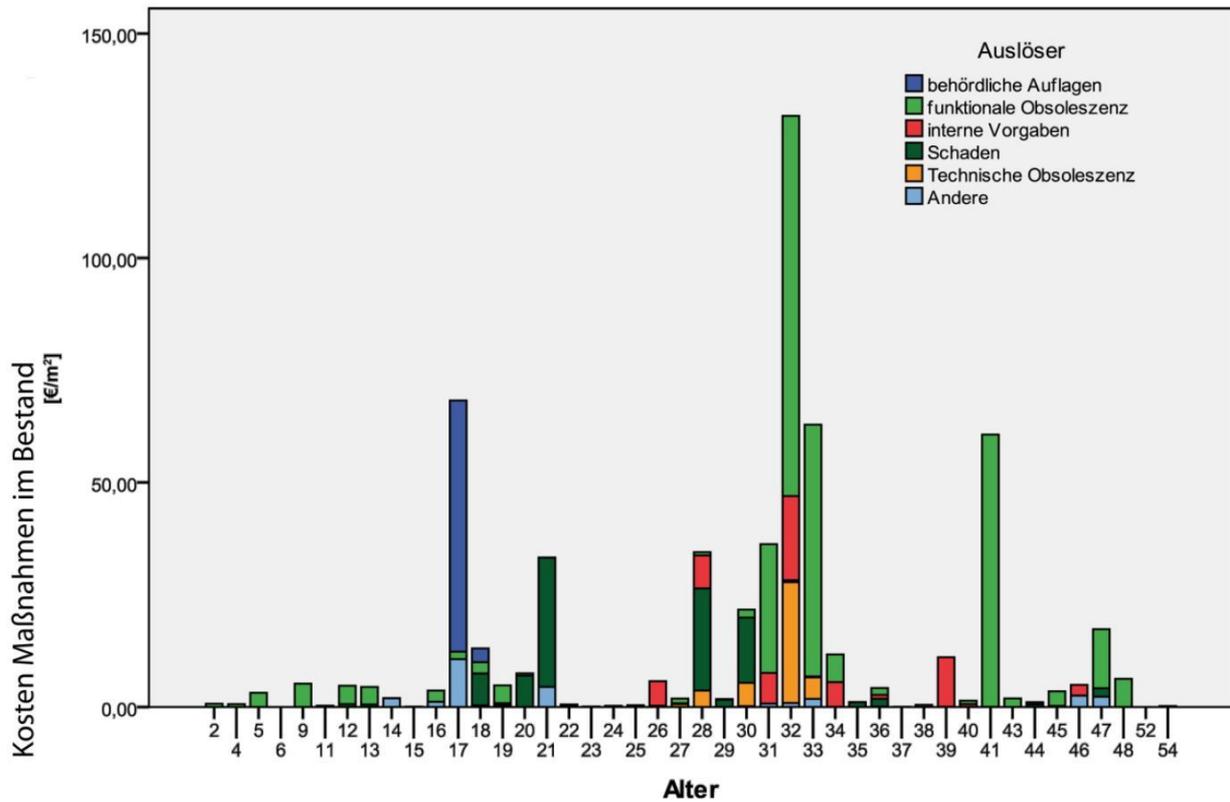
Anhang Abbildung 7: absolute (in Summe über alle Immobilien) Kosten für das Bauteil Dach nach Auslösern.



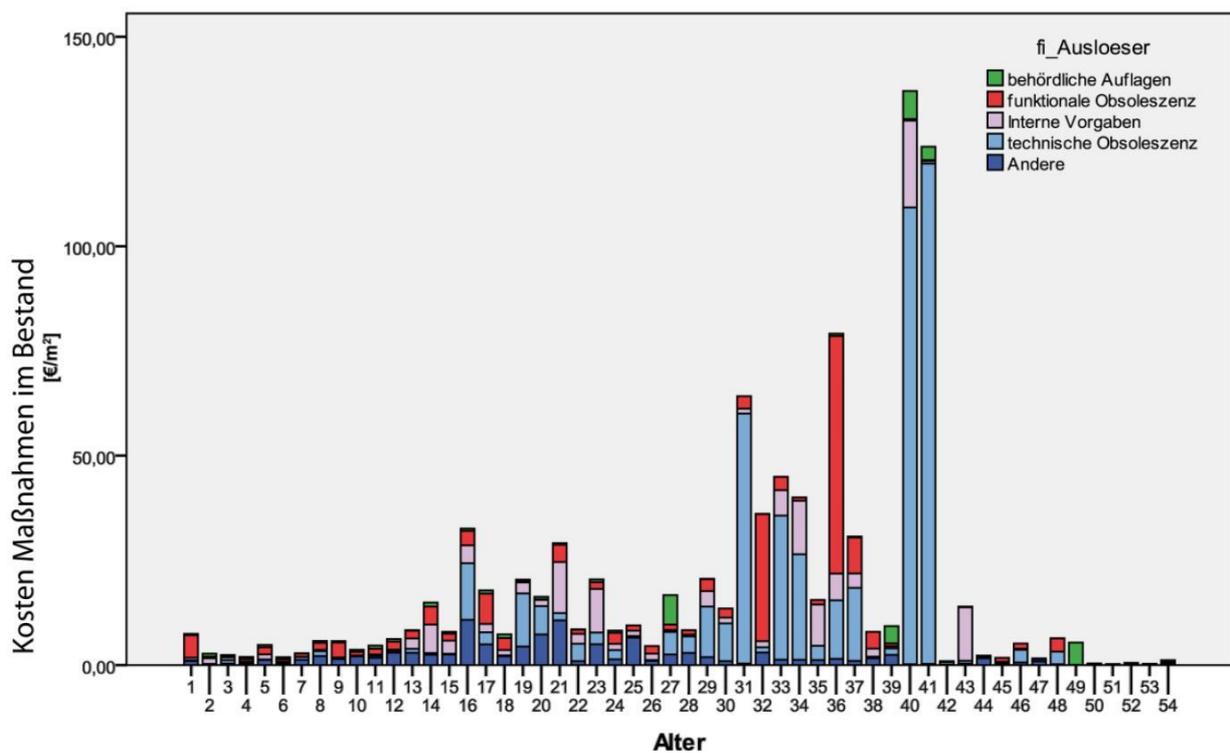
Anhang Abbildung 8: absolute (in Summe über alle Immobilien) Kosten für das Bauteil Fenster nach Auslösern.



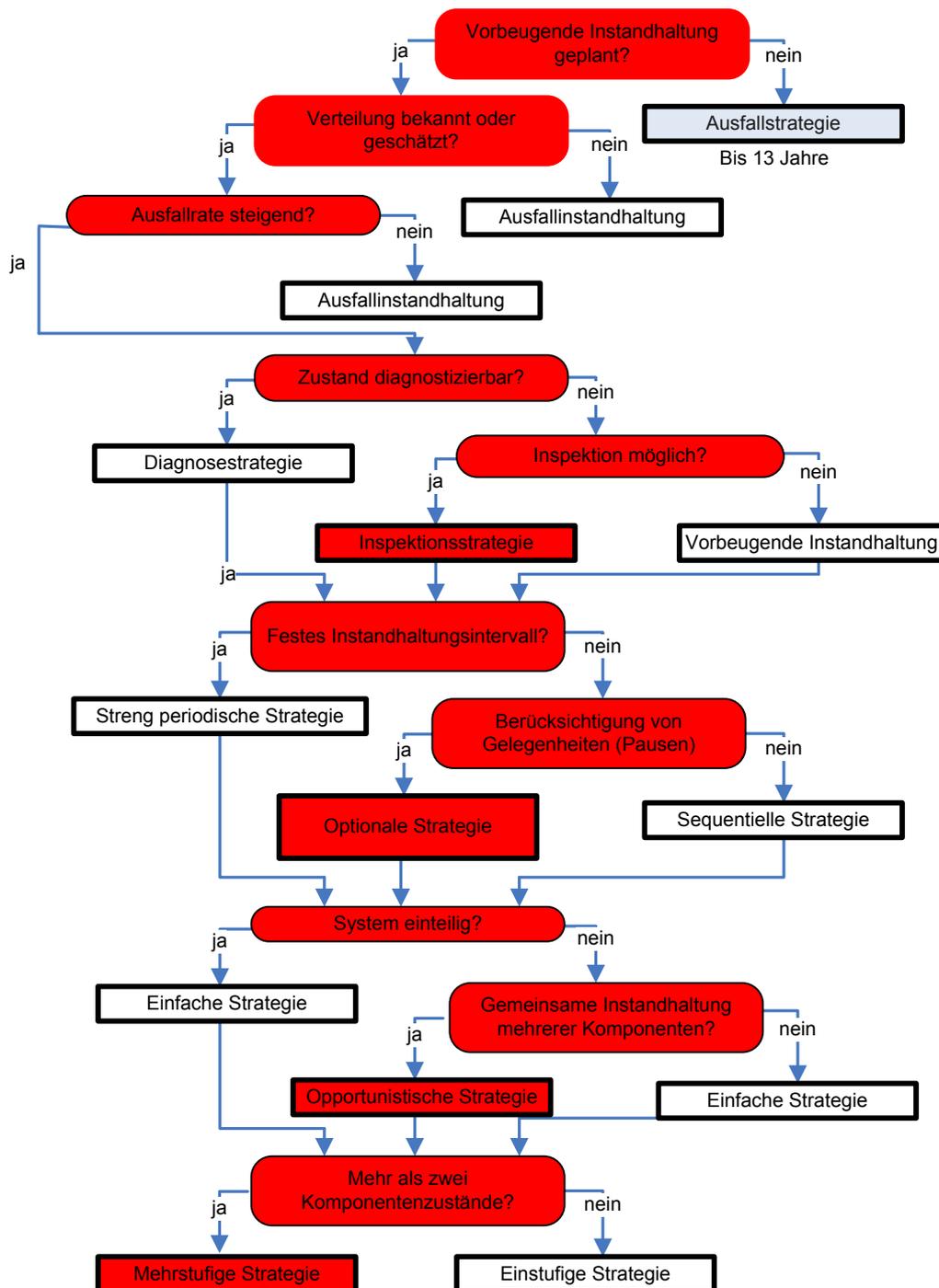
Anhang Abbildung 9: absolute (in Summe über alle Immobilien) Kosten für das Bauteil Heizung-Klima-Lüftung nach Auslösern.



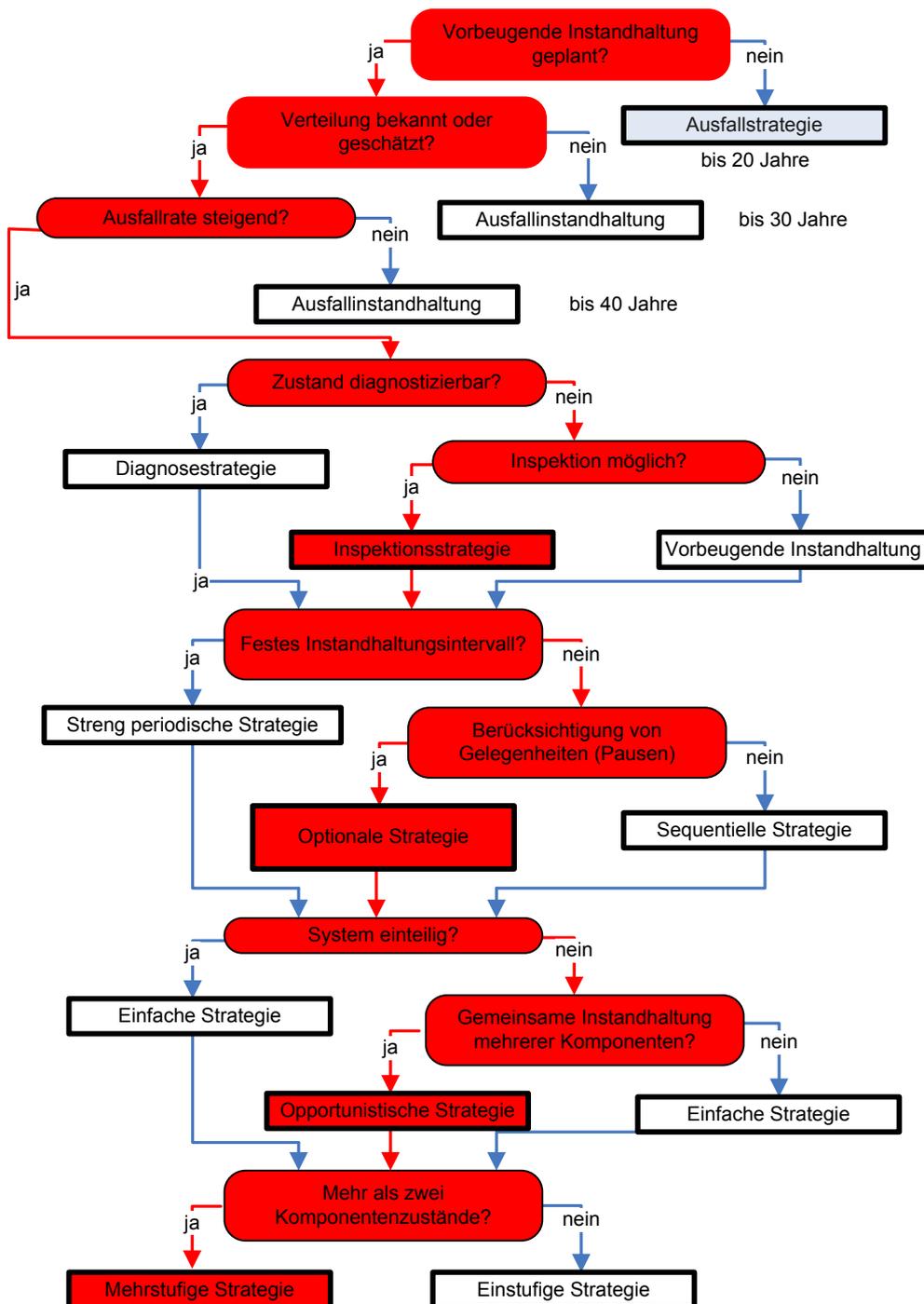
Anhang Abbildung 10: absolute (in Summe über alle Immobilien) Kosten für das Bauteil Fassade nach Auslösern.



Anhang Abbildung 11: absolute (in Summe über alle Immobilien) Kosten für das Bauteil Elektroinstallationen nach Auslösern.



Anhang Abbildung 12: Auswahl für eine Instandhaltungsstrategie (Bauteil Dach)



Anhang Abbildung 13: Auswahl für eine Instandhaltungsstrategie (Bauteil Fassade)