

# **KALKULATIONSVERFAHREN ZUR INSTANDHALTUNGSBUDGETIERUNG GEBÄUDETECHNISCHER ANLAGEN ÖFFENTLICHER IMMOBILIENPORTFOLIEN**

Zur Erlangung des akademischen Grades eines

**DOKTOR-INGENIEURS**

von der Fakultät für  
Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften  
des Karlsruher Instituts für Technologie  
genehmigte

**DISSERTATION**

von

Dipl.-Ing. M. Eng. Jens Helge Bossmann  
aus Wuppertal

Tag der mündlichen Prüfung: 16.11.2015

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

Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Marten Brunk

Karlsruhe, 2015

# Kurzfassung

Die Bauwerksinstandhaltung stellt in Deutschland einen sehr wichtigen Wirtschafts- bzw. Wertschöpfungsfaktor dar. Angesichts des enormen nationalen Immobilienbestands, bedarf es jährlich immenser Investitionen in den Erhalt der baulichen Strukturen sowie der zugeordneten gebäudetechnischen Anlagen. Ungeachtet der hohen wirtschaftlichen Relevanz, fehlen in der Praxis jedoch einfache und belastbare Hilfsmittel, die den Immobilienverantwortlichen bei der adäquaten Budgetkalkulation der Instandhaltungsaufwendungen unterstützen. Dies erweist sich zunehmend als problematisch, da pauschale Lösungsansätze, wie der Einsatz simpler Kennzahlen<sup>1</sup>, der Komplexität und hohen Diversifikation des Gebäudebestands nicht gerecht werden. Dies trifft insbesondere auf die gebäudetechnischen Anlagen öffentlicher Immobilienportfolien zu, für die bei Beginn des beschriebenen Forschungsvorhabens kein verlässliches Budgetierungsverfahren auf dem Markt erhältlich war. Die adäquate Budgetbestimmung und -durchsetzung sowie deren monetäre Mittelbereitstellung stellt für die Verantwortlichen der öffentlichen Hand daher eine äußerst komplexe und risikobehaftete Herausforderung dar. Fehlendes Know-how bezüglich instandhaltungsspezifischer Wechselbeziehungen, Abhängigkeiten und Investitionsnotwendigkeiten, gepaart mit einem kontinuierlich anwachsenden wirtschaftlichen Druck auf die öffentlichen Haushalte, führen daher vielerorts zu einem Missmanagement, das sich nicht zuletzt in einem rapide anwachsenden Instandhaltungsrückstau bemerkbar macht. Vor diesem Hintergrund stellt die wissenschaftlich fundierte Weiter- bzw. Neuentwicklung einer transparenten, präzisen und belastbaren Kalkulationshilfe zur Instandhaltungsbudgetierung gebäudetechnischer Anlagen öffentlicher Immobilienportfolien das zentrale Ziel der vorliegenden Forschungsarbeit dar. Als Basis der Entwicklung wird der wiederbeschaffungswertbasierte, analytische Budgetierungsansatz herangezogen. Ein wesentlicher Schwerpunkt dieser Arbeit liegt auf der Bestimmung jener Kombination der maßgeblich wirksamen, jedoch gleichsam unabhängigen Einflussvariablen,

---

<sup>1</sup> Z. B. auf Basis flächenbezogener Kostenwerte (€/m<sup>2</sup> BGF etc.)

die bei geringstmöglichem Berechnungsaufwand zur bestmöglichen Prognosegenauigkeit führt. Dafür wurden in einem ersten Schritt bestehende Real-kostenquellen auf ihre Eignung als potenzielle Forschungsgrundlagen zu Verfahrensentwicklung untersucht. Die hierbei festgestellten Defizite, in Form mangelnder Qualität und Quantität der verfügbaren Informationen, bedingten eine umfassende Neuerhebung empirischer Realdaten, um den Anforderungen an eine wissenschaftlich belastbare Untersuchungsgrundlage zu genügen. Aufbauend auf einem quantitativen Verfahrensansatz gelang es, 21 öffentliche Datenspender aus 11 verschiedenen Bundesländern für die Projektunterstützung zu gewinnen. Im Rahmen einer mehrmonatigen Datenerhebungsphase (von Januar 2012 bis August 2012) wurden über 9.700 instandhaltungsbezogene Kostendatensätze von insgesamt 136 Immobilien in einer für das Forschungsvorhaben neu erstellten Datenbank integriert, geprüft und unter Berücksichtigung des gebäudebezogenen Instandhaltungsdefizits für die geplante Verfahrensentwicklung aufbereitet. Auf Basis des neu generierten Datenstamms wurde daraufhin die, vom wertbasierten, analytischen Budgetierungsverfahren vorausgesetzte, lineare Wechselbeziehung der Berechnungsgrundlage<sup>2</sup> (BG) und der resultierenden Instandhaltungsaufwendungen<sup>3</sup> überprüft. Aufbauend auf den Analyseergebnissen wurde die Kalkulationsbasis des wertbasierten analytischen Budgetierungsverfahrens bzw. deren Bemessungsparameter (BP) durch die Integration einer nichtlinearen Potenzfunktion im Vergleich zum bisherigen Vorgehen modifiziert. Im nächsten Schritt der Verfahrensentwicklung bedurfte es der Identifikation aller maßgeblich relevanten und unabhängigen Einflussfaktoren auf die Anlageninstandhaltung. Dies ist von besonderer Bedeutung, da die Integration maßgeblich wirkidentischer Einflussgrößen im Budgetierungsverfahren zu einer signifikanten Verfälschung des Kalkulationsergebnisses führen kann. Die Auswahl der zu untersuchenden, potenziellen Einflussgrößen erfolgte auf Grundlage einer umfassenden Literaturrecherche. Mittels zahlreicher bivariater und interfaktorieller Korrelations- und Clusteranalysen wurden sieben

---

<sup>2</sup> In Form des Wiederbeschaffungswerts der Kostengruppe 400

<sup>3</sup> In Prozent anteilig am Wiederbeschaffungswert der Kostengruppe 400

potenzielle Einflussgrößen auf eine Kombination dreier Variablen<sup>4</sup> reduziert. Ergänzt durch die neu definierte nichtlineare Kalkulationsbasis bildeten diese die mutmaßlich beste Prognosemethode zur Bestimmung der tatsächlich notwendigen Instandhaltungsaufwendungen. Zur Verfahrensverifizierung wurden auf Basis des originären Untersuchungsportfolios sowie eines neu generierten Prüfportfolios 10 Vergleichsportfolien gebildet. Als beispielhafte Portfoliozusammensetzungen dienten sie der praktischen Verfahrensanwendung sowie der kalkulatorischen Bestimmung der zu erwartenden Prognosequalität. Neben der favorisierten Variante, wurden vier weitere Verfahrenskombinationen bestimmt und auf die Vergleichsportfolien angewendet. Dieses Vorgehen ermöglichte die Berechnung der absoluten Budgetabweichung in Form eines Soll/Ist Vergleichs der dokumentierten, adäquaten Realkosten mit den prognostizierten Gesamtbudgets aller Vergleichsportfolien, und zudem eine vergleichende Einschätzung der relativen Vorhersagequalität sowie weiterführende Rückschlüsse in Bezug auf die Prognosewirksamkeit einzelner Gewichtungsfaktoren. Eine Verfahrensvalidierung allein auf Basis der Analyse einer einzelnen statistischen Größe beinhaltet jedoch stets das inhärente Risiko der Fehlbeurteilung aufgrund zufallsbedingter Analysereultate oder nicht identifizierter Verfahrensfehler. Zur kritischen Überprüfung der Untersuchungsergebnisse wurden daher, ergänzend zu den Gesamtbudgetabweichungen die Soll/Ist Abweichungen der prognostizierten, gebäudebezogenen Einzelbudgets bzw. deren korrespondierenden Streuungsmaße<sup>5</sup> analysiert.

Unter Berücksichtigung aller Auswertungsergebnisse ist das entwickelte NAKIGA - Budgetierungsverfahren (**n**ichtlineares, **a**analytisches **K**alkulationsverfahren zur Instandhaltung **g**ebäudetechnischer **A**nlagen öffentlicher Portfolien) als Kombination der nichtlinearen Kalkulationsbasis mit den Einflussvariablen der *Gebäudenutzungsart* und des *Gebäude- bzw. Anlagentalers* die präziseste und belastbarste Berechnungsmethode.

---

<sup>4</sup> Gebäudenutzungsart, Gebäude- bzw. Anlagentaler und technischer Ausstattungsstandard

<sup>5</sup> In Form der Gesamtspannweite und des (Inter-) Quartilsabstands

# Abstract

Building maintenance is a very important economic factor in Germany. In view of the huge national stock of buildings, every year, immense investments are required in the upkeep of both the buildings and technical building facilities. Irrespective of the level of economic relevance, however, at the practical level, a straightforward and sturdy auxiliary product which is able to support property managers with the adequate budgetary calculation of the maintenance costs is lacking. This is proving to be a growing problem, as all-in-one solutions such as the use of simple figures<sup>6</sup> are not able to meet the requirements of either the complexity or considerable diversity of the building stock. This is especially true for technical buildings systems in public property portfolios for which a reliable budgeting process was not available on the market at the start of the described research project. For the responsible persons in the public sector, the adequate determination and completion of the budget and the provision of financial resources is therefore an exceptionally complex and risky challenge. The lack of know-how regarding maintenance-specific correlations, dependencies and the necessary investments, coupled with the continuously increasing economic pressure on public budgets, has therefore resulted in widespread mismanagement which is not least becoming evident in the form of a rapidly increasing maintenance backlog. Before this backdrop, the scientifically founded further and/or new development of a transparent, accurate and sturdy calculation aid for the maintenance budgeting of technical buildings systems in public property portfolios is the key goal of this research project. As the basis of the development, the replacement-value-based analytical budgeting approach is applied. A key focal point of this project is on determining the specific combination of the largely effective and yet effectively independent influencing variables which result in the best possible forecasting accuracy with the lowest possible cost of calculation. For this purpose, as the first step, the existing sources of actual cost were exam-

---

<sup>6</sup> E.g. on the basis of space-related cost values (€/m<sup>2</sup> of gross floor space, etc.)

ined for their suitability as potential bases of research for the process development. The shortcomings identified in this process, in the form of the insufficient quality and quantity of the available information, required a new and comprehensive gathering of actual data in order to fulfil the requirements surrounding a scientifically sound basis of research. On the basis of a quantitative approach, it proved possible to obtain 21 public donors of data from 11 German federal states in order to support this project. In the scope of a data gathering phase which lasted for several months (from January 2012 until August 2012), over 9,700 data sets for the costs of 136 properties were integrated in a database that was created especially for the research project, before being checked and prepared for the planned development of the process in consideration of the building-related maintenance shortcomings. On the basis of the newly generated central database, the linear correlation of the calculation basis<sup>7</sup> (CB), as required by the value-based, analytical budgeting process, and the resulting maintenance costs<sup>8</sup> were then examined. On the basis of the results of the analysis, the calculation basis of the value-based analytical budgeting process and/or its measurement parameters were modified in comparison with the previous process through the integration of a non-linear power function. In the next step of the process development, it was necessary to identify all of the independent influencing factors that were of key relevance to the maintenance of the systems. This is of particular importance, as the integration of influencing factors with substantially identical consequences can lead to a significant distortion of the results of the calculation in the budgeting process. The selection of the potential influencing factors to be examined was made on the basis of comprehensive literary research. Using numerous bivariate and inter-factorial correlation and cluster analyses, seven potential influencing factors were reduced to a combination of three variables<sup>9</sup>. Supplemented by the newly defined non-linear calculation basis, it is assumed that these constituted the best forecasting method for determining the maintenance expenses that were actually required. To verify

---

<sup>7</sup> In the form of the replacement value of cost group 400

<sup>8</sup> In percentage share of the replacement value of cost group 400

<sup>9</sup> Type of building use, age of buildings and/or systems and standard of technical configuration

the process, ten comparative portfolios were depicted on the basis of the original research portfolio and a newly generated test portfolio. As exemplary portfolio compositions they served the practical application of the process and the calculation-based determination of the forecast quality to be expected. In addition to the favored version, four additional process combinations were determined and applied to the comparative portfolios. This approach enabled the calculation of the absolute budgetary deviation in the form of a target/actual comparison of the documented, adequate actual costs with the forecast overall budgets of all of the comparative portfolios, as well as a comparative assessment of the relative forecasting quality and further conclusions in relation to the forecasting effectiveness of individual weighting factors. A process validation on the basis of the analysis of an individual statistical variable alone, however, consistently involves the inherent risk of an incorrect evaluation, due to either random analysis results or unidentified process errors. For the critical testing of the results of the investigation, to supplement the overall budget deviations, the target/actual deviations of the individual building-related budgets that were forecast and/or their corresponding patterns of distribution<sup>10</sup> were analyzed.

In consideration of all the results of the evaluation, the NAKIGA budgeting process that was developed, in the form of a combination of the non-linear calculation basis with the influencing variables of the *type of building use* and the *age of the building / system*, is the most accurate and sturdy method of calculation.

---

<sup>10</sup> In the form of the total expense and the (internal) quartile range

# Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung .....	i
Abstract .....	iv
Inhaltsverzeichnis .....	vii
Abbildungsverzeichnis .....	xi
Tabellenverzeichnis .....	xv
Abkürzungsverzeichnis .....	xvii
Vorwort des Verfassers .....	xxii
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangssituation und Problemstellung .....	1
1.2 Zielsetzung .....	7
1.3 Vorgehensweise .....	10
<b>2 Theoretische Grundlagen der Instandhaltung und Budgetierung .....</b>	<b>13</b>
2.1 Technische Gebäudeausrüstung (TGA) .....	13
2.2 Abnutzung von Instandhaltungsobjekten .....	14
2.3 Gesetzliche und normative Regelwerke zur Instandhaltung .....	17
2.4 DIN 31051:2012-09 „Grundlagen der Instandhaltung“ .....	22
2.4.1 Wartung .....	23
2.4.2 Inspektion .....	24
2.4.3 Instandsetzung .....	26
2.4.4 Verbesserung .....	27
2.5 Instandhaltung als Teil der Lebenszykluskosten .....	28

---

2.6	Grundlagen der Instandhaltungsbudgetierung .....	33
2.6.1	Kennzahlen und Prognosen.....	33
2.6.2	Der analytische Budgetierungsansatz.....	35
<b>3</b>	<b>Analyse bestehender Datenquellen.....</b>	<b>39</b>
3.1	Anforderung an die Kostenquellen.....	39
3.2	Untersuchung bestehender Kostenquellen .....	41
3.2.1	BKI - Baukosteninformationssystem .....	41
3.2.2	PLAKODA - Planungs- und Kostendaten .....	45
3.2.3	OSCAR - Office Service Charge Analysis Report .....	47
3.2.4	fm.benchmarking Bericht.....	51
3.2.5	iSCORE / WohnCom Benchmarking .....	57
3.2.6	RealisBench® Benchmarking .....	59
3.3	Eignung der Kostenquellen als Forschungsbasis .....	62
<b>4</b>	<b>Konzeption und Durchführung der Realdatenerhebung .....</b>	<b>65</b>
4.1	Auswahl des wissenschaftlichen Verfahrens .....	65
4.2	Festlegung des Untersuchungsgegenstandes.....	66
4.3	Stichprobengewinnung .....	70
4.4	Realdatenerhebung.....	73
4.4.1	Vorbereitung der Datenerhebung .....	73
4.4.2	Eingabe der erhobenen Daten.....	73
4.4.3	Vereinheitlichung der Kostendaten .....	75
4.4.4	Ermittlung und Ausgleich des Instandhaltungsdefizits.....	76
4.4.5	Quantifizierung der Datenbasis .....	78
4.5	Statistische Einschätzung der Datenbasis .....	80

---

<b>5</b>	<b>Verfahrensentwicklung - Analysen und Ergebnisse</b> .....	<b>83</b>
5.1	Aufbau des Budgetierungsverfahrens.....	84
5.2	Überprüfung der Korrelation WBW / IH-Kosten.....	88
5.3	Überprüfung der linearen Kostenabhängigkeit.....	90
5.3.1	Verteilung der Realinstandhaltungskosten.....	92
5.3.2	Funktionsbestimmung.....	93
5.3.3	Validierung der nichtlinearen Kalkulationsbasis.....	95
5.4	Einflussgrößen auf die Instandhaltung.....	98
5.4.1	Wiederbeschaffungswert.....	102
5.4.2	Altersbezogene Auswertung.....	103
5.4.3	Standardbezogene Auswertung.....	111
5.4.4	Betriebsdauerbezogene Auswertung.....	114
5.4.5	Größenbezogene Auswertung.....	117
5.4.6	Gebäudehöhenbezogene Auswertung.....	121
5.4.7	Nutzungsbezogene Auswertung.....	124
5.5	Korrelationsanalyse der Erklärungsvariablen.....	130
5.5.1	Skalenniveau der Einflussgrößen.....	130
5.5.2	Z-Transformation / Standardisierung.....	133
5.5.3	Multikollinearität.....	136
5.5.4	Korrelationsmatrix.....	138
5.6	Fehlkalkulation aufgrund korrelierender Einflussgrößen.....	140
5.6.1	Bestimmung der Gewichtungsfaktoren $G_G$ , $G_H$ & $G_S$ .....	140
5.6.2	Auswirkung der Faktorenkombination.....	142
5.6.3	Bestimmung der Gewichtungsfaktoren $G_N$ .....	144
5.6.4	Auswirkung der Faktorenkombination.....	145

---

5.7	Reduktion der potenziellen Einflussgrößen .....	146
5.7.1	Eignung der potenziellen Erklärungsvariablen .....	147
5.7.2	Auswahl der geeigneten Einflussgrößen .....	153
<b>6</b>	<b>Verfahrensvalidierung .....</b>	<b>156</b>
6.1	Vorbereitung der Verfahrensvalidierung .....	156
6.1.1	Identifikation eines geeigneten Prüfportfolios .....	157
6.1.2	Quantifizierung des Prüfportfolios .....	158
6.1.3	Verteilung der Instandhaltungsbelastung im Prüfport folio 160	
6.1.4	Bildung der Prüfportfolien.....	162
6.1.5	Bestimmung des Gewichtungsfaktors $G_A$ .....	163
6.2	Auswertung der mittleren Budgetabweichungen .....	164
6.2.1	Verfahrensvarianten zur vergleichenden Analyse .....	164
6.2.2	Auswertungsergebnisse .....	165
6.3	Die NAKIGA - Budgetierungsmethode.....	173
6.4	Einordnung der NAKIGA - Budgetierung im Vergleich zu bestehenden Kalkulationsmethoden.....	176
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung, Fazit und Ausblick .....</b>	<b>178</b>
	Literaturverzeichnis.....	184
	Internetverzeichnis.....	193
	Anlage 1: Technische Regelwerke zur Instandhaltung .....	195
	Anlage 2: Baupreisindex (BPI) Statistisches Bundesamt Deutschland .....	205
	Anlage 3: Datenspender Vorab-Fragebogen .....	207
	Anlage 4: Definition der Entscheidungsregeln .....	212

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Darstellung einer beispielhaften Abnutzungskurve in Anlehnung an Klingenberg [Klin07] S.23] .....	15
Abbildung 2-2: Übersicht der 4 Grundmaßnahmen der Instandhaltung nach DIN 31051:2012-09 .....	23
Abbildung 2-3: Einfluss der Wartung auf die Abnutzungskurve in Anlehnung an Klingenberg [Klin07] S.29] .....	24
Abbildung 2-4: Inspektionen im Verlauf der Abnutzung in Anlehnung an Klingenberg [Klin07] S.29] .....	25
Abbildung 2-5: Einfluss der Instandsetzung auf die Abnutzung nach Klingenberg [Klin07] S.27] .....	26
Abbildung 2-6: Einfluss der Verbesserung auf die Abnutzung nach Klingenberg [Klin07] S.29] .....	27
Abbildung 2-7: Einordnung der Instandhaltungskosten (IHK) im Lebenszyklus einer Immobilie .....	28
Abbildung 2-8: Darstellung der Kostengruppenstruktur der Nutzungskosten nach DIN 18960:2008-02 .....	30
Abbildung 2-9: Systematisierung der direkten und indirekten IHK nach Engels-Lindemann [Enge03] .....	31
Abbildung 2-10: Kostenarten- und aufgabenbezogene Gliederung der direkten IHK nach Engels-Lindemann [Enge03] .....	32
Abbildung 3-1: BKI – Übersicht der berücksichtigten Gebäudearten .....	42

---

Abbildung 3-2: BKI – Beispielhafte Darstellung instandhaltungsrelevanter Kostendaten [[BKI11] S.86ff].....	43
Abbildung 3-3: PLAKODA – Beispielhafte Darstellung der Nutzungskosten auf Einzelobjektebene [VBV12] .....	46
Abbildung 3-4: fm.benchmarking – Ausschnitt des Onlineformulars zur Datenerfassung [[Rote11] S.24] .....	51
Abbildung 3-5: fm.benchmarking – Beispielhafte Darstellung der Kosten des technischen Gebäudemanagements [[Rote11] S.85].....	54
Abbildung 3-6: fm.benchmarking – Beispielhafte Darstellung der Detailkennzahlen [[Rote11] S.135].....	56
Abbildung 3-7: iSCORE / WohnCom – Beispielhafte Darstellung der Auswertungsergebnisse [WoCo13] .....	58
Abbildung 3-8: RealisBench – Beispielhafte Darstellung des Ergebnisberichtes Teil 2 / Analysebeispiel auf Teilnehmerebene [Real08] .....	60
Abbildung 3-9: RealisBench – Beispielhafte Darstellung des Ergebnisberichtes Teil 3 / Analysebeispiel auf Gebäudeebene [Real08] .	61
Abbildung 4-1: Übersicht der regionalen Verteilung der projektunterstützenden Datenspender [BoBL13] .....	72
Abbildung 4-2: Beispielhafter Ausschnitt der Projektdatenbank .....	74
Abbildung 5-1: Prozessschritte zur Verfahrensentwicklung .....	83
Abbildung 5-2: Verteilung der durchschnittlichen IHK pro Jahr in Euro in Relation zum WBW der KG 400 .....	88
Abbildung 5-3: Gebäudebezogene durchschnittliche IHK pro Jahr in Prozent anteilig am WBW der KG 400 .....	91

---

Abbildung 5-4: Durchschnittliche IHK pro Jahr in Prozent anteilig am WBW der KG 400 in Relation zum WBW der KG 400 .....	92
Abbildung 5-5: Potenzfunktionsbasierte Annäherung an den nichtlinearen Kostenverlauf.....	94
Abbildung 5-6: Altersbezogene Auswertung der durchschnittlichen Kosten der Wartung und Inspektion in Prozent anteilig am WBW der KG 400 ..	105
Abbildung 5-7: Altersbezogene Auswertung der durchschnittlichen Kosten der Instandsetzung in Prozent anteilig am WBW der KG 400 .....	107
Abbildung 5-8: Altersbezogene Auswertung der durchschnittlichen Kosten der Gesamtinstandhaltung in Prozent anteilig am WBW der KG 400.....	110
Abbildung 5-9: Standardbezogene Auswertung der IHK in Prozent anteilig am WBW der KG 400 .....	112
Abbildung 5-10: Standardbezogene Auswertung der IHK in Relation zur Fläche (in €/m <sup>2</sup> BGF).....	113
Abbildung 5-11: Betriebsdauerbezogene Auswertung der IHK in Prozent anteilig am WBW der KG 400 .....	114
Abbildung 5-12: Betriebsdauerbezogene Auswertung der IHK in Relation zur Fläche (in €/m <sup>2</sup> BGF) .....	115
Abbildung 5-13: Gebäudegrößenbezogene Auswertung der IHK in Prozent anteilig am WBW der KG 400 je Bauwerk.....	118
Abbildung 5-14: Gebäudegrößenbezogene Clusterauswertung der IHK in Prozent anteilig am WBW der KG 400 .....	119
Abbildung 5-15: Gebäudegrößenbezogene Clusterauswertung der IHK in Relation zur Fläche (in €/m <sup>2</sup> BGF).....	120
Abbildung 5-16: Gebäudehöhenbezogene Auswertung der IHK in Prozent anteilig am WBW der KG 400 .....	122

---

Abbildung 5-17: Gebäudehöhenbezogene Auswertung der IHK in Relation zur Fläche (in €/m <sup>2</sup> BGF) .....	123
Abbildung 5-18: Nutzungsartbezogene Auswertung der IHK in Prozent anteilig am WBW der KG 400 .....	126
Abbildung 5-19: Nutzungsartbezogene Auswertung der IHK in Relation zur Fläche (in €/m <sup>2</sup> BGF).....	128
Abbildung 5-20: Venn-Diagramm zur Multikollinearität.....	136
Abbildung 5-21: Nutzungsbezogene Betriebsdauerverteilung.....	150
Abbildung 5-22: Nutzungsbezogene Größenverteilung.....	151
Abbildung 5-23: Nutzungsbezogene Höhenverteilung .....	152
Abbildung 6-1: Auswertung der durchschnittlichen IHK pro Jahr anteilig am WBW der KG 400 für das Prüfportfolio.....	160
Abbildung 6-2: Auswertung der durchschnittlichen IHK pro Jahr anteilig am WBW der KG 400 in Relation zum WBW der KG 400.....	161
Abbildung 6-3: Streuungsmaße der Prüfportfolio Verfahrensvarianten.....	172
Abbildung 7-1: Baupreisindex des Statistischen Bundesamts [Dest12] .....	206

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1: Forschungsziel und notwendige Teilschritte .....	9
Tabelle 2-1: Kostengliederung der Technischen Anlagen nach DIN 276 .....	13
Tabelle 2-2: Gesetzliche Regelwerke auf Bundes- und Landesebene .....	18
Tabelle 3-1: Anforderungen an potenzielle Kostenquellen .....	40
Tabelle 3-2: OSCAR – Stichprobe Vollkostenanalyse [JLLS12] S.14] .....	48
Tabelle 3-3: OSCAR – Vollkosten für klimatisierte Gebäude [[JLLS12] S.16]....	49
Tabelle 3-4: OSCAR – Vollkosten nach Gebäudequalität [[JLLS12] S.16] .....	50
Tabelle 3-5: fm.benchmarking – Erfasste Kostengruppen [[Rote11] S.18] .....	52
Tabelle 3-6: Evaluationsmatrix der untersuchten Kostenquellen .....	64
Tabelle 4-1: Übersicht der kosten- und gebäudebezogenen Informationen ..	69
Tabelle 4-2: Übersicht der Budgetklassifikation .....	76
Tabelle 4-3: Übersicht der Gebäudenutzungsarten .....	78
Tabelle 4-4: Rahmendatenübersicht des Realdatenpools .....	79
Tabelle 4-5: Konfidenzintervall der Grundgesamtheit .....	81
Tabelle 4-6: Standardfehler des Mittelwerts .....	82
Tabelle 5-1: Korrelation WBW / IH-Kosten .....	89
Tabelle 5-2: Validierung der nichtlinearen Kalkulationsbasis .....	96
Tabelle 5-3: Potenzielle Einflussgrößen auf die Instandhaltung.....	99
Tabelle 5-4: Übersicht der zu untersuchenden Einflussgrößen.....	102
Tabelle 5-5: Verteilung der Gebäudenutzungsarten im Gesamtportfolio .....	125
Tabelle 5-6: Nutzungsartbezogene Kostenverteilung (IHK in % am WBW) ...	127
Tabelle 5-7: Nutzungsartbezogene Kostenverteilung (IHK in €/m <sup>2</sup> BGF) .....	129
Tabelle 5-8: Übersicht der Skalenniveaus [[BEPW11] S.12].....	131

---

Tabelle 5-9: Skalenniveau der zu untersuchenden Einflussgrößen .....	132
Tabelle 5-10: Korrelationsmatrix der potenziellen Einflussgrößen .....	138
Tabelle 5-11: Herleitung der größenbezogenen Gewichtungsfaktoren.....	141
Tabelle 5-12: Herleitung der höhenbezogenen Gewichtungsfaktoren.....	141
Tabelle 5-13: Herleitung der standardbezogenen Gewichtungsfaktoren.....	141
Tabelle 5-14: Nachweis überschneidender Wirkzusammenhänge .....	143
Tabelle 5-15: Nutzungsartbezogene Gewichtungsfaktoren .....	144
Tabelle 5-16: Nachweis überschneidender Wirkzusammenhänge .....	145
Tabelle 5-17: Übersicht der Eignung der untersuchten Einflussgrößen .....	146
Tabelle 5-18: Nutzungsbezogene Durchschnittswerte der Einflussfaktoren.	149
Tabelle 5-19: Als geeignet identifizierte Gewichtungsfaktoren.....	155
Tabelle 6-1: Vergleichsportfolien auf Basis des Untersuchungsportfolios ....	156
Tabelle 6-2: Rahmendatenübersicht des Realdatenpools .....	159
Tabelle 6-3: Vergleichsportfolien auf Basis des Prüfportfolios.....	162
Tabelle 6-4: Herleitung der altersbezogenen Gewichtungsfaktoren $G_A$ .....	163
Tabelle 6-5: Validierung mittels iterativer Budgetbestimmung .....	166
Tabelle 6-6: Analyse der Streuungswerte im Rahmen der Budgetprognose.	170
Tabelle 6-7: Übersicht der NAKIGA - Gewichtungsfaktoren .....	175
Tabelle 6-8: Verfahrensvergleich relevanter Charakteristika .....	176
Tabelle 7-1: Auswahl technischer Regelwerke zur Instandhaltung.....	195
Tabelle 7-2: Gebäude- und kostendatenbezogene Entscheidungsregeln .....	212

# Abkürzungsverzeichnis

aaRdT	(allgemein) anerkannte Regeln der Technik
Abs.	Absatz
AfA	Absetzung für Abnutzungen
AGI	Arbeitsgemeinschaft Industriebau e.V.
AMEV	Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen
ArbSchG	Arbeitsschutzgesetz
ArbStättV	Arbeitsstättenverordnung
Art.	Artikel
ATA	Arbeitsgemeinschaft der Technischen Abteilungen an wissenschaftlichen Hochschulen
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BetrKV	Betriebskostenverordnung
BetrSichV	Betriebssicherheitsverordnung
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BGF	Brutto-Grundfläche
BHKS	Bundesindustrieverband Technische Gebäudeausrüstung e.V.
Bil.	Billion
BimSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BKI	Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern
BMA	Brandmeldeanlage
BMI	Building Maintenance Information
BO	Bauordnung
BPI	Baupreisindex
BRI	Bruttorauminhalt
bzw.	beziehungsweise

ca.	circa
CEN	Comité Européen de Normalisation
df	Degree of freedom (Freiheitsgrad)
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
d.h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung
DKIN	Deutsches Komitee Instandhaltung e.V.
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches
EG	Europäische Gemeinschaft
EMA	Einbruchmeldeanlage
EN	Europanorm
EnEV	Energienutzungsverordnung
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
etc.	et cetera
e. V.	eingetragener Verein
FNBW	Friedensneubauwert
GastBauV	Gaststättenbauverordnung
GaV	Garagenverordnung
GefStoffV	Gefahrstoffverordnung
GEFMA	German Facility Management Association
GG	Grundgesetz
GPSG	Geräte- und Produktsicherheitsgesetz
HIS	Hochschulinformationssystem
HK	Herstellungskosten
HsKA	Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft
HSW	Herstellungswert
IFB	Institut für Bauforschung

IH	Instandhaltung
IHK	Instandhaltungskosten
IFMA	International Facility Management Association
IS	Instandsetzung
KG	Kostengruppe
KGF	Konstruktionsgrundfläche
KGSt	Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsmanagement
KhBauV	Krankenhausbauverordnung
KIT	Karlsruher Institut für Technologie
KÜO	Kehr- und Überprüfungsordnung
kWh	Kilowattstunde
MBO	Musterbauordnung
MFH	Mehrfamilienhaus
MHHR	Musterhochhausrichtlinie
Mrd.	Milliarde
MwSt.	Mehrwertsteuer
N	Größe der Grundgesamtheit
NF	Nutzfläche
NGF	Netto-Grundfläche
NK	Nutzungskosten
n. z.	nicht zugeordnet
o. Ä.	oder Ähnliches
OSCAR	Office Service Charge Analysis Report
p. a.	per annum
RAL-GZ	RAL Gütezeichen
RealFM	Association for Real Estate and Facility Managers
RICS	Royal Institution of Chartered Surveyors

San.	Sanierung
SA	Schließanlage
SchfG	Schornsteinfegergesetz
SdT	Stand der Technik
Sig.	Signifikanz
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
Std.	Stunde / Stunden
Stk.	Stück
TB	Technische Baubestimmung
Techn.Prüf	Technische Prüfverordnung
TF	Technische Funktionsfläche
TGA	Technische Gebäudeausrüstung
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
TS	Technical Specification
u. a.	unter anderem
usw.	und so weiter
VDI	Verein deutscher Ingenieure
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V
VF	Verkehrsfläche
vgl.	vergleiche
VkV	Verkaufsstättenverordnung
VPI	Verbraucherpreisindex
VstättV	Versammlungsstättenverordnung
WBW	Wiederbeschaffungswert
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
W+I	Wartung + Inspektion
z. B.	zum Beispiel

ZDB	Zentralverband der Bauindustrie
zzgl.	zuzüglich
II. BV	Zweite Berechnungsverordnung

# Vorwort des Verfassers

Die Inhalte der vorliegenden Arbeit wurden während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Facility Management am Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (Tmb) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) erarbeitet. Grundlage der Arbeitsergebnisse bildet das Forschungsprojekt „Kosten und Personalbedarf für das Betreiben technischer Anlagen“, das auf Anregung des Arbeitskreises für Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV) im Zeitraum von Ende 2011 bis Anfang 2013 durchgeführt wurde. Für die finanzielle Unterstützung des Forschungsvorhabens durch das Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) bedanke ich mich an dieser Stelle ausdrücklich. Darüber hinaus gilt den im Projekt involvierten öffentlichen Institutionen mein besonderer Dank, da ohne deren freundliche Mithilfe das Vorhaben nicht hätte realisiert werden können.

Meinem Doktorvater, Herrn Professor Dr.-Ing. Dipl.-Wi.-Ing. Kunibert Lennerts danke ich herzlich für die vertrauensvolle Förderung und konstruktive Begleitung meines Promotionsvorhabens in Form wertvoller Anregungen und intensiver Fachdiskussionen.

Herrn Professor Dr.-Ing. Marten Brunk danke ich für die Übernahme des Korreferats und die Bereitschaft, das Forschungsvorhaben mit seiner Expertise und Erfahrung durch hilfreiche und kritische Fragenstellungen zu unterstützen.

Ich bedanke mich ebenso beim Vorsitzenden der Prüfungskommission Herrn Prof. Dr.-Ing. Shervin Haghsheno sowie den weiteren Kommissionsmitgliedern Herrn Professor Dr.-Ing. Thomas Lützkendorf, Herrn Prof. Dr.-Ing. Gunter Schlick und Herrn Professor Dr.-Ing. Thomas Ummenhofer für ihr reibungsloses Mitwirken am Promotionsverfahren sowie den interessanten Gedankenaustausch.

Ein großer Dank gilt meiner ehemaligen Kollegin Frau Prof. Dr.-Ing. Carolin Bahr, die als fachliche „Sparringspartnerin“ und kritisch prüfende Instanz maßgeblich zum Gelingen der vorliegenden Arbeit beigetragen hat.

Mein besonderer Dank gebührt meiner Frau, die mir über die vergangenen Jahre mit viel Geduld und Nachsicht stets ermutigend und motivierend zur Seite gestanden hat.

Abschließend möchte ich mich auch herzlich bei meinen Kollegen für deren Unterstützung während der Entstehungszeit meiner Arbeit sowie die allzeit ausgezeichnete kollegiale Zusammenarbeit am Institut bedanken.

Karlsruhe im November 2015

Jens Helge Bossmann

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Die dauerhafte Nutzung eines jeden Wirtschaftsguts bedingt unweigerlich die Notwendigkeit nutzungsbegleitender Investitionen, um dem steten und unabdingbaren Werteverzehr des Guts entgegenzuwirken und so dessen langfristige Funktionsfähigkeit zu gewährleisten [[AGI08] S.1]. In Bezug auf Bauwerke und deren gebäudetechnischen Anlagen umfassen die erforderlichen Folgeinvestitionen vorrangig Maßnahmen der Instandhaltung<sup>11</sup>, die den Abbau des Abnutzungsvorrats<sup>12</sup> der einzelnen Bau- bzw. Anlagenteile verlangsamten oder revidieren sollen [DIN31051].

In Anbetracht des immensen bundesdeutschen Gebäudebestands von mehr als 19 Millionen Bauwerken [BMVI14] stellt die Bauwerksinstandhaltung einen sehr wichtigen Wirtschafts- bzw. Wertschöpfungsfaktor dar [[KSS06] S.38], dessen außerordentliche Bedeutung sich anhand der jährlich publizierten *Vermögensspezifischen Auswertung*<sup>13</sup> des Statistischen Bundesamts nachvollziehen lässt. Demnach beläuft sich das Bruttobauanlagevermögen der Bundesrepublik Deutschland Ende des Jahres 2013 auf insgesamt 12.687,08 Mrd. Euro [[Dest14] S.101]. Differenziert nach Wohn- und Nichtwohngebäuden umfasst das Anlagevermögen der Wohngebäude mit 7.301,86 Mrd. Euro ca. 57% des gesamten Bruttobauanlagevermögens, während die Nichtwohngebäude mit 5.379,22 Mrd. Euro und einem Anteil von 43% am Gesamtvermögen zu Buche schlagen [[Dest14] S.101]. Wenngleich das Statistische Bundesamt keine dezidierten Werte für die Gebäudetechnik zur Verfügung stellt, lässt sich deren Bedeutung leicht mit Hilfe der objektbezogenen Kennzahlen

---

<sup>11</sup> Maßnahmen der Instandhaltung sind laut DIN 31051: Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserung [DIN31051] (vgl. Kapitel 2.4)

<sup>12</sup> Abnutzungsvorrat ist laut DIN 31051 der „Vorrat der möglichen Funktionserfüllungen unter festgelegten Bedingungen, der einer Einheit aufgrund der Herstellung, Instandsetzung oder Verbesserung innewohnt“ [DIN31051] (vgl. Kapitel 2.2)

<sup>13</sup> Im Rahmen der Inlandsproduktberechnung - detaillierte Jahresergebnisse des Statistischen Bundesamts [Dest14]

des Baukosteninformationszentrums (BKI) ableiten: Der Investitionsanteil der gebäudetechnischen Ausrüstung am Gesamtprojekt liegt, je nach Gebäudenutzungsart, im Schnitt bei ca. 15 bis 25% [BKI12d]. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass das Anlagevermögen der in Deutschland verbauten gebäudetechnischen Anlagen auf eine Höhe von nahezu 2,5 Bil. Euro taxiert werden kann. Angesichts dieser Dimensionen wird die hohe finanzielle Belastung zum Erhalt bzw. der Instandhaltung des bundesdeutschen Immobilienbestands und seiner gebäudetechnischen Ausrüstung evident. So hat das Statistische Bundesamt bereits 2009 einen kalkulatorischen Jahresaufwand für die Instandhaltung des Gesamtgebäudebestands in Deutschland in Höhe von ca. 99,85 Mrd. Euro ausgewiesen [[ERS11] S.4]. Auch der Zentralverband der Bauindustrie (ZDB) weist in seinem bauwirtschaftlichen Bericht 2011/12 ein vergleichbares Instandhaltungsvolumen von ca. 98 Mrd. Euro für das Jahr 2010 aus [[ZDB12] S.8]. Das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) weist in seinem KOMPAKT Bericht zur Struktur der Bestandsinvestitionen gar eine Investition von 108,8 Mrd. Euro für Wohngebäude und zusätzliche 55,4 Mrd. Euro für Nichtwohngebäude auf [[BBSR11] S.3/5]. Wenngleich derzeit keine gebäudeanlagenspezifischen Kostenwerte zur jährlichen Instandhaltungsbelastung verfügbar sind, lassen die angegebenen Gesamtsummen zur Instandhaltung, ungeachtet individueller Abweichungen, auf einen jährlichen technikbezogenen Investitionsbedarf in beträchtlicher Milliardenhöhe schließen. So weisen USEMANN und BREUER darauf hin, dass die Gesamtbetriebskosten weitestgehend von den Aufwendungen der technischen Gebäudeausrüstung bestimmt werden [[UsBr04] S.4]. HARDKOP ergänzt: *„Es wird deutlich, dass sich der Anteil der Technik an den Gesamtkosten gegenüber der Herstellung mehr als verdoppelt und dass diese in der Nutzungsphase des Gebäudes in Hinblick auf die Unterhaltung den größten Kostenblock darstellt“* [[Hard10] S.23]. Ungeachtet ihrer nachweislich hohen wirtschaftlichen Bedeutung wurde die Instandhaltung der Bauwerksstruktur und ihrer technischen Anlagen in der Praxis wie auch in der Forschung und Wissenschaft über viele Jahre hinweg unterschätzt, ignoriert und vernachlässigt [[Bahr08] S.2], [HeKl04], [[WeCi08] S.13]. Während die Berufspraxis die Relevanz der Instandhaltung als wertvolle Ressource und unternehmerisches

Erfolgspotenzial schlichtweg verkannt hat, fehlten auf Seiten der Wissenschaft vor allem fundierte Untersuchungen zu den Grundlagen, Abhängigkeiten, Zusammenhängen und Strategien in der Gebäude- und Anlageninstandhaltung sowie Forschungen zu der Angemessenheit bzw. Nachhaltigkeit der verwendeten Instandhaltungspraktiken [[Bahr08] S.1], [[Hell06], [IfB01], [OsPa03]. Die unzureichende wissenschaftliche Basis, gepaart mit der Nachlässigkeit der Praktiker im Umgang mit der Instandhaltung, führte vielerorts zu einem fatalen Missmanagement des Gebäudebestands. Hieraus resultierte ein kontinuierlich anwachsender Instandhaltungsrückstau des Bau- und Anlagenbestands, der uns die Folgen der Vernachlässigung dringend notwendiger Instandhaltungsmaßnahmen unmittelbar und allgegenwärtig vor Augen führt. So steigt der Instandhaltungsbedarf, entgegen der Haushaltsbudgets privater und öffentlicher Kassen, seit 2007 kontinuierlich an [[Gerd12], S.11]. Dies ist nicht allein der Altersstruktur<sup>14</sup>, sondern vorrangig dem stetig sinkenden Modernitätsgrads<sup>15</sup> des Gesamtimmobilien- und Anlagenbestands in Deutschland geschuldet. Hervorgerufen durch mangelhafte oder fehlende Instandhaltung beläuft sich der Rückgang des Modernitätsgrads bei zeitgleich sinkender Neubauaktivität nach Angaben des Statistischen Bundesamts allein im Zeitraum von 2007 (62,0%) bis 2013 (60,3%) auf ca. 1,7% [[Dest14] S.101].

Eine Verlangsamung oder gar Umkehrung dieser Entwicklung ist angesichts des akuten wirtschaftlichen Drucks in Deutschland, ausgelöst durch die weltweite Banken- und Finanzkrise und die fortschreitende Globalisierung, aktuell nicht abzusehen. So ist bei der Suche nach Einsparpotenzialen bzw. wirksamen Kostenreduktionen innerhalb der öffentlichen Haushalte und Unternehmensfinanzstrukturen zuletzt die Gebäude- und Anlageninstandhaltung verstärkt in den Fokus der Entscheider gerückt [[WeCi08] S.130].

---

<sup>14</sup> z. B. wurden 80% des deutschen Wohnungsbestands vor 1990 erstellt [[Dest13] S.40].

<sup>15</sup> Der Modernitätsgrad wird über das Verhältnis des Bruttoanlagevermögens zum Nettoanlagevermögen definiert [Dest14].

Da die Instandhaltungskosten einen der größten Ausgabeblöcke<sup>16</sup> bei den Betriebskosten darstellen, erhoffen sich Finanzverantwortliche in Zeiten klammer Haushalte insbesondere an dieser Stelle Kosteneinsparpotenziale. Die Instandhaltungsbudgets werden daher vielerorts, ungeachtet aller Folgerisiken, stark reduziert [SpOs00], [[Hell06] S.256], [[WeCi08] S.132]. Die Instandhaltungsverantwortlichen stehen diesem Vorgang in der Regel machtlos gegenüber, da ihre Verhandlungsposition aufgrund fehlender betriebswirtschaftlicher Akzeptanz und Druckmittel geschwächt und die erbrachte Leistung bzw. der Ertrag der Instandhaltung im Gegensatz zu den Aufwendungen durch Personal- und Materialkosten im Nachhinein nur schwer zu quantifizieren ist [[WeCi08] S.130]. Dennoch kann der Wert eines bestmöglichen Gebäude- und Anlagenerhalts laut DIN 13269 „Instandhaltung - Anleitung zur Erstellung von Instandhaltungsverträgen“ nicht oft genug betont werden [[DIN13269] S.4]. So stellt die angemessene Instandhaltung der gebäudetechnischen Anlagen die unabdingbare Basis für eine hohe Anlagenverfügbarkeit und Betriebssicherheit im Sinne der gesetzlichen Betreiberverantwortung<sup>17</sup> dar [[BKMU08] S.26]. Ferner gilt sie als wichtige Schlüsselgröße zur effektiven Energieeinsparung und Ressourcenschonung und nicht zuletzt zur Einhaltung des Gebots erweiterter Umweltschutzaufgaben [[Bieh05] S.13], [[UsBr04] S.4], [[WeCi08] S.15]. Angesichts der entsprechend hohen Bedeutung der Instandhaltung der gebäudetechnischen Anlagen stellen die eindringlichen Forderungen nach Kostenreduktionen die Instandhaltungsverantwortlichen vor ein Dilemma: Wie kann bei sinkender Investitionsbereitschaft und gleichzeitig steigender Investitionsnotwendigkeit der funktionstüchtige Zustand und die Sicherheit der Anlagen dauerhaft gewährleistet werden? Die adäquate Bud-

---

<sup>16</sup> Die Aufwendungen für die Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserung belaufen sich im Schnitt auf ca. 20-30% der Gesamtbetriebskosten eines Bauwerks [[KOEH02] S.82]. Sie liegen damit im Schnitt doppelt so hoch wie die, in ihrer Relevanz häufig deutlich höher eingeschätzten, Energie- und Medienkosten [[Gerd12] S.11], [[Hard10] S.22], [iScore13].

<sup>17</sup> Betreiberverantwortung nach GEFMA 191: „Aus dem Betrieb von Gebäuden und Anlagen können sich Gefahren oder Nachteile für Leben, Körper, Gesundheit, Freiheit, Eigentum oder sonstige Rechte von Personen oder für die Umwelt ergeben. Jedem Unternehmen, das im Rahmen seiner Geschäftstätigkeit Gebäude betreibt, wird deshalb vom Gesetzgeber die Verantwortung dafür auferlegt, alle erforderlichen und zumutbaren Maßnahmen zu ergreifen, um diese Gefahren oder Nachteile zu vermeiden oder zu verringern“ [[GEFMA190] S.3].

getbestimmung sowie deren Durchsetzung stellt für die Verantwortlichen vor diesem Hintergrund eine äußerst komplexe Herausforderung dar: Das Budget darf weder zu hoch noch zu niedrig bestimmt werden. Während eine ineffiziente bzw. übermäßige Instandhaltungsbudgetierung unnötigerweise finanzielle Mittel bindet, treten durch eine systematische Unterbudgetierung Schäden auf, die häufig zu Folgeschädigungen angrenzender Gebäude- oder Anlagenteile führen [[DIN60300] S.6]. Diese überschreiten dann oft die Kosten des ursprünglichen Schadens und resultieren in Behinderungen oder Ausfällen der eigentlichen Funktionsbestimmung der Anlage, z. B. in Form eines schadensbedingten Produktionsstopps in einer gewerblichen Fertigungshalle [[ERS11] S.6], [[Roet01] S.3], [[Schn96], S.66]. In Fachkreisen werden die hieraus resultierenden Ausfallkosten als besonders kostenintensiv eingestuft. Sie können um ein Vielfaches höher liegen, als die Kosten der eigentlichen Instandhaltungsmaßnahme zur Beseitigung des Schadens [[Roet01] S.3], [[KSS06] S.18]. Die Berufspraxis zeigt jedoch, dass die bislang vorrangig praktizierte Instandhaltungsbudgetierung allein auf Basis der verausgabten Vorjahresinvestitionen und dem individuellen Sachverstand des Instandhaltungsverantwortlichen für eine entsprechend präzise Budgetbestimmung und deren Durchsetzung nicht ausreichend geeignet ist. Es gilt daher, die tatsächlich notwendigen Instandhaltungsaufwendungen auf Basis anerkannter und transparenter Budgetierungsverfahren zu ermitteln und gegenüber dem ständig anwachsenden Druck zur Kostenreduktion wirkungsvoll zu verteidigen. Um das Instandhaltungsbudget korrekt bemessen und aus betriebswirtschaftlicher Sicht transparent und nachvollziehbar darstellen zu können, benötigen die Verantwortlichen wissenschaftlich fundierte und anerkannte Hilfsmittel, welche die zahlreichen und komplexen Einflüsse sowie deren Gewichtung und Abhängigkeiten in die Instandhaltungsbudgetierung ihrer Gebäude und deren technischen Anlagen einfließen lassen [[WeCi08]] S.56]. Dies trifft im Besonderen auf die Kosten der technischen Gebäudeausrüstung<sup>18</sup> (TGA) öffentlicher Bauwerke zu, deren Instandhaltungsaufwendungen bislang nur unzureichend untersucht wurden. Dies ist umso erstaunlicher, da

---

<sup>18</sup> Die TGA umfasst die Gesamtheit aller technischen Einrichtungen eines Bauwerks entsprechend der Kostengruppe 400 „Technische Anlagen“ gem. DIN 276 [DIN 276]

die Aufwendungen der gebäudetechnischen Anlagen (KG 400) in der Praxis aus Gründen der Organisationsstruktur der öffentlichen Verwaltungen<sup>19</sup> häufig unabhängig von den Aufwendungen der Baukonstruktion (KG 300) zu bestimmen und gesondert gegenüber den parlamentarischen Ausschüssen bzw. den Budgetgebern zu vertreten sind. Zudem nimmt ihr monetärer Anteil bei der Erstellung und insbesondere während des Gebäudebetriebs, im Gegensatz zu den Aufwendungen der baulichen Konstruktion, seit Jahren zu [[BHKS08] S.1f], [[Gerd12] S.11], [[JLLS11] S.8]. Die technische und wirtschaftliche Nutzbarkeit der Gebäude wird daher in zunehmendem Masse von den Anlagen und Einrichtungen der TGA beeinflusst [[Hard10] S.22], [[Kell95] S.66], [[UsBr04] S.3]. Die Mehrzahl aller existierenden Budgetierungs- und Benchmarkingverfahren<sup>20</sup> lässt jedoch keine kostengruppenspezifische Bestimmung der Aufwendungen zu. Das einzig bekannte Verfahren, das zum Zeitpunkt der Erstellung der vorliegenden Arbeit eine spezifische Auswertung der Kostengruppe 400 ermöglicht, hat sich als nur bedingt belastbar herausgestellt. So verweist der Arbeitskreis für Elektro- und Maschinentechnik kommunaler Verwaltungen (AMEV) in seinem Entwurf zur Richtlinie TGA-Kosten Betreiben 2011 darauf, dass *„zwischen den mit Hilfe des vorgestellten Verfahrens errechneten Soll-Werten für die Kosten und den tatsächlichen veranschlagten Ist-Werten teilweise erhebliche Unterschiede aufgetreten sind“* [[AMEV11] S.6]. Die wissenschaftlich fundierte Untersuchung der technikbezogenen Instandhaltungskosten sowie die Weiterentwicklung eines speziell auf die Instandhaltungskosten der technischen Anlagen ausgelegten Budgetierungsverfahren ist demnach dringend erforderlich, um die Planung, Budgetierung und Ausführung der Instandhaltung in der Praxis weiter zu verbessern und der Problematik des sinkenden Modernitätsgrads bzw. des rapide ansteigenden Instandhaltungsrückstaus entgegenzuwirken.

---

<sup>19</sup> z. B. bei organisatorisch bedingter Verantwortungs- und Budgetteilung der Bereiche Bau und Technik.

<sup>20</sup> Benchmarking ist ein Instrument der Wettbewerbsanalyse mit der Zielsetzung, durch kontinuierlichen Vergleich von Produkten, Dienstleistungen sowie Prozessen und Methoden Leistungslücken systematisch zu schließen [Gabl09].

## 1.2 Zielsetzung

Die vorliegende Arbeit will einen Beitrag zur Verbesserung der Präzision und Belastbarkeit der Instandhaltungsbudgetierung gebäudetechnischer Anlagen leisten. Zu diesem Zweck soll auf der Basis einer umfassenden Realdatenanalyse und dem analytischen, wiederbeschaffungswertbasierten Budgetierungsansatz<sup>21</sup> ein neues Kalkulationsverfahren zur präzisen und belastbaren Bestimmung der jährlich angemessenen Instandhaltungsaufwendungen für Wartungs-, Inspektions- und Instandsetzungsmaßnahmen<sup>22</sup> gebäudetechnischer Anlagen (KG 400) entwickelt werden. Das Verfahren dient explizit der Budgetbestimmung großer Immobilienportfolien<sup>23</sup> und richtet sich vorrangig an Institutionen der öffentlichen Hand<sup>24</sup>.

Erklärtes Ziel ist es, mit Hilfe der neuen Kalkulationsmethode einerseits das Verhältnis zwischen dem Wiederbeschaffungswert (WBW) und den Instandhaltungskosten der gebäudetechnischen Anlagen (im Sinne des wertorientierten Budgetierungsansatzes) bestmöglich abbilden zu können und andererseits (im Sinne der analytischen Methode) jene maßgeblich relevanten Einfluss- bzw. Gewichtungsfaktoren zu identifizieren, die bei geringstmöglicher Anzahl zum bestmöglichen Prognoseergebnis führen. In diesem Zusammenhang ist es von besonderer Bedeutung, die Angemessenheit der erhobenen empirischen Kostenkennwerte zu bewerten, um gegebenenfalls identifizierte Instandhaltungsdefizite der Vergangenheit kalkulatorisch zu berücksichtigen und so einer systembedingten Unterbudgetierung<sup>25</sup> im Zuge der Verfahrensentwicklung entgegenzuwirken. Darüber hinaus stellt die Verwendung ausschließlich untereinander unabhängiger Einflussgrößen ein weiteres Teilziel

---

<sup>21</sup> Weiterführende Informationen zum analytischen Verfahren vgl. Kapitel 2.6.2.

<sup>22</sup> Die Kosten für Ersatz- und Verbesserungsmaßnahmen an den technischen Anlagen finden hingegen keine Berücksichtigung.

<sup>23</sup> Bei der Anwendung des Verfahrens auf einzelne oder nur wenige Immobilien können extremwertbedingte Ungenauigkeiten auftreten, die das Ergebnis nachhaltig verfälschen.

<sup>24</sup> Insbesondere Städte, Kreise und Gemeinden sowie Hochschulen und Universitäten

<sup>25</sup> Diese könnte sich aus der fälschlichen Berücksichtigung unangemessener empirischer Kostenwerte ergeben.

der vorliegenden Arbeit dar, um eine inkorrekte, doppelte Berücksichtigung zweier nahezu identischer Einflussgrößen und die hieraus resultierende Kalkulationsungenauigkeit zu vermeiden<sup>26</sup>.

Im Ergebnis soll das Verfahren transparent, klar strukturiert und leicht nachvollziehbar gestaltet und mit vertretbarem Aufwand durch das verantwortliche Fachpersonal der öffentlichen Verwaltungen anzuwenden sein. Durch seine transparente und wissenschaftlich fundierte Herleitung wird die allgemeine Anerkennung und Belastbarkeit der ermittelten Budgets insbesondere im Rahmen der Budgetverhandlungen gesteigert und folgerichtig die Verhandlungsposition der Instandhaltungsspezialisten gestärkt. Dies ist von besonderer Bedeutung, denn erst die Bereitstellung eines angemessenen Instandhaltungsbudgets ermöglicht den Verantwortlichen die vollumfängliche Wahrnehmung ihrer Betreiberverantwortung (unter anderem in Form einer bestmöglichen Betriebssicherheit). Zusätzlich hängt der Erfolg des öffentlichen Energie- und Ressourcenmanagements im Zuge der aktuellen Umwelt- und Klimaschutzbestrebungen<sup>27</sup> maßgeblich von der adäquaten Instandhaltung der gebäudetechnischen Anlagen öffentlicher Immobilienportfolien ab. Eine fortschreitende Vernachlässigung der Instandhaltung wirkt sich kontraproduktiv auf die angestrebte Entwicklung aus. Den weitaus größten Einfluss hat die Instandhaltung gebäudetechnischer Anlagen jedoch auf den langfristigen Werterhalt des öffentlichen Immobilienbestands. So ist der unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten angestrebte Werterhalt nur auf Basis angemessener Investitionen in die Gebäude- und Anlageninstandhaltung zu realisieren. Als wirkungsvolles Hilfsmittel zur angemessenen Bestimmung der notwendigen Investitionen in die gebäudetechnischen Anlagen soll das neue Kalkulationsverfahren somit dazu beitragen, die in der Vergangenheit aufgetretenen Fehlentwicklungen<sup>28</sup> zu revidieren und die Instandhaltung des öffentlichen Immobilienbestands zu professionalisieren.

---

<sup>26</sup> Eine entsprechende Analyse wurde in der Vergangenheit bei der Entwicklung verschiedener analytischer Verfahren zumeist nicht berücksichtigt.

<sup>27</sup> Z. B. Reduktion des CO<sub>2</sub> Ausstoßes oder erhöhte Auflagen zur Energieeinsparung

<sup>28</sup> Z. B. die Vernachlässigung der Instandhaltung und den hieraus resultierenden Instandhaltungsrückstau (vgl. auch Kapitel 1.1).

Das zentrale Forschungsziel dieser Arbeit und die hiermit verbundenen notwendigen Teilschritte und Teilziele sind nachfolgend nochmals in tabellarischer Form zusammengefasst:

Tabelle 1-1: Forschungsziel und notwendige Teilschritte

Übergeordnete Zielsetzung:		
Weiterentwicklung des analytischen, wiederbeschaffungswertbasierten Budgetierungsansatzes zu einem maßgeblich verbesserten Kalkulationsverfahren für die Bestimmung der jährlich angemessenen Instandhaltungsaufwendungen gebäudetechnischer Anlagen großer Immobilienportfolien der öffentlichen Hand.		
Nr.	Teilschritt	Teilziel
1	Erhebung einer quantitativ und qualitativ hochwertigen Realdatenbasis	Schaffung einer wissenschaftlich fundierten Forschungsbasis
2	Bewertung und Berücksichtigung des prozentualen durchschnittlichen Instandhaltungsdefizits in Bezug auf die Budgetierung gebäudetechnischer Anlagen	Ausschluss einer systembedingten Fehlbudgetierung aufgrund unangemessener empirischer Kostenwerte
3	Nachweis der wirksamen Wechselbeziehung zwischen dem Wiederbeschaffungswert und den Instandhaltungsaufwendungen	Bestätigung des Wiederbeschaffungswerts als geeignete mathematische Kalkulationsgrundlage
4	Überprüfung des konstanten Prozentsatzes als geeignete Kenngröße zur Bewertung der grundsätzlich wirksamen Wechselbeziehung zwischen dem Wiederbeschaffungswert und den Instandhaltungsaufwendungen	Bestimmung einer mathematischen Grundfunktion zur bestmöglichen Abbildung der Wechselbeziehung zwischen dem Wiederbeschaffungswert und den Instandhaltungsaufwendungen
5	Identifikation wirkungsvoller Einflussfaktoren auf die Instandhaltung gebäudetechnischer Anlagen auf Grundlage umfassender Korrelations- und Clusteranalysen	Identifikation potenziell geeigneter Einflussgrößen zur Berücksichtigung im Budgetierungsverfahren (in Form von Gewichtungsfaktoren)
6	Analyse interfaktorieller Korrelationen zur Identifikation maßgeblich relevanter und unabhängiger Einflussgrößen	Vermeidung verfälschender, kalkulatorischer Mehrfachberücksichtigung effektidentischer Einflüsse
7	Entwicklung und Verifizierung des analytischen Budgetierungsverfahrens	Erhöhung der Prognosegüte und Belastbarkeit

## 1.3 Vorgehensweise

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in folgende übergeordnete Kapitel:

- 1 Einleitung
- 2 Theoretische Grundlagen der Instandhaltung und Budgetierung
- 3 Analyse bestehender Datenquellen
- 4 Konzeption und Durchführung der Realdatenerhebung
- 5 Verfahrensentwicklung - Analysen und Ergebnisse
- 6 Verfahrensvalidierung
- 7 Zusammenfassung, Fazit und Ausblick

In das gewählte Themengebiet einleitend, erläutert Kapitel 1 die aktuelle Ausgangssituation bei der Instandhaltungsbudgetierung gebäudetechnischer Anlagen der öffentlichen Hand. Abgeleitet aus der Ist-Analyse erfolgt im zweiten Schritt die Identifikation maßgeblicher Probleme und Defizite der Instandhaltungspraxis, auf deren Grundlage die zentrale Zielsetzung und der erwartete Nutzen der Forschungsarbeit formuliert werden.

Kapitel 2 erörtert die theoretischen Grundlagen der Instandhaltung und Instandhaltungsbudgetierung, die für das Verständnis der vorliegenden Forschungsarbeit notwendig sind. Dies umfasst vorrangig die Erläuterung verschiedener Begriffe und Definitionen sowie die Auseinandersetzung mit den instandhaltungsrelevanten gesetzlichen und normativen Regelwerken. Ergänzend beinhaltet das Kapitel eine kurze Einführung in die Natur kennzahlbasierter Prognosen sowie eine Beschreibung der Funktionsweise der angestrebten analytischen Budgetierungsmethode.

Der Schwerpunkt von Kapitel 3 liegt auf der Beschreibung, Untersuchung und Validierung bestehender Realdatenquellen, die, im Anschluss an die Definition aller notwendigen Anforderungen, auf ihre Eignung als potenzielle For-

schungsdatenbasen zur Entwicklung des angestrebten verbesserten Budgetierungsverfahrens analysiert werden.

Bedingt durch die mangelhafte Verfügbarkeit geeigneter empirischer Informationsbasen wird in Kapitel 4 die Konzeption und Durchführung der notwendigen Realdatenneuerhebung geschildert. Entsprechend des gewählten quantitativen Forschungsansatzes zählen hierzu die eindeutige Festlegung des Untersuchungsgegenstandes, die Definition geeigneter Erhebungsprozesse und der Aufbau der Access-basierten Datenbank zur Integration der Instandhaltungsinformationen. Ein weiterer thematischer Schwerpunkt des Kapitels liegt auf der Qualitätssicherung und Aufbereitung der Datenbankinhalte sowie deren zusammenfassenden Quantifizierung und abschließenden statistischen Evaluierung.

In Kapitel 5 stehen die Untersuchungsergebnisse auf Basis des neu generierten Datenpools im Fokus des Interesses. Anknüpfend an eine kurze Funktions- und Aufbau erläut erung des angestrebten analytischen Budgetierungsverfahrens, wird die Korrelation des Wiederbeschaffungswerts<sup>29</sup> mit den empirisch ermittelten Instandhaltungsaufwendungen überprüft. Der festgestellte nichtlineare Wirkzusammenhang beider Größen zueinander führt zu der Bestimmung und nachfolgenden Validierung eines nichtlinearen Bemessungsparameters in Form einer Potenzfunktion. Besondere Bedeutung wird in Kapitel 5 der Identifikation aller relevanten und unabhängigen Einflussgrößen auf die Instandhaltung beigemessen. Auf Basis einer umfangreichen Literaturrecherche werden alle potenziell wirksamen Einflussgrößen mittels zahlreicher Korrelations- und Clusteranalysen auf ihre Kostenrelevanz in Bezug auf die Instandhaltung gebäudetechnischer Anlagen sowie auf ihre interfaktoriel le Unabhängigkeit untersucht. Die verfälschende Kalkulationswirkung interfaktoriel l abhängiger Variablen wird daraufhin am Beispiel wirkidentischer Einflussgrößen nachgewiesen.

---

<sup>29</sup> Als Berechnungsgrundlage (BG)

Abgeleitet aus den Untersuchungsergebnissen schließt das Kapitel mit der Identifikation der potenziell geeignetsten Verfahrensstruktur, bestehend aus der nichtlinearen Kalkulationsbasis und der Kombination der verbliebenen maßgeblich relevanten Einflussvariablen der *Gebäudenutzungsart*, des *Gebäude- bzw. Anlagenalters* sowie des *technischen Ausstattungsstandards*, ab.

Kapitel 6 dient der Überprüfung der Prognosegüte des favorisierten Kalkulationsaufbaus. Im Anschluss an die Beschreibung der notwendigen Vergleichsportfolien und alternativen Verfahrensvariantenbildung zur eingehenden Validierung der Untersuchungsergebnisse, liegt der Fokus des Kapitels auf der Analyse und Diskussion der Kalkulationsergebnisse und der hieraus abzuleitenden Prognosegüte. Die abschließende Bewertung und Identifikation der mutmaßlich besten Verfahrensvariante erfolgt auf Basis der ermittelten Gesamtbudgetabweichungen, ergänzt durch prognoserelevante Streuungsmaße<sup>30</sup>.

Kapitel 7 fasst die im Rahmen dieser Arbeit gewonnenen Forschungsergebnisse zusammen, hinterfragt diese kritisch und zeigt den weiteren Forschungsbedarf im Bereich der Instandhaltungsbudgetierung gebäudetechnischer Anlagen auf.

---

<sup>30</sup> In Bezug auf die mittleren gebäudebezogenen Einzelbudgetabweichungen

## 2 Theoretische Grundlagen der Instandhaltung und Budgetierung

### 2.1 Technische Gebäudeausrüstung (TGA)

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird die TGA analog der Definition der DIN 276-1:2008-12 als die Gesamtheit aller im Bauwerk eingebauten, daran angeschlossenen oder damit fest verbundenen technischen Anlagen oder Anlagenteilen definiert [[DIN 276] S.7]. Ihre funktionale und kostentechnische Differenzierung erfolgt auf Basis der in der DIN 276 festgelegten Struktur der Kostengruppe 400 „Technische Anlagen“ (vgl. Tabelle 2-1).

Tabelle 2-1: Kostengliederung der Technischen Anlagen nach DIN 276

KG		Anmerkungen
400	Bauwerk – Technische Anlagen	Kosten aller im Bauwerk eingebauten, daran angeschlossenen oder damit fest verbundenen technischen Anlagen oder Anlagenteile.
410	Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen	Die einzelnen technischen Anlagen enthalten die zugehörigen Gestelle, Befestigungen, Armaturen, Wärme- und Kälte­dämmung, Schall- und Brandschutzvorkehrungen, Abdeckungen, Verkleidungen, Anstriche, Kennzeichnungen sowie die anlagenspezifischen Mess-, Steuer- und Regelanlagen.
420	Wärmeversorgungsanlagen	
430	Lufttechnische Anlagen	Anlagen mit und ohne Lüftungsfunktion
440	Starkstromanlagen	Einschließlich der Brandschutzdurchführungen, soweit nicht in anderen Kostengruppen erfasst
450	Fernmelde- und informations-technische Anlagen	Die einzelnen Anlagen enthalten die zugehörigen Verteiler, Kabel und Leitungen.
460	Förderanlagen	
470	Nutzungsspezifische Anlagen	Kosten der mit dem Bauwerk fest verbundenen Anlagen, die der besonderen Zweckbestimmung dienen, jedoch ohne die baukonstruktiven Einbauten (KG 370)
480	Gebäudeautomation	Kosten der anlageübergreifenden Automation
490	Sonstige Maßnahmen für technische Anlagen	Technische Anlagen und übergreifende Maßnahmen im Zusammenhang mit technischen Anlagen, die nicht einzelnen Kostengruppen der technischen Anlagen zugeordnet werden können

## 2.2 Abnutzung von Instandhaltungsobjekten

Im Zuge der dauerhaften Nutzung eines Bauwerks und dessen technischer Anlagen erwächst die Notwendigkeit von Folgeinvestitionen in Form von Instandhaltungsmaßnahmen, um dem Abbau des Abnutzungsvorrats bzw. dem Werteverzehr der Konstruktion und der technischen Ausrüstung entgegenzuwirken [[AGI08] S.1]. Der Abbau des Abnutzungsvorrats<sup>31</sup> eines Gebäude- oder Anlagenelements wird in der Fachliteratur häufig mit der technischen Lebens- oder Nutzungsdauer gleichgesetzt [[Hell06] S.251]. Diese umfasst den Zeitraum, in dem ein Gebäude- oder Anlagenteil physisch zur Verfügung steht und die gestellten Anforderungen erfüllt [[BKI11] S.9]. Durch verschiedene chemische und physikalische Vorgänge wie z. B. Alterung, Verschleiß, Korrosion, Ermüdung, Reibung, Bruch und Kavitation<sup>32</sup> wird der Abnutzungsvorrat eines Bauteils oder einer Anlage anteilig reduziert [[GeHo91] S.10], [[Roet01] S.16], [[DIN31051] S.7]. Dieser Vorgang ist prinzipiell unvermeidbar, kann jedoch durch gezielte Maßnahmen der Instandhaltung verlangsamt oder revidiert werden [[DIN31051] S.7]. Sinkt der Abnutzungsvorrat bis auf die Abnutzungs- bzw. Schadensgrenze<sup>33</sup> ab, kommt es zur Funktionseinschränkung bis hin zum Funktionsverlust bzw. Ausfall des Bau- oder Anlagenteils. Sofern dieses in der Folge nicht durch eine Instandsetzungsmaßnahme in den funktionsfähigen Zustand zurück versetzt werden kann, ist das Ende der technischen Lebens- bzw. Nutzungsdauer erreicht [Klin07]. Der exakte Verlauf einer Abnutzungskurve, wie in Abbildung 2-1 beispielhaft dargestellt, kann nur auf Basis umfangreicher wissenschaftlicher Messungen nachvollzogen werden und ist aufgrund der großen Material- und Konstruktionsindividualität von Bau- und Anlagenteilen schwer zu verallgemeinern. Aus diesem Grund finden sich in der Literatur nur wenige Angaben

---

<sup>31</sup> Der Abnutzungsvorrat ist laut DIN 31051:2012-09 definiert als der „Vorrat der möglichen Funktionserfüllungen unter festgelegten Bedingungen, der einer Einheit aufgrund der Herstellung, Instandsetzung oder Verbesserung innewohnt“ [[DIN31051] S.8].

<sup>32</sup> Kavitation (lat. cavitare „aushöhlen“) ist die Bildung und Auflösung von dampfgefüllten Hohlräumen (Dampfblasen)

<sup>33</sup> Laut DIN 31051:2012-09 ist die Schadensgrenze als „der vereinbarte oder festgelegte Mindestwert des Abnutzungsvorrats“ definiert [[DIN31051] S.7].

zu spezifischen material- oder bauteilbezogenen Abnutzungsverläufen, die zudem mitunter gewaltige Streubreiten aufweisen [[Krim05] S.91], [[Hell06] S.251].

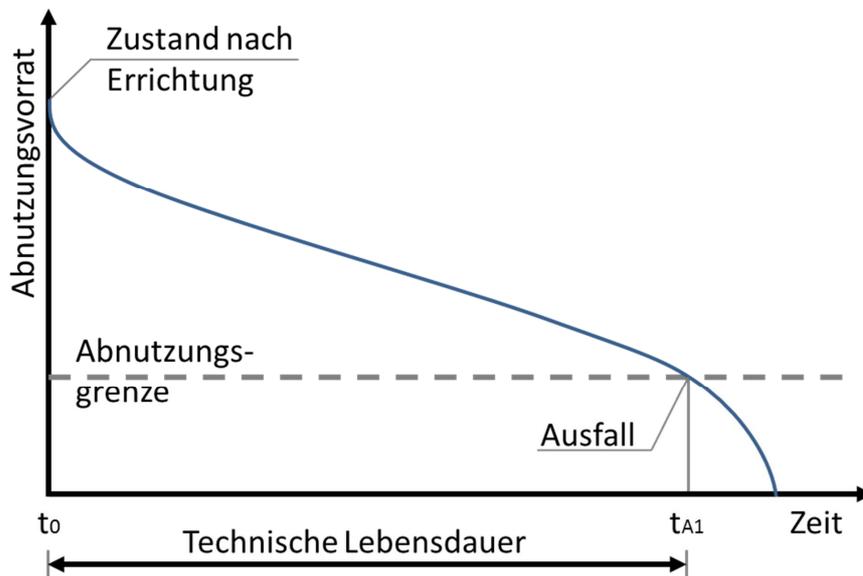


Abbildung 2-1: Darstellung einer beispielhaften Abnutzungskurve in Anlehnung an Klingenberg [[Klin07] S.23]

Erschwerend kommt hinzu, dass neben den bereits erwähnten chemischen und physikalischen Vorgängen weitere, unvorhersehbare Einflüsse bzw. Ereignisse zu einem kurzfristig stark gesteigertem Abbau des Abnutzungsvorrats oder gar zu einem spontanen Ende der technischen Lebensdauer führen können [[Schr05] S.28f]. Als Beispiele nennt SCHRÖDER die Einwirkung von Naturgewalten (Sturm Hagel, Blitzschlag, Überschwemmung etc.), die unbeabsichtigte Beschädigung (Unfall, Bedienungsfehler etc.), die absichtliche Beschädigung (Brandstiftung, Vandalismus, Terrorismus etc.) und sonstige Schadensereignisse (Brand, Kurzschluss etc.) [[Schr05] S.28f]. Darüber hinaus können auch wirtschaftliche Erwägungen ein verfrühtes Nutzungsende eines Bau- oder Anlagenteils nach sich ziehen. Veränderte Anforderungen, gestiegene Ansprüche oder notwendige technisch, wirtschaftliche Verbesserungen führen zu einem relativen Wertverlust und können den Austausch eines funktionsfähigen Bau- oder Anlagenteils, ungeachtet dessen vorhandenen

Restabnutzungspotenzials<sup>34</sup>, bedingen [[BKI11] S.9]. Um diesen Vorgang von der Abnutzung im Rahmen der technischen Nutzungsdauer zu differenzieren, wird die Phase bis zum wirtschaftlich bedingten Austausch eines Bau- oder Anlagenteils als wirtschaftliche Nutzungsdauer bezeichnet. Damit kann die wirtschaftliche Nutzungsdauer die technische Nutzungsdauer in ihrer Zeitspanne nie übersteigen [Gabl09].

Unbestritten ist, dass eine systematische und kontinuierliche Instandhaltung entscheidend dazu beiträgt, gleichsam die technische als auch wirtschaftliche Nutzungsdauer der konstruktiven und technischen Bauteile bestmöglich auszuschöpfen sowie mangel- und schadensbedingte Ausfallkosten zu minimieren [[DIN13306] S.5], [[Hell06] S.253]. Die Instandhaltung stellt einen wichtigen Schlüssel zur Gewährleistung eines dauerhaften Wert-, Substanz-, Funktions- und Qualitätserhalts dar. WERNER und CICHOWSKI [[WeCi08] S.42f] fassen die Zielsetzung der Instandhaltung demnach wie folgt zusammenfassen:

- Sicherstellung einer hohen Versorgungssicherheit und Anlagenverfügbarkeit
- Verhütung von Bauteil- und Anlagenschäden und deren Folgen
- Wirtschaftlicher optimierter Betrieb des Gebäudes und dessen Anlagen
- Qualitätssicherung im Betrieb
- Schnelles Beseitigen nicht vorhersehbarer Störungen
- Einhaltung aller Vorgaben zum Umweltschutz und zur Arbeitssicherheit

---

<sup>34</sup> Das Restabnutzungspotenzial entspricht dem verbliebenen Abnutzungsvorrat.

## 2.3 Gesetzliche und normative Regelwerke zur Instandhaltung

Zur Gewährleistung des sicheren Betriebs bedarf der Großteil aller technischen Anlagen in Deutschland der regelmäßigen Prüfung in Form von Wartungs- und Inspektionsmaßnahmen [[Lang06] S.5]. Die Instandhaltung gebäudetechnischer Anlagen ist daher in einer Vielzahl von Gesetzen, Verordnungen, Normen, Richtlinien und Empfehlungen geregelt. Oberstes Ziel aller Regelwerke ist es, sichere Geräte, Anlagen und Produkte sowie einen dauerhaft sicheren Gebäudebetrieb zu gewährleisten [[Lang06] S.13]. Zur Einhaltung der gesetzlichen und normativen Vorgaben ist es demzufolge dringend notwendig, ein angemessenes Instandhaltungsbudget bereitzustellen, das den entsprechenden Anforderungen gerecht wird. Der in Kapitel 1.1 beschriebene Trend der fortschreitenden Budgetreduktion birgt jedoch die Gefahr einer maßgeblichen Unterbudgetierung, auf deren Grundlage die gesetzlichen und normativen Erfordernisse nicht oder nur zum Teil erfüllt werden können. Dies resultiert folgerichtig in einer empfindlichen Verletzung der Betreiberverantwortung, deren rechtliche Folgen im Zuge der angestrebten Sparmaßnahmen häufig ignoriert bzw. unterschätzt werden. Zur Verdeutlichung der Anzahl und Komplexität der instandhaltungsbezogenen Anforderungen werden die gesetzlichen und normativen Regelwerke nachfolgend erläutert.

Die bundesdeutschen Gesetze basieren auf den europäischen Gesetzesinhalten der EG-Richtlinien und Europannormen (EN), deren Vorgaben durch die EG Mitgliedsstaaten in nationales Recht überführt werden. Dies erfolgt durch den Erlass eines vom Bundestag, Bundesrat und ggf. der Bundesregierung im förmlichen Verfahren verabschiedeten Gesetzestexts. Ab Inkrafttreten des Gesetzestexts ist dieser bundesweit rechtsverbindlich. Der Inhalt eines Gesetzes beschränkt sich vornehmlich auf die grundsätzliche Festlegung und Definition allgemeiner Verpflichtungen und Gesetzmäßigkeiten, ohne in der Regel weitere, detaillierte Ausführungen zum Sachverhalt aufzuführen. Aus diesem Grund werden die gesetzlichen Vorgaben, unter Einbeziehung außerparlamentarischer Meinungen und Ansichten, durch nachgeordnete Rechtsverord-

nungen konkretisiert. Der Erlass einer Rechtsverordnung erfolgt über die Bundesregierung, das zuständige Bundesministerium oder eine Landesregierung, sofern diese durch ein Gesetz nach Art. 80 Abs. 1 GG<sup>35</sup> ermächtigt ist. In Tabelle 2-2 ist eine Auswahl wichtiger Bundesgesetze und Bundesverordnungen sowie Landesgesetze und Landesverordnungen aufgeführt, die im Zusammenhang mit der Instandhaltung gebäudetechnischer Anlagen eine Rolle spielen [[Bieh05] S.20-23], [[Lang06] S.13].

Tabelle 2-2: Gesetzliche Regelwerke auf Bundes- und Landesebene

Titel	Abkürzung
<b>Auf Bundesebene</b>	
Bürgerliches Gesetzbuch	(BGB)
Zweite Berechnungsverordnung	(II.BV)
Energiewirtschaftsgesetz	(EnWG)
Geräte- und Produktsicherheitsgesetz	(GPSG)
Betriebssicherheitsverordnung	(BetrSichV)
Betriebskostenverordnung	(BetrKV)
Arbeitsschutzgesetz	(ArbSchG)
Arbeitsstättenverordnung	(ArbStättV)
Energienutzungsverordnung	(EnEV)
Schornsteinfegergesetz	(SchfG)
Wasserhaushaltsgesetz	(WHG)
Trinkwasserverordnung	(TrinkwV)
Kehr- und Prüfungsordnung	(KÜO)
Immobilienwertverordnung	(ImmoWertV)
...	
<b>Auf Landesebene</b>	
Bauordnung	(BO)
Technische Baubestimmungen	(TB)
Technische Prüfverordnungen	(Techn.PrüfV)
Versammlungsstättenverordnung	(VstättV)
Gaststättenbauverordnung	(GastBauV)
Krankenhausbauverordnung	(KhBauV)
Garagenverordnung	(GaV)
Verkaufsstättenverordnung	(Vkv)
...	

In Bezug auf die Instandhaltung gebäudetechnischer Anlagen sind die Gesetzestexte wie auch die Bundes- und Landesverordnungen nur bedingt aussagekräftig. Der Großteil aller gesetzlichen Regelungen verzichtet auf konkrete

---

<sup>35</sup> Grundgesetz der Bundesrepublik Deutschland

technische Angaben, beispielsweise in Form von definierten Wartungs- oder Inspektionsintervallen der technischen Gebäudeausrüstung. Eine Ausnahme bildet die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), die verschiedene Prüf- und Inspektionsfristen für besonders sicherheitsrelevante und somit überwachungsbedürftige Anlagen aufführt [[Lang06] S.13], [[BSV02]S.11f]. Bei den Angaben handelt es sich um maximal zulässige Höchstwerte, die zwar als Orientierungshilfe dienen können, jedoch der im Gesetz verankerten Forderung nach dem so genannten „ordnungsgemäßen Zustand“ der Anlagen nicht zwingend gerecht werden müssen. Die Forderung des „ordnungsgemäßen Zustands“ wird vom Gesetzgeber vielfach durch die Begrifflichkeiten „Stand der Technik“ (SdT) und / oder „allgemeine anerkannte Regeln der Technik“ (aaRdT) ergänzt bzw. konkretisiert. So bedingt der „*ordnungsgemäße Zustand*“ einer gebäudetechnischen Anlage in der Regel die Ausführung und den Betrieb der Anlage gemäß dem SdT unter Einhaltung der aaRdT. Der SdT wird durch das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BimSchG), das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) einheitlich als der „*Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme [...] gesichert erscheinen lässt*“ definiert [[BimSchG12] §3 Abs.6], [[WHG09] §3 Nr.11], [[GefStoffV11] §2 Abs.11]. In Bezug auf die allgemeine Gesetzeslage stellt die direkte Definition innerhalb des Gesetzestextes indessen eine Ausnahme dar. So wird in der Mehrzahl aller Gesetze auf eine konkrete Begriffsdefinition verzichtet und stattdessen auf die Definition der aktuellen Normenarbeitsgemeinschaften verwiesen. Das Deutsche Institut für Normung (DIN) grenzt den SdT beispielsweise als das „*entwickelte [...] Stadium der technischen Möglichkeiten zu einem bestimmten Zeitpunkt, [...] basierend auf entsprechenden gesicherten Erkenntnissen von Wissenschaft, Technik und Erfahrung*“ ab [[DIN45020] S.17]. Weitaus häufiger als auf den aktuellen SdT greift die Gesetzgebung jedoch auf den Passus der Einhaltung der „(allgemein) anerkannten Regeln der Technik“ (aaRdT) zurück. Die Normengemeinschaft des DIN definiert eine anerkannte Regel der Technik als „*technische Festlegung, die von einer Mehrheit repräsentativer Fachleute als Wiedergabe des Standes der Technik angesehen wird*“ [[DIN45020] S.19]. Aufgrund ihrer regelmäßigen Überarbeitung, Änderung und Erweiterung zur

Angleichung an den SdT gilt laut DIN EN 45020:2007-03 demnach die Vermutung, dass die internationalen, nationalen oder regionalen Normen als aaRdT anzusehen sind [[DIN45020] S.27]. Die zurückhaltende Formulierung impliziert jedoch, dass es sich um keine grundlegende Gesetzmäßigkeit handelt. Das Bundesverwaltungsgericht hat in seinem Beschluss<sup>36</sup> dazu gesagt: *„Das Deutsche Institut für Normung hat keine Rechtsetzungsbefugnisse. Es ist ein eingetragener Verein, der es sich zur satzungsgemäßen Aufgabe gemacht hat, auf ausschließlich gemeinnütziger Basis durch Gemeinschaftsarbeit der interessierten Kreise zum Nutzen der Allgemeinheit Normen zur Rationalisierung, Qualitätssicherung, Sicherheit und Verständigung aufzustellen und zu veröffentlichen“*. [...] *„Maßgeblich seien aber die ‘anerkannten Regeln der Technik‘. Das seien diejenigen Prinzipien und Lösungen, die in der Praxis erprobt und bewährt sind und sich bei der Mehrheit der Praktiker durchgesetzt haben.“* [...] *„DIN-Vorschriften und sonstige technische Regelwerke kommen hierfür als geeignete Quellen in Betracht. Sie haben aber nicht schon Kraft ihrer Existenz die Qualität von anerkannten Regeln der Technik“*. Normen und sonstige technische Regelwerke gelten demnach nicht per se als aaRdT, stellen jedoch die wichtigsten Quellen zur Ableitung derer dar.

Die Anzahl der Normen und sonstigen technischen Regelwerke in Deutschland und Europa ist enorm. Eine Vielzahl gemeinnütziger Institutionen arbeitet fortwährend unter Mitwirkung interessierter Fach- und Expertengremien an der Erstellung oder Aktualisierung neuer oder bestehender Normen, Richtlinien und Handlungsempfehlungen als Dienstleistung für Wirtschaft, Staat und Gesellschaft [Ritt11], [[RMM09] S.321]. Zu den bedeutenden und bekanntesten Institutionen zählt u. a. das Deutsche Institut für Normung e. V. (DIN), der Verein Deutscher Ingenieure e. V. (VDI), der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V (VDMA), die German Facility Management Association (GEFMA), der Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV), sowie der (Zentral-) Verband des jeweiligen technischen Fachbereichs (z.B. Elektro, Sanitär-Heizung-Klima, Gas-Wasser etc.). Die normativen Grundlagen decken nahezu alle Bereiche der

---

<sup>36</sup> Bundesverwaltungsgericht – Beschluss vom 30.09.1996 – 4 B 175/96

technischen Gebäudeausrüstung ab. Im Gegensatz zu den übergeordneten Gesetzen und Verordnungen regeln sie auch praxisrelevante Details in Form konkreter Belange und Empfehlungen, die im Umgang mit der Gebäudetechnik zu beachten sind [[Lang06] S.29]. Der Schwerpunkt aller technischen Regelwerke und Empfehlungen liegt vorrangig auf den sicherheitsrelevanten Anlagen gemäß den ländereigenen technischen Prüfverordnungen. Hierzu gehören Lüftungstechnische Anlagen, maschinelle Lüftungsanlagen, CO-Warnanlagen, elektrische Anlagen (Sonderbauten), Sicherheitsstromversorgung einschließlich der Sicherheitsbeleuchtung, Brandmeldeanlagen sowie Alarmierungseinrichtungen, Rauchabzugsanlagen, Feuerlöschanlagen, automatische Schiebetüren in Rettungswegen, Feststellanlagen von Feuerschutzabschlüssen, elektrische Verriegelung von Türen in Rettungswegen, Schutzvorhänge und Blitzschutzanlagen<sup>37</sup>. Zur adäquaten praktischen Umsetzung der Instandhaltung gebäudetechnischer Anlagen im Sinne der Einhaltung der aaRdT ist die Kenntnis und Beachtung einer Vielzahl fachlicher Quellen in Deutschland demnach unerlässlich (siehe Anlage 1 technische Regelwerke zur Instandhaltung).

Insbesondere in Bezug auf die Instandhaltung gebäudetechnischer Anlagen beinhalten die Normen, Richtlinien und Empfehlungen wichtige und konkrete Informationen für den sicheren und erfolgreichen Betrieb im Sinne der gesetzlichen Wahrnehmung der Betreiberverantwortung. Angesichts der großen Anzahl der Normen und sonstigen technischen Regelwerke, sowie der komplexen Zusammenhänge und Abhängigkeiten in der Instandhaltung gebäudetechnischer Anlagen stellt die Entwicklung eines belastbaren Verfahrens zur Bestimmung eines angemessenen Instandhaltungsbudgets für die gebäudetechnischen Anlagen der öffentlichen Hand eine wertvolle Hilfestellung für die Instandhaltungsverantwortlichen dar.

---

<sup>37</sup> Für eine vollständige Aufzählung vgl. Prüfverordnung des jeweiligen Bundeslands.

## 2.4 DIN 31051:2012-09 „Grundlagen der Instandhaltung“

In der Praxis treten bei der Planung, Vergabe, Durchführung und Budgetierung von Instandhaltungsmaßnahmen vielfach Konflikte auf, deren Ursache in der uneinheitlichen Verwendung instandhaltungsrelevanter Begrifflichkeiten zu suchen ist [[Hell06] S.249]. Demnach weichen die definitorischen Abgrenzungen der DIN Vorschriften, der VDI Richtlinien, der zweiten Berechnungsverordnung (II.BV) bzw. der Betriebskostenvereinbarung sowie der Immobilienwertverordnung in hohem Maße voneinander ab. Die hieraus resultierenden Schwierigkeiten wurden an anderer Stelle bereits ausführlich durch BAHN, HELLERFORTH, KLINGENBERGER und SCHRÖDER beschrieben [[Bahr08] S.7], [[Klin07] S.19], [[Hell06] S. 249], [[Schr05] S.30ff]. Aus diesem Grund wird auf eine erneute, detaillierte Darstellung und Beschreibung der Unterschiede und der daraus resultierenden Unklarheiten verzichtet.

Um Missverständnisse im Zusammenhang mit den Inhalten der vorliegenden Arbeit zu vermeiden, werden jedoch nachfolgend die im Rahmen der wissenschaftlichen Arbeit verwendeten Definitionen aufgeführt und kurz erläutert. Inhaltlich basieren diese auf den Ausführungen der nationalen DIN 31051:2012-09 „Grundlagen der Instandhaltung“ [DIN31051], bzw. der ihr übergeordneten europäischen DIN EN 13306:2010-12 „Instandhaltung – Begriffe der Instandhaltung: Dreisprachige Fassung EN 13306:2010 [[DIN13306] S.6].

Die DIN 31051:2012-09 definiert die Instandhaltung als die „*Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements während des Lebenszyklus einer Einheit, die dem Erhalt oder der Wiederherstellung ihres funktionsfähigen Zustands dient, sodass sie die geforderte Funktion erfüllen kann*“ [[DIN31051] S.4]. Ferner unterteilt sie die Instandhaltung in die vier Grundmaßnahmen Wartung, Inspektion, Instandsetzung sowie Verbesserung (vgl. Abbildung 2-2), auf die im Folgenden eingegangen werden soll.



Abbildung 2-2: Übersicht der 4 Grundmaßnahmen der Instandhaltung nach DIN 31051:2012-09

### 2.4.1 Wartung

Unter dem Begriff der Wartung führt die DIN 31051:2012-09 sämtliche „Maßnahmen zur Verzögerung des Abbaus des vorhandenen Abnutzungsvorrats“ auf [[DIN31051] S.5]. Hierzu gehören u. a. das Justieren, Auswechseln, Ergänzen, Schmieren, Konservieren und Reinigen von Instandhaltungsobjekten [AMEV06]. Durch ihren vorbeugenden Charakter [[Homa98] S.315] mit dem Ziel, die Ausfallwahrscheinlichkeit oder Funktionsminderung einer Einheit zu reduzieren, zählt die Wartung zur präventiven Instandhaltung [[DIN13306] S.6], [[DIN15331] S.6].

In Bezug auf den Abbau des Abnutzungsvorrats eines Bau- oder Anlagenteils (vgl. Kapitel 2.1) hat die Wartung somit einen positiven Effekt. So können regelmäßige Wartungsmaßnahmen eine Verzögerung des Abnutzungsvorgangs bewirken und somit die Nutzungsdauer einer Einheit positiv beeinflussen [[DIN31051] S.5], [[Klin07] S.29], [[Roet01] S.14]. Abbildung 2-3 verdeutlicht diesen Effekt.

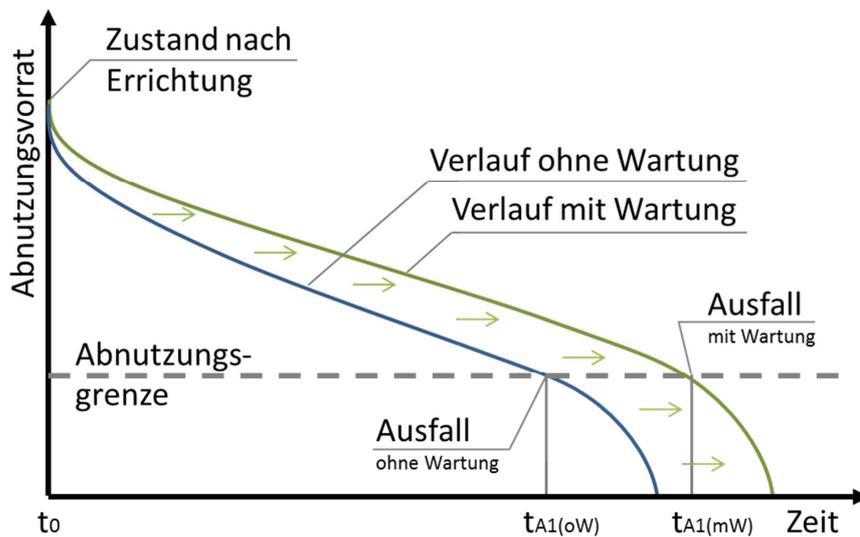


Abbildung 2-3: Einfluss der Wartung auf die Abnutzungskurve in Anlehnung an Klingenberg [[Klin07] S.29]

In Bezug auf die Instandhaltung gebäudetechnischer Anlagen stellt die Wartung, neben der Inspektion, eine sehr wichtige und gebräuchliche Maßnahme dar, da die gebäudetechnischen Anlagen häufiger als die baulichen Konstruktionen der Auflage zur Durchführung regelmäßiger Wartungsmaßnahmen unterliegen (vgl. Kapitel 2.3). Die Maßnahmen der Wartung werden in der Regel im Rahmen vorbestimmter und messbarer Intervalle ausgeführt.

## 2.4.2 Inspektion

Die Inspektion umfasst nach DIN 31051:2012-09 die „Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Istzustandes einer Einheit einschließlich der Bestimmung der Ursachen der Abnutzung und dem Ableiten der notwendigen Konsequenzen für eine künftige Nutzung“ [[DIN31051] S.5]. Sie beschränkt sich ausschließlich auf die Untersuchung und Dokumentation des Instandhaltungsobjekts und trägt nicht auf direktem Wege zur Erhaltung der Funktionsfähigkeit eines Bau- oder Anlagenteils bei [[Schr05] S.31]. Durch die Ermittlung des aktuellen Objektzustands sowie der Abnutzungsursachen liefert die Inspektion jedoch Informationsgrundlagen zur frühzeitigen Ableitung notwendiger Maßnahmen [[Sche10] S.23]. Entsprechend häufig geht die Inspektion einer Wartungs-, Instandsetzungs- oder Verbesserungsmaßnahme voraus

[[Schr05] S.31]. Bei regelmäßiger Feststellung und Beurteilung des Zustands ist es demnach möglich, Mängel vor Ausfall des Bau- oder Anlagenteils zu erkennen und mögliche Schäden und Folgeschäden zu verhindern [[VDI2890] S. 2].

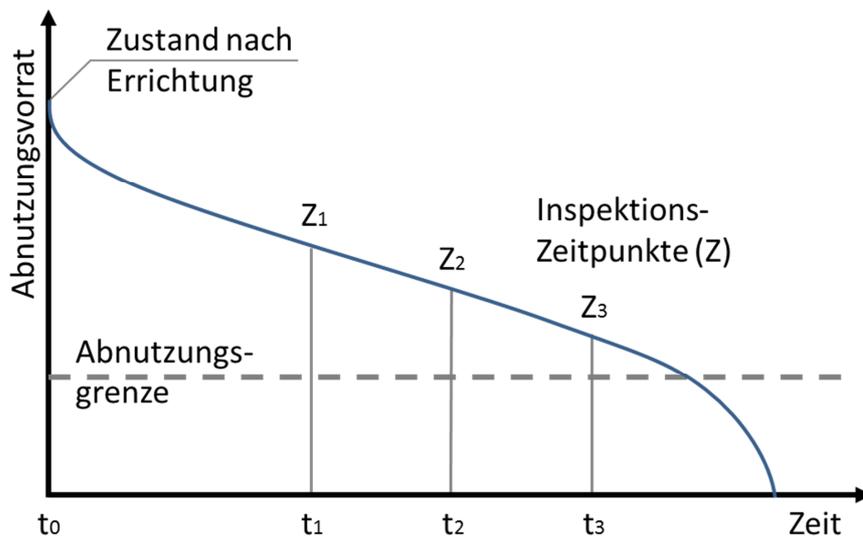


Abbildung 2-4: Inspektionen im Verlauf der Abnutzung in Anlehnung an Klingenberg [Klin07] S.29]

Durch dieses Vorgehen gewährleistet die Inspektion nicht nur die rechtzeitige Maßnahmendurchführung und ermöglicht die Wahl des optimalen Umsetzungszeitpunkts, sondern minimiert zudem die potenzielle und tatsächliche Ausfallzeit des Objekts [VDI2890] S.2]. Dieser vorbeugende Charakter macht sie ebenfalls zu einer Maßnahme der präventiven Instandhaltung [[DIN13306] S.6], [[DIN15331] S.6], [[Homa98] S.315].

### 2.4.3 Instandsetzung

Eine Instandsetzung ist gemäß DIN 31051:2012-09 eine „*Physische Maßnahme, die ausgeführt wird, um die Funktion einer fehlerhaften Einheit wiederherzustellen*“ [[DIN31051] S.6]. Die aufgeführte „*Funktionswiederherstellung einer fehlerhaften Einheit*“ bedingt, dass der Abnutzungsvorrat eines Bau- oder Anlagenteils durch eine Instandsetzungsmaßnahme maßgeblich, im besten Falle bis auf das Ursprungsniveau bei Ersterrichtung der Anlage<sup>38</sup>, angehoben wird.

Da die Instandsetzung in der Regel erst zum Zeitpunkt einer drohenden oder bereits erfolgten Schädigung des Instandhaltungsobjekts durchgeführt wird, zählt sie, im Gegensatz zur Wartung und Inspektion, nicht zu den präventiven, sondern zu den korrektiven Instandhaltungsmaßnahmen [[DIN60300] S.8], [[DIN15331] S.6]. Während die GEFMA die Instandsetzung in ihren frühen Entwürfen der Richtlinien 108 und 122 [GEFMA108], [GEFMA122] nochmals in „kleine“ und „große“ Maßnahmen unterteilt hat, verzichtet die DIN 31051 nunmehr auf eine entsprechende Differenzierung. In Abbildung 2-5 ist der Verlauf der Abnutzungskurve in Abhängigkeit zu verschiedenen Instandsetzungszeitpunkten dargestellt [[Klin07] S.27].

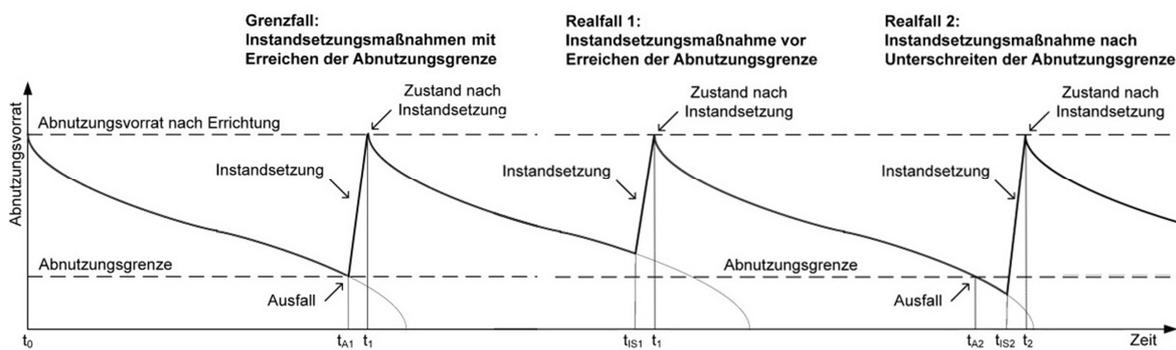


Abbildung 2-5: Einfluss der Instandsetzung auf die Abnutzung nach Klingenberg [[Klin07] S.27]

<sup>38</sup> Abnutzungsvorrat bei Errichtung = 100%, vgl. auch Kapitel 2.1.

## 2.4.4 Verbesserung

Die Verbesserung wird in der DIN 31051:2012-09 als die „Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements, zur Steigerung der Zuverlässigkeit und /oder Instandhaltbarkeit und/oder Sicherheit einer Einheit, ohne ihre ursprüngliche Funktion zu ändern“ definiert [[DIN31051] S.6]. Folglich optimieren Verbesserungsmaßnahmen den Funktionszustand eines Instandhaltungsobjekts und beseitigen dessen Schwachstellen [[Schr05] S.39].

Ähnlich wie durch eine Instandsetzungsmaßnahme lässt sich der Abnutzungsvorrat eines Instandhaltungsobjekts durch eine Verbesserungsmaßnahme erhöhen. Im Unterschied zur Instandsetzung erhöht die Verbesserung den Abnutzungsvorrat über das ursprüngliche Ausgangsniveau hinaus auf eine neue höhere Ausgangsstufe (vgl. Abbildung 2-6). Aus diesem Grund wird in der Literatur im Zusammenhang mit der Verbesserung häufig von einer perfektiven Instandhaltungsmaßnahme gesprochen [Enge03].

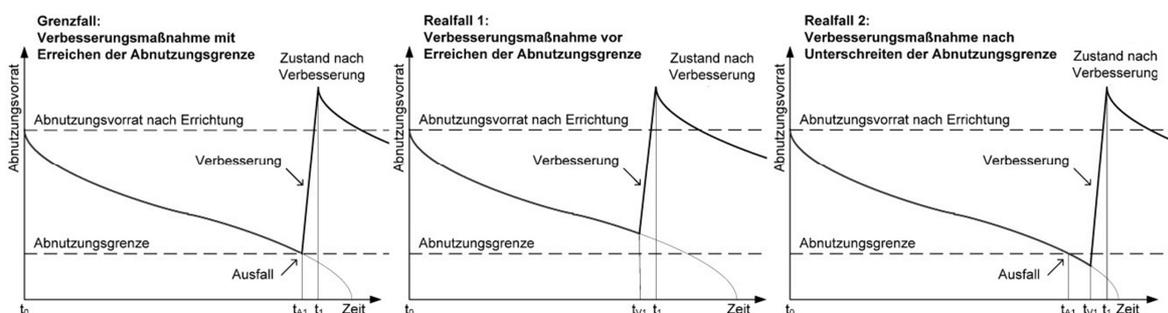


Abbildung 2-6: Einfluss der Verbesserung auf die Abnutzung nach Klingenberg [[Klin07] S.29]

## 2.5 Instandhaltung als Teil der Lebenszykluskosten

Der Begriff Lebenszyklus findet allgemeine Verwendung zur Beschreibung des Zeitraums von der Entstehung einer Sache bis zum Ende ihrer Existenz [[Hard10] S.9]. Wenngleich sich die Lebenszyklusdarstellungen für Immobilien in ihrer Detaillierung und Bezeichnung partiell unterscheiden, vereint sie das Ziel, Abschnitte oder die Gesamtheit der Existenz einer betrachteten Einheit zu strukturieren und modellhaft abzubilden [[Hard10] S.9]. In Bezug auf Immobilien wird der Lebenszyklus, bei vereinfachter Darstellung, vielfach in die fünf Lebenszyklusphasen der „Konzeption“, „Planung“, „Ausführung“, „Nutzung“ sowie des „Rückbaus bzw. Abbruchs“ untergliedert (vgl. Abbildung 2-7). Die phasenübergreifend wirksamen Lebenszykluskosten beinhalten sämtliche Kosten, die im Zusammenhang mit der Immobilie ab ihrer Erstellung bis zu ihrem Abriss anfallen (siehe auch [VDI2067]). Die zeitlich wie auch wirtschaftlich bedeutendste Periode im Immobilienlebenszyklus stellt die Nutzungsphase dar [[Hard10] S.12].

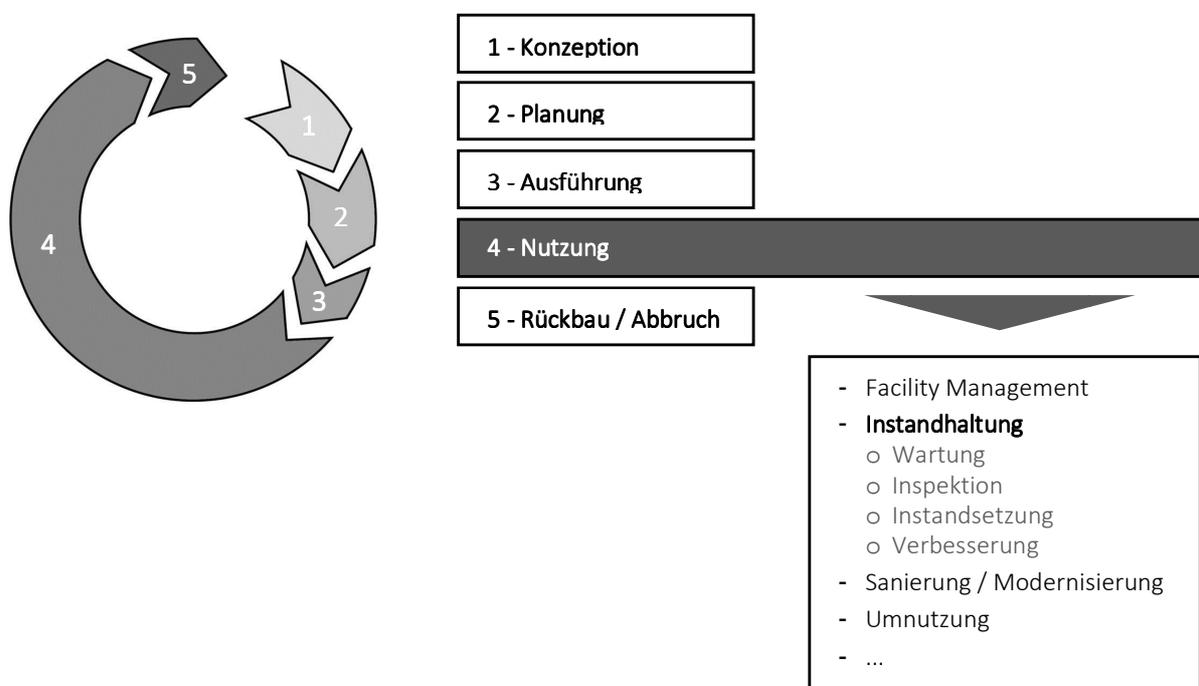


Abbildung 2-7: Einordnung der Instandhaltungskosten (IHK) im Lebenszyklus einer Immobilie

Während der Nutzungsphase der Immobilie fallen Nutzungskosten an. Die DIN 18960:2008-02 definiert diese für den Hochbau als „*alle in baulichen Anlagen und deren Grundstücken entstehenden regelmäßig und unregelmäßig wiederkehrenden Kosten von Beginn ihrer Nutzbarkeit bis zu ihrer Beseitigung*“ [[DIN18960] S.4]. Die Norm führt ferner aus, dass Nutzungskosten grundsätzlich als gebäudeabhängige Aufwendungen zu verstehen und daher, soweit möglich, von betriebspezifischen und produktbedingten Personal- und Sachkosten abzugrenzen sind [[DIN18960] S.4]. Diese Vorgabe lässt sich in der Praxis nicht immer uneingeschränkt umsetzen [[BKI11] S.16]. Da die Instandhaltungskosten gebäudetechnischer Anlagen grundsätzlich den beiden vorab aufgeführten Definitionen entsprechen, stellen sie folgerichtig einen Teil der Immobiliennutzungskosten dar.

Die Folgekosten der Immobiliennutzung werden in der DIN 18960:2008-02 wie folgt in die vier Nutzungskostengruppen Kapitalkosten, Objektmanagementkosten, Betriebskosten und Instandsetzungskosten unterteilt [[DIN18960] S.7]. Unter den instandhaltungstechnischen Gesichtspunkten dieser Arbeit sind insbesondere die aufgeführten Objektmanagementkosten, Betriebskosten und Instandsetzungskosten von Interesse, da diese die Instandhaltungsaufwendungen der Wartung, Inspektion und Instandsetzung nach DIN 31051:2012-09 beinhalten (vgl. Kapitel 2.4). Die Nutzungskostengruppen der DIN 18960:2008-02 nehmen keinen unmittelbaren Bezug auf die Maßnahmendifferenzierung der DIN 31051:2012-09. Dennoch werden in ihrer Struktur alle anfallenden Kosten der Instandhaltung mit Ausnahme der Verbesserungsaufwendungen abgebildet. Während die Objektmanagementkosten<sup>39</sup> die Personalkosten für technische, kaufmännische und infrastrukturelle Eigen- und Fremdmanagementleistungen sowie Sachkosten umfassen [[BKI11] S.13], beinhalten die Betriebskosten u. a. die Aufwendungen der Bedienung, Wartung und Inspektion der gebäudetechnischen Anlagen [[DIN18960] S.10]. Die Instandsetzungskosten sind hingegen in der Kostengruppe 400 verortet (vgl. Abbildung 2-8).

---

<sup>39</sup> In früheren Versionen als Verwaltungskosten aufgeführt

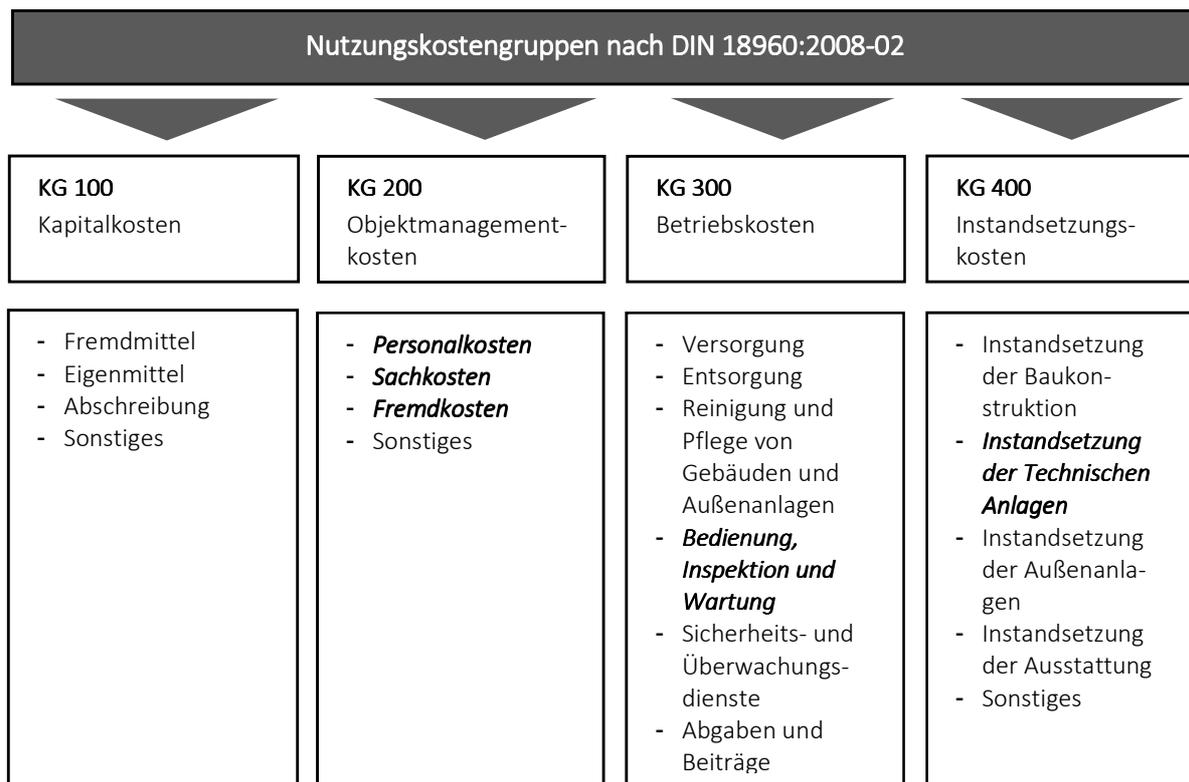


Abbildung 2-8: Darstellung der Kostengruppenstruktur der Nutzungskosten nach DIN 18960:2008-02

Die Verbesserungsmaßnahmen nach DIN 31051:2012-09 werden hingegen in keiner der vier Nutzungskostengruppen aufgeführt. Wenngleich dies in der Instandhaltungspraxis bisweilen zu Problemen bei der ganzheitlichen Organisation, Kalkulation und Dokumentation der Instandhaltungskosten führt, spielt der Sachverhalt für die vorliegende Arbeit nur eine untergeordnete Rolle, da die Kosten der Verbesserung ausdrücklich nicht Gegenstand der wissenschaftlichen Untersuchungen sind. Vielmehr konzentriert sich die Untersuchung entsprechend der öffentlichen, finanztechnischen Differenzierung von Verwaltungshaushalt (beinhaltet Inspektions-, Wartungs-, und Instandsetzungsmaßnahmen) und Vermögenshaushalt (beinhaltet die Mehrzahl aller Verbesserungsmaßnahmen) ausschließlich auf die dem Verwaltungshaushalt zugeordneten jährlichen Instandhaltungskosten.

Zur weiteren Differenzierung werden die Instandhaltungskosten in der Praxis vielfach in direkte und indirekte Kosten unterteilt [[VDI2896] S.6]. Wenngleich diese Unterscheidung bisher vornehmlich im Bereich der betrieblichen Instandhaltung zur Anwendung kommt, kann sie problemlos auch auf die Instandhaltung der technischen Gebäudeausrüstung übertragen werden.

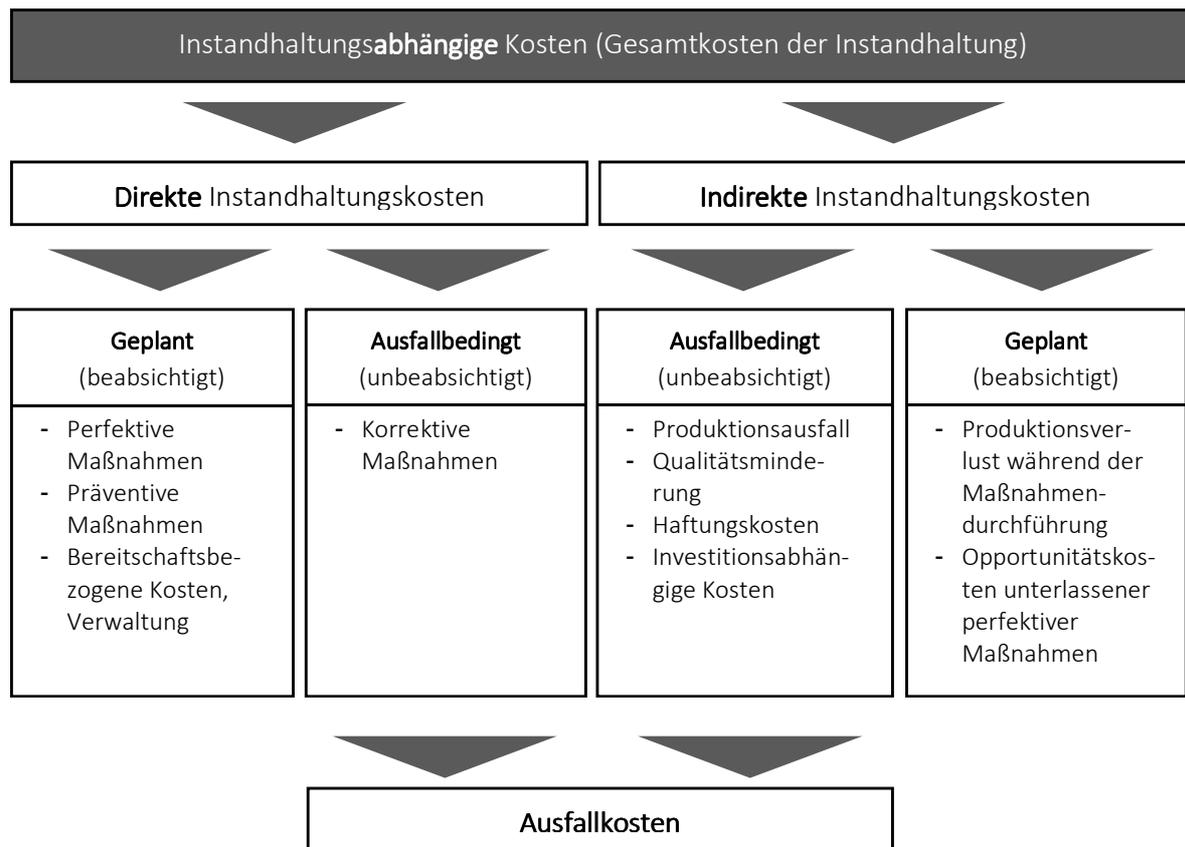


Abbildung 2-9: Systematisierung der direkten und indirekten IHK nach Engels-Lindemann [Enge03]

Die *direkten* Instandhaltungskosten umfassen aktivitäts- und bereitschaftsbezogene Kosten für perfektive, präventive und korrektive Maßnahmen sowie die Instandhaltungsverwaltung [[Behr94] S.25]. Zur präziseren Abgrenzung der direkten Instandhaltungskosten untereinander erfolgt gewöhnlich eine weitere Differenzierung der Kosten in Personal-, Fremdleistungs-, und Materialkosten. [[Heck80] S.89], [[ADAM89] S.111ff]. Die Personal- bzw. Eigenleis-

tungskosten umfassen die Aufwendungen des eigenen Instandhaltungspersonals, während die Fremdleistungskosten die Personalkosten der gegebenenfalls beauftragten Fremdfirmen beinhalten. Unter Materialkosten fallen sämtliche Ausgaben für Ersatzteile, Hilfs- und Betriebsstoffe sowie Betriebsmittel, die den Instandhaltungsmaßnahmen zuzuordnen sind. Die entsprechende Zuordnung der direkten Instandhaltungskosten unter Berücksichtigung einer aufgaben- und kostenartenbezogenen Gliederung ist nachfolgend aufgeführt:

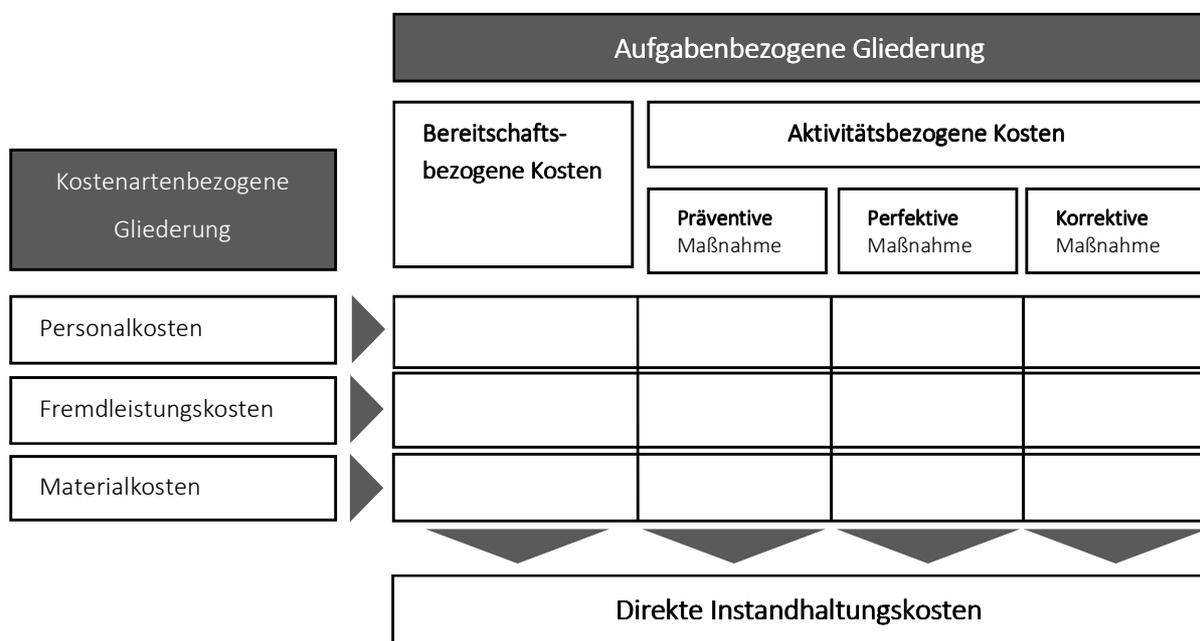


Abbildung 2-10: Kostenarten- und aufgabenbezogene Gliederung der direkten IHK nach Engels-Lindemann [Enge03]

Nach ENGELS-LINDEMANN umfassen die *indirekten* Instandhaltungskosten neben den ausfallbedingten Verlusten durch Produktionsstopp, Qualitätsminderung, Haftung oder Investition, auch so genannte geplante Kosten für den Produktionsverlust während der Maßnahmendurchführung sowie entgangene Einsparungen unterlassener perfekter Maßnahmen [Enge03]. Wenngleich die Gliederung ihren Ursprung in der betrieblichen Instandhaltung hat, sind die Inhalte doch weitestgehend auf die Instandhaltung gebäudetechnischer Anlagen übertragbar. In der Praxis der Immobilieninstandhaltung werden

indirekte Instandhaltungskosten indes zumeist nicht erfasst [Enge03]. Dies liegt vornehmlich an der hohen Komplexität der zugrunde liegenden Wirkzusammenhänge und der Tatsache, dass die Konsequenzen der getroffenen Instandhaltungsentscheidungen erst zeitlich verzögert sichtbar werden [[Peit80] S.26]. Eine präzise Bemessung der indirekten Instandhaltungskosten ist demnach kaum zu realisieren. Aus diesem Grund sind im Rahmen der vorliegenden wissenschaftlichen Arbeit ausschließlich die direkten Instandhaltungskosten Gegenstand der Untersuchung.

## 2.6 Grundlagen der Instandhaltungsbudgetierung

### 2.6.1 Kennzahlen und Prognosen

Die prospektive monetäre Budgetierung von Instandhaltungsmaßnahmen der technischen Gebäudeausstattung ist für Eigentümer großer Immobilienbestände von maßgeblicher Bedeutung [[Dilg91] S.5]. Eine adäquate und belastbare Budgetbestimmung bedingt jedoch ein fundiertes empirisches Wissen über instandhaltungsrelevante Abhängigkeiten, Einflussgrößen und monetäre Aufwendungen, um zukünftige Kostenentwicklungen realitätsnah und wahrheitsgetreu abbilden zu können. Auf Grundlage einer entsprechend belastbaren Informationsbasis lassen sich immobilienbezogene Kennzahlen<sup>40</sup> ableiten, die in der Folge wahlweise zur rückblickenden, vergleichenden Quantifizierung entstandener oder zur vorausschauenden Festlegung zukünftiger Aufwendungen dienen können [[Bahr08] S.26] [[Bied85] S.8] [[DIN15341] S8ff]. Der Begriff der Kennzahl ist hierbei nicht einheitlich definiert und wird regelmäßig durch weitere Bezeichnungen wie z. B. Kennziffer, Richtzahl, Kontrollzahl, Standardzahl, Ratio oder Messzahl substituiert [[Bied85] S.8]. Die Kennzahlverwendung zur Vorhersage zukünftiger Vorgänge auf Basis vergangenheitsorientierter Daten wird gemeinhin als Prognose<sup>41</sup> bezeichnet

---

<sup>40</sup> Kennzahlen dienen der „... Zusammenfassung von quantitativen, d.h. in Zahlen ausdrückbaren Informationen für den innerbetrieblichen und zwischenbetrieblichen Vergleich“ [Gabl09].

<sup>41</sup> griechisch prógnōsis = das Vorherwissen

[Gabl09]. In der Literatur und in der Berufspraxis werden kennzahlbasierte Prognosen als allgemein anerkannte Kalkulationshilfen zur Instandhaltungsbudgetierung gebäudetechnischer Anlagen aufgeführt<sup>42</sup>. Ungeachtet ihrer weitläufigen Verwendung in der Instandhaltungsplanung und -budgetierung bleibt jedoch zu beachten, dass (kennzahlbasierten) Prognosen grundsätzlich immer ein gewisses Maß an Unsicherheit anhaftet [[Kalu91] S.179]. Bei der Kennzahlverwendung wird zwischen der absoluten und relativen Ausprägungsform unterschieden. Während absolute Kennzahlen mittels Gesamtsummen, Durchschnittswerten oder Differenzen eine „totale“ Vorstellung über Größe, Umfang oder Höhe vermitteln, beinhalten relative Kennzahlen als Verhältniszahlen einen weitaus höheren Informationsgehalt [[Bahr08] S.27]. So lassen sich mit Hilfe relativer Kennzahlen (in Form von Gliederungszahlen, Beziehungszahlen und Indexzahlen) auch solche Zusammenhänge erkennen, die auf Basis absoluter Kennzahlen nicht nachweisbar wären [[Bied85] S.8]. Erhoben werden Kennzahlen vorrangig im Rahmen so genannter Benchmarking<sup>43</sup> Aktivitäten oder auf Grundlage empirischer Datenanalysen wissenschaftlicher oder unternehmerischer Natur. Als Voraussetzung für die erfolgreiche Kennzahlverwendung bedarf es der eindeutigen Definition und Abgrenzung der angewandten Erhebungsstandards zur Bildung der Datengrundlage sowie der korrespondierenden Bezugsgrößen. [[Grün72] S.13]. Jeder Kennzahl muss demnach grundsätzlich eine Vorschrift zur quantitativen, reproduzierbaren Messung ihrer Größe, ihres Zustands oder Vorgangs zu einem definierten Zeitpunkt zugrunde liegen. Die Notwendigkeit einer entsprechend einheitlichen Definition, Bildung und Verwendung immobilienbezogener Daten und Kennwerte hat in den vergangenen Jahren zu verschiedenen Standardisierungsbemühungen geführt. Das Deutsche Institut für

---

<sup>42</sup> Der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) als auch die Arbeitsgemeinschaft Industriebau e. V. (AGI) verweisen darauf, dass Kennzahlen im Bereich der Instandhaltung eine geeignete Basis zur Kostenkalkulation darstellen können [[VDI2893] S.2], [[AGI08] S.1].

<sup>43</sup> Benchmarking gilt als Instrument der Wettbewerbsanalyse und wird gemeinhin als ein „kontinuierlicher Vergleich von Produkten, Dienstleistungen sowie Prozessen und Methoden mit (mehreren) Unternehmen, um die Leistungslücke zum sog. Klassenbesten (Unternehmen, die Prozesse, Methoden etc. hervorragend beherrschen) systematisch zu schließen“ definiert [Gabl09].

Normung (DIN) hat hierzu jüngst die aktualisierte Fassung der DIN EN 15221-7:2013-01 „Facility Management - Teil 7: Leitlinien für das Leistungs-Benchmarking“ [DIN15221] veröffentlicht, die umfassende Definitionen und Erläuterungen verschiedener Benchmarking-Arten, des Benchmarking-Prozesses sowie der Kennzahlerhebung im Bereich des Facility Managements und somit auch der Instandhaltung beinhaltet. Des Weiteren engagiert sich der Arbeitskreis „Geislinger Konvention“, bestehend aus der Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen sowie einflussreichen Kräften der Wohnungswirtschaft<sup>44</sup> bei der Erarbeitung eines normierten Vergleichs von Immobilienkennzahlen im Wohnungsbau. Erklärtes Ziel des Arbeitskreises ist es, Leistungs- und Kostentransparenz zu fördern [HfWU13]. Inhaltlich gliedern die Verfasser die Konvention in die drei Teile *Strukturdaten*, *Betriebskostenarten* sowie *Berechnungs- und Auswertungsmethoden*. Jedem der drei Teile sind Listen zugeordnet, die als Grundlage eines genormten Benchmarkingprozesses, verschiedene Angaben u. a. zur Datenstruktur und -zuordnung, der Erhebungsart, der Kostenabgrenzung und der Auswertungsmethodik festlegen. Ungeachtet der aktuellen Normierungsbestrebungen, stellt das standardisierte Vorgehen bei der Erhebung und dem Vergleich immobilienbezogener Kennzahlen in der Praxis bis dato jedoch eine Seltenheit dar.

## 2.6.2 Der analytische Budgetierungsansatz

Neben der Quantität und Qualität der verwendeten Datenbasis beeinflusst die Wahl des verwendeten Kalkulationsmodells die zu erwartende Prognosegenauigkeit [Rieg04] S.13]. In Bezug auf die Instandhaltung großer Portfolien werden in der Literatur mehrheitlich drei Budgetierungsverfahren als weithin verbreitete Prognosemodelle aufgeführt: Die historienbasierten, die wertorientierten und die analytischen Budgetierungsverfahren<sup>45</sup>. Die Funktionsweise der drei Verfahrensmodelle sowie deren unterschiedlichen Ausprägungsfor-

---

<sup>44</sup> Verbände der Immobilienwirtschaft, wohnungswirtschaftliche Dienstleister und Immobilienunternehmen

<sup>45</sup> Die ebenfalls etablierte *Budgetierung durch Zustandsbeschreibung* gilt für die Budgetbestimmung großer Portfolien aufgrund ihres vergleichsweise hohen Zeit- und Kostenaufwands als ungeeignet.

men wurden bereits 2008 und 2010 durch BAHR und HARDKOP erschöpfend beschrieben [Bahr08] S.30ff], [[Hard10] S.55ff]. Infolge dessen wird an dieser Stelle auf eine erneute dezidierte Darstellung aller Verfahren verzichtet und nachfolgend der analytische Modellansatz weiterführend erörtert. Dieser führt, gemäß den Untersuchungsergebnissen von BAHR, zu den belastbarsten Ergebnissen bei der Bestimmung der notwendigen Instandhaltungsaufwendungen [[Bahr08] S.64f]. Dies liegt insbesondere in der wesentlich differenzierteren Funktionsweise der analytischen Kalkulationsmodelle begründet. So berücksichtigen diese im Gegensatz zu den simplen, kennzahlbasierten und wertorientierten Prognosemodellen verschiedene gebäude- bzw. anlagenspezifische Variablen<sup>46</sup>, die maßgeblichen Einfluss auf die Höhe der zu erwartenden Instandhaltungsaufwendungen nehmen können [[Bahr08] S.41]. Die individuelle Ausführungsform und Funktionsweise der analytischen Verfahren in Bezug auf ihre Berechnungsgrundlage sowie die Wahl und Anzahl der berücksichtigten Variablen unterscheiden sich mitunter stark. Im Rahmen der von BAHR durchgeführten Validierung bestehender Modelle konnten insbesondere jene analytischen Verfahren<sup>47</sup> überzeugen, die auf der wertorientierten Kalkulationsmethode aufbauen und den Wiederbeschaffungswert als Berechnungsgrundlage verwenden. Die Funktionsweise setzt einen linearen Wirkzusammenhang zwischen dem Wert eines Instandhaltungsobjekts sowie den resultierenden Instandhaltungsaufwendungen voraus. Ein erhöhter Gebäude- bzw. Anlagenwert führt demnach in der Mehrzahl aller Fälle auch zu erhöhten Instandhaltungskosten<sup>48</sup>. Die Vorteilhaftigkeit des Wiederbeschaffungswerts (WBW) als Berechnungsgrundlage hat sich in dem von BAHR entwickelten PABI - Verfahren (**P**raxisorientierte, **A**daptive **B**udgetierung von Instandhaltungsmaßnahmen) bestätigt. Der WBW entspricht laut VDI dem „Wert, zu dem ein Vermögensgegenstand am Bilanzstichtag wieder beschafft werden könnte“ [[VDI2893] S.21]. Die KGSt präzisiert den Begriff weiterge-

---

<sup>46</sup> Hierzu zählen beispielsweise das Gebäude- bzw. Anlagenalter, die Gebäude- bzw. Anlagenkomplexität oder die Nutzungsintensität

<sup>47</sup> z. B. das Verfahren nach Naber, AMEV, der Kommunalen Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsmanagement (KGSt) sowie das Berliner Verfahren [Bahr08] S.105]

<sup>48</sup> Ausnahmen werden im analytischen Verfahren durch Gewichtungsfaktoren ausgeglichen.

hend und definiert den WBW als den Betrag, der „...für die Wiederbeschaffung oder Wiederherstellung (Ersatz / Erneuerung) von Objekten gleicher Leistungsfähigkeit im Zeitpunkt der Bewertung aufzuwenden wäre“ [KGSt09]. Die Ermittlung des Wiederbeschaffungswerts erfolgt in der Regel auf Basis des dokumentierten Herstellungswerts<sup>49</sup> bzw. der Herstellungskosten zum Errichtungszeitpunkt eines Gebäudes oder einer Anlage. Der Ermittlungsstichtag kann, je nach Anforderung, frei in der Zeitspanne seit Fertigstellung des Instandhaltungsobjekts bis zum tagesaktuellen Datum definiert werden. Die vom Herstellungszeitpunkt abweichende Kostenbestimmung wird in Form einer Kostenindizierung mit Hilfe des regelmäßig veröffentlichten Baupreisindex (BPI) des Statistischen Bundesamts durchgeführt<sup>50</sup>. Der BPI stellt die notwendigen Informationen zur Baupreisentwicklung der vergangenen Jahrzehnte in tabellarischer Form zur Verfügung (vgl. Anlage 2). Die Indizierung der Herstellungswerte erfolgt auf Basis des nachfolgend aufgeführten Rechengvorgangs [[AGI08] S.2]:

$$WBW(t_2) = \frac{HK(t_1) \cdot BPI(t_2)}{BPI(t_1)} \tag{2.1}$$

WBW	Wiederbeschaffungswert in Euro
HK	Herstellungskosten in Euro
BPI	Baupreisindex
t <sub>1</sub>	Jahr der Gebäudeerstellung
t <sub>2</sub>	beliebiges Jahr

---

<sup>49</sup> Der Herstellungswert einer Immobilie entspricht definitorisch „...der Summe der bei der Herstellung ... angefallenen Material- und Fertigungseinzelkosten zuzüglich der unmittelbar zurechenbaren Material- und Fertigungsgemeinkosten“ [OnVe10].

<sup>50</sup> Zur Ermittlung des BPI erhebt das Statistische Bundesamt im dreimonatigen Turnus - in den Monaten Februar, Mai, August und November – die aktuellen Preise von ca. 5.000 repräsentativen Unternehmen der Bauwirtschaft [Dest12].

Kalkulationsbasis der wertorientierten analytischen Budgetierungsansätze bildet die Multiplikation des Wiederbeschaffungswerts mit einem festgelegten korrespondierenden Jahresrichtsatz in Prozent (analog den wertorientierten Verfahren). Entscheidend erweitert und differenziert wird die wertorientierte Kalkulationsbasis im analytischen Verfahren durch die zusätzliche Berücksichtigung der bereits erwähnten gebäude- bzw. anlagespezifischen Variablen. Die Berücksichtigung der Variablen erfolgt durch die Integration sogenannter Korrektur- bzw. Gewichtungsfaktoren (vgl. Kapitel 5.1). Anwendungsvoraussetzung aller analytischen Verfahren stellt die Verfügbarkeit entsprechend spezifizierter Informationen zur Auswahl der geeigneten Gewichtungsfaktoren dar. Nach erfolgreicher Erhebung der notwendigen Daten ist der eigentliche Ermittlungsaufwand des Instandhaltungsetats auf Grundlage des analytischen Verfahrens laut BAHR nur unwesentlich höher, als beispielsweise bei den wertorientierten Verfahren [[Bahr08] S.41]. Ein weiterer Vorteil liegt im modularen Aufbau des analytischen Verfahrens, der es ermöglicht, den Aufwand und die Genauigkeit des Ergebnisses variabel zu skalieren und auf diesem Wege den aktuellen Anforderungen anzupassen [[Rieg04] S.16]. Angesichts der aufgeführten Vorteile des analytischen Budgetierungsansatzes wird dessen Funktionsweise als Basis der nachfolgenden Verfahrensentwicklungsschritte zur Budgetierung gebäudetechnischer Anlagen übernommen.

## 3 Analyse bestehender Datenquellen

### 3.1 Anforderung an die Kostenquellen

Die Präzision einer jeden Prognose hängt von der Qualität und Quantität der ihr zugrunde liegenden Daten, vom angestrebten Vorhersagezeitraum sowie der Beständigkeit der begleitenden Rahmenbedingungen ab [[Bahr08] S.26]. Um die zukünftige Instandhaltungsbudgetierung gebäudetechnischer Anlagen der öffentlichen Hand belastbarer und präziser zu gestalten, bedarf es demzufolge qualitativ und quantitativ hochwertiger Daten- und Kostenquellen, auf deren Basis umfassende instandhaltungsspezifische Informationen gewonnen und umfangreiche Analysen zur Identifikation von Einflüssen und Abhängigkeiten durchgeführt werden können. Hierbei ist es von besonderer Bedeutung die Datenerhebung auf eindeutigen Regeln in Bezug auf die System- und Kostenabgrenzung zu gründen (vgl. Kapitel 2.6.1). Zudem gilt es, eine bestmögliche Datenqualität, -quantität und -differenzierung bereitzustellen, und diese durch eingehende Plausibilitäts- und Qualitätsprüfungen zu sichern. Darüber hinaus ist ein größtmöglicher Erfassungszeitraum der empirischen Daten anzustreben. Erst das Zusammenspiel aller vorab aufgeführten Eigenschaften führt zu einer geeigneten wissenschaftlichen Datenbasis für eine verbesserte Instandhaltungsbudgetierung gebäudetechnischer Anlagen. Obwohl die Notwendigkeit transparenter und hochwertiger Datengrundlagen bereits frühzeitig erkannt wurde, standen der Allgemeinheit über viele Jahre hinweg keine hinreichend zweckdienlichen Informationen zur Verfügung [[BKI11] S.6]. Bis zum Jahr 2006 wurden entsprechende Kosteninformationen nur durch wenige Institutionen und in sehr geringem Ausmaß erhoben, und selten der breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht [WoCo13]. Einhergehend mit den Standardisierungsbemühungen der immobilienbezogenen Datenerhebung (vgl. Kapitel 2.6.1) findet jedoch seit einigen Jahren ein bemerkenswerter Wandel statt. Verschiedene Institutionen<sup>51</sup> entwickeln vermehrt systematisierte Datenerfassungs- und Auswertungsverfahren mit Immobilien-

---

<sup>51</sup> Privatanbieter als auch Institutionen aus dem öffentlich wissenschaftlichen Sektor

bezug. Angesichts der vergleichsweise kurzen Zeit steht der Aufbau der Datenquellen, insbesondere in Bezug auf Instandhaltungsspezifische Inhalte, noch am Beginn seiner Entwicklung. Infolgedessen ist anzunehmen, dass die aktuellen Datenpools hinsichtlich ihrer Eignung zur Ermittlung belastbarer Instandhaltungsbudgets erheblich variieren. Inwieweit einzelne dennoch als potenzielle Kostenquellen zur Weiterentwicklung der Instandhaltungsbudgetierung gebäudetechnischer Anlagen geeignet sind, soll anhand verschiedener Bestandskostenquellen untersucht werden (vgl. Kapitel 3.2). Als Grundlage der Eignungsanalyse dienen die in Tabelle 3-1 aufgelisteten Anforderungen an eine optimierte Datengrundlage zur Entwicklung des Budgetierungsverfahrens:

Tabelle 3-1: Anforderungen an potenzielle Kostenquellen

Anforderungsprofil an potenzielle Kostenquellen zur Entwicklung eines Budgetierungsverfahrens für gebäudetechnische Anlagen der öffentlichen Hand	
Nr.	Anforderung
1	Transparente und belastbare Angaben zur Erhebungsmethodik
2	Eindeutige und transparente Festlegung der Systemgrenzen und der Kostenstruktur im Rahmen der Erhebung
3	Eindeutige begriffliche und definitorische Festlegung der System- und Auswertungsinhalte im Rahmen der Erhebung
4	Sicherstellung bestmöglicher Datenqualität hinsichtlich der Konsistenz, Datentiefe und Vollständigkeit (Durchführung von Plausibilitätsprüfungen, Beschreibung der Datenpoolspezifikationen)
5	Bereitstellung größtmöglicher Quantität in Bezug auf die Instandhaltungskosten der technischen Gebäudeausrüstung öffentlicher Gebäude
6	Bereitstellung ausreichender Datendifferenzierung bezogen auf die Kostengruppe 400 der DIN 276 und die einzelnen Maßnahmen der Instandhaltung nach DIN 31051
7	Bereitstellung der größtmöglichen Datenerfassungsspanne (z. B. um altersbedingte Entwicklungen abbilden zu können)
8	Berücksichtigung / Bewertung der Angemessenheit der dokumentierten Instandhaltungsaufwendungen

## 3.2 Untersuchung bestehender Kostenquellen

Nachfolgend werden die Bestandsdaten des BKI - Baukosteninformationssystems, der PLAKODA - Planungs- und Kostendaten, des OSCAR - Office Service Analysis Reports, des fm.benchmarking Berichts, des iSCORE / WohnCom – Benchmarkings und des RealisBench® - Benchmarkings anhand der in Tabelle 3-1 formulierten Anforderungen auf ihre Eignung als Forschungsbasis untersucht. Das Evaluationsergebnis wird abschließend in einer Matrix am Ende des Kapitels dargestellt (vgl. Tabelle 3-6).

### 3.2.1 BKI - Baukosteninformationssystem

Im Jahr 2010 veröffentlichte das Baukosteninformationssystem Deutscher Architektenkammern (BKI) erstmalig einen Informationsband zu Gebäudenutzungskosten mit aktuellen Kostenkennwerten für Bestandsimmobilien der öffentlichen Hand [BKI10]. Laut BKI wurde durch die Publikation des Bands „Objektdaten NK1“ der lange bestehenden Forderung nachgekommen, einem großen Fachpublikum aus Praktikern und Wissenschaftlern empirische Kostenkennwerte real existierender Objekte zur Verfügung zu stellen [[BKI11] S.6].

Aufgrund der positiven Resonanz wurde die Veröffentlichung seither durch drei weitere Informationsbände, NK2, NK3 und NK4 ergänzt [BKI11], [BKI12a], [BKI12b]. Die Begriffsdefinitionen, normativen Verweise und die Gliederung der aufgeführten Nutzungskosten des BKI orientieren sich an den Vorgaben der DIN 18960:2008-02 - *Nutzungskosten im Hochbau* [DIN18960]. Die Instandhaltungskosten gebäudetechnischer Anlagen stellen folglich einen Teil der Nutzungskosten dar (vgl. auch Kapitel 2.5). Grundlage der Nutzungskostenuntersuchung des BKI bilden die bauteilorientierte Kostengliederungen der DIN 276-1:2008-12 [DIN 276] in Verbindung mit den Mengen und Bezugseinheiten der DIN 277-3:2005-04 [DIN 277]. Insgesamt enthalten die vier aktuellen Bände des BKI ca. 220 Objektdokumentationen für verschiedenste Gebäudarten der öffentlichen Hand (vgl. Abbildung 3-1), zu denen Nutzungskos-

tenkennwerte für die ausgabewirksamen Kostenarten der Objektmanagementkosten (KG 200), der Betriebskosten (KG 300) sowie der Instandsetzungskosten (KG 400) bis in die zweite Ebene der Gliederung der DIN 18960:2008-02 aufgeführt werden (vgl. Kapitel 2.5).

Das BKI Gesamtportfolio enthält folgende Gebäudearten:

Band NK1:	Band NK2:	Band NK3:	Band NK4:
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Allgemeinbildende Schulen</li> <li>- Berufliche Schulen</li> <li>- Sonderschulen</li> <li>- Kindergärten</li> <li>- Sporthallen</li> <li>- Mehrzweckhallen</li> <li>- Bürogebäude</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Büro- und Verwaltung</li> <li>- Instituts- und Laborgebäude</li> <li>- Schulen</li> <li>- Kindertagesstätten</li> <li>- Sporthallen</li> <li>- Mehrzweckhallen</li> <li>- Feuerwachen</li> <li>- Pflegeheime</li> <li>- Wohnheime</li> <li>- Banken und Sparkassen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kita (1-9 Gruppen)</li> <li>- Kindergärten (1-2 Gruppen)</li> <li>- Kinderkrippen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Büro- und Verwaltung</li> <li>- Allgemeinbildende Schulen</li> <li>- Pflegeheime</li> <li>- Sporthallen</li> <li>- Kindertagesstätten</li> <li>- Wohnhäuser</li> <li>- Bibliotheken</li> <li>- Archive</li> </ul>

Abbildung 3-1: BKI – Übersicht der berücksichtigten Gebäudearten

Sämtliche Kostenangaben werden als Jahreswerte erhoben und enthalten die gültige Umsatz- bzw. Mehrwertsteuer. Die Fortschreibung der Kosten erfolgt gemäß der Empfehlung der DIN18960:2008-02 auf Basis des BPI des Statistischen Bundesamtes [[BKI11] S.26]. Die in Bezug auf die Instandhaltung gebäudetechnischer Anlagen relevanten Kosten führt das BKI in den Kostengruppen 350 „*Bedienung, Inspektion und Wartung*“ und 420 „*Instandsetzung technischer Anlagen*“ auf. Während KG 420 ausschließlich Kosten der technischen Gebäudeausrüstung umfasst, sind in der Kostengruppe 350 „*Bedienung, Inspektion und Wartung*“ mitunter Aufwendungen der Baukonstruktion<sup>52</sup> gelistet. Alle jährlichen Aufwendungen werden als flächenbezogene Kennwerte in €/m<sup>2</sup> BGF sowie als absolute Gebäudejahreswerte in €/a angegeben (vgl. Abbildung 3-2). Der dokumentierte Erhebungszeitraum variiert von 1-5 Jahren und liegt im Schnitt bei ca. 3 Jahren.

<sup>52</sup> z. B. Maler-, Glaser- oder Schlosserarbeiten

Das BKI verweist in seiner Einführung darauf, dass die Daten der Bestandsgebäude zwar mit größtmöglicher Sorgfalt erhoben wurden, die aufgeführten Kosten-, Verbrauchs- und Planungskennwerte jedoch vorrangig als Orientierungshilfe für Projekte bzw. Objekte vergleichbarer Art dienen [[BKI11] S.26]. Das BKI betont weiterhin, dass die Werte im Einzelfall unter Berücksichtigung der projekt- bzw. objektspezifisch unterschiedlichen Kosteneinflussgrößen entsprechend anzupassen sind.

KG	Kostengruppe	Menge Einheit	Kosten €/a	€/Einheit*a	%
350	<b>Bedienung, Inspektion und Wartung</b> Inspektion und Wartung der Technischen Anlagen: Wartung von Aufzügen; Wartung der Brandmeldeanlage; Elektroarbeiten; Wartung von lufttechnischen Anlagen; Inspektion der Heizungsanlage; Wartung der Beleuchtung • Bedienung, Inspektion und Wartung, sonstiges: gärtnerische Arbeiten an Blumenkästen.	7.782,90 m² BGF	28.218	<b>3,63</b>	14,5
	1.Erhebungsjahr	7.782,90 m² BGF	31.156	4,00	
	2.Erhebungsjahr	7.782,90 m² BGF	27.633	3,55	
	3.Erhebungsjahr	7.782,90 m² BGF	25.873	3,32	

**Verteilung Erhebungszeitraum**



420	<b>Instandsetzung der Technischen Anlagen</b> Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen: Instandsetzung von Sanitäranlagen • Lufttechnische Anlagen: Instandsetzung lufttechnischer Anlagen • Starkstromanlagen: Elektroarbeiten • Fernmelde- und informationstechnische Anlagen: Instandsetzung der Brandmeldeanlagen • Förderanlagen: Instandsetzung der Aufzuganlagen.	7.782,90 m² BGF	31.883	<b>4,10</b>	62,6
	1.Erhebungsjahr	7.782,90 m² BGF	59.218	7,61	
	2.Erhebungsjahr	7.782,90 m² BGF	3.131	0,40	
	3.Erhebungsjahr	7.782,90 m² BGF	33.309	4,28	

**Verteilung Erhebungszeitraum**



Abbildung 3-2: BKI – Beispielhafte Darstellung instandhaltungsrelevanter Kostendaten [[BKI11] S.86ff]

Wenngleich die nutzungskostenbezogene Objektdatenbank des BKI eine wichtige Weiterentwicklung der systematischen und belastbaren Erfassung und Bereitstellung instandhaltungsrelevanter Kennwerte und Informationen (insbesondere in Bezug auf Immobilien der öffentlichen Hand) darstellt, weisen ihre Inhalte bis dato noch erhebliche Mängel auf. So verfügen die in den Objektdatenbänden NK1 bis NK4 aufgeführten Kostenwerte als reine Durchschnittswerte nur über eine beschränkte Aussagekraft - insbesondere in Bezug auf portfoliospezifische Eigenschaften, die jedoch maßgeblichen Einfluss auf die Höhe der zukünftig notwendigen Instandhaltungskosten nehmen können. Erfahrungsgemäß weichen die durchschnittsorientierten Ergebnisse daher mitunter erheblich von den realen, jährlichen Kostenaufwendungen ab [[RICS05] S.9]. Erschwerend kommt hinzu, dass die gesamte Datengrundlage der BKI Objektbände auf den Informationen lediglich weniger Stadtverwaltungen<sup>53</sup> basiert, die zudem ausschließlich im Bundesland Baden-Württemberg beheimatet sind. Eine Verallgemeinerung der BKI Informationen für den gesamtdeutschen Bundesbereich kann folglich nicht als sinnvoll erachtet werden. Davon abgesehen weist die aktuelle Informationsbasis große Schwankungen in der Datenkonsistenz (fehlende Werte) als auch der Datentiefe auf. Zudem ist die eindeutige Kostenzuordnung der gebäudetechnischen Anlagen bei der Kostengruppe 350 „*Bedienung, Inspektion und Wartung*“ aufgrund der partiell existenten „Vermengung“ bzw. Kombination von konstruktions- (KG 300 nach DIN 276) und technikbezogenen (KG 400 nach DIN 276) Aufwendungen nicht möglich. Die Kurzbeschreibung der durchgeführten Maßnahmen (vgl. Abbildung 3-2) lässt zwar gegebenenfalls die grobe Einschätzung der Kostenursache zu, eine kostengerechte Zuteilung der Kosten ist jedoch auf Basis der Angaben nicht durchführbar. Eine weitere Schwäche der BKI Nutzungskosten liegt in dem vergleichsweise kurzen Erhebungszeitraum der Informationen. Eine langfristige Kostenentwicklung lässt sich demnach auf Basis der BKI – Inhalte derzeit nicht abbilden.

Einige der aufgeführten Schwächen und Einschränkungen lassen sich gewiss in den kommenden Jahren sukzessive beseitigen. Dies wird die Datengrundlage

---

<sup>53</sup> z. B. Stuttgart, Karlsruhe, Ulm, Backnang, Esslingen etc.

in ihrer Qualität entscheidend verbessern. Die grundsätzlichen Defizite einer reinen, kennzahlbasierten Methodik an sich werden jedoch, bei unveränderter Anwendung, auch zukünftig Bestand haben. Von einer Instandhaltungsbudgetierung ausschließlich auf Basis der BKI Kennwerte ist daher derzeit abzuraten. Dennoch können die BKI - Informationen eine wertvolle Informationsergänzung darstellen, um beispielsweise die analytischen Verfahren kontinuierlich weiter zu verbessern.

### 3.2.2 PLAKODA - Planungs- und Kostendaten

Die Bezeichnung „PLAKODA©“<sup>54</sup> steht als Kurzform für die Planungs- und Kostendaten der Zentralstelle für Bedarfsbemessung und wirtschaftliches Bauen des Landes Baden-Württemberg. Die PLAKODA Datenbankinhalte basieren auf Informationen (z. B. Flächen- und Volumenangaben, Investitions- und Nutzungskosten, Baubeschreibungen, Grafiken etc.) der öffentlichen Hand, die in der Gebäudedatenbank der Länder „LAGUNO©“ erfasst wurden. Eingesetzt wird PLAKODA als Datenverarbeitungsoberfläche, mit deren Hilfe verschiedene so genannte PLAKODA Module gestartet werden können. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konzentriert sich das Interesse ausschließlich auf das im Aufbau befindliche PLAKODA Modul „Nutzungskosten“, das laut Produktbeschreibung im Jahr 2010 zur überschlägigen Ermittlung von Nutzungskosten neuer Projekte entwickelt wurde. Grundlage des PLAKODA Moduls „Nutzungskosten“ bilden derzeit ca. 1.000 Liegenschaften des Bundes und der Länder, zu denen u. a. gebäudespezifische Informationen wie z. B. Fotos, Pläne, Flächen und Rauminhalte<sup>55</sup>, sowie die in den letzten Jahren ermittelten Nutzungskosten zählen. Die Erfassung der Nutzungskosten erfolgt, analog zur Vorgehensweise des BKI, in Form von Durchschnittswerten, angelehnt an die Kostenstruktur der nach DIN 18960:2008-02 (vgl. Kapitel 3.2.1).

---

<sup>54</sup> PLAKODA - **PL**Anungs- und **Kosten-D**aten

<sup>55</sup> gemäß DIN 277 „Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau“

Im Anschluss an die Auswahl relevanter Kriterien<sup>56</sup> wird ein geeignetes Vergleichsportfolio bestimmt, auf dessen Basis entsprechende Nutzungskostenmittelwerte als Vergleichswerte bestimmt werden (vgl. Abbildung 3-3).

**PLAKODA 2010 Nutzungskosten**  
 Projekt Optionen DIN 277 (2005) DIN 18960(2008) Hilfe (F1)

Ort und Bezeichnung: Freiburg / Justizgebäude, Salzstr., mit Tiefgarage  
 Ausw. ONL BWZ BLK Baujahr UG OG: 344 1210 BW 1986 2 4

vorhandene Zusatzinformation:  
 DIN276 2.Ebene  DIN276 3.Ebene   
 Leistungsbereiche  Grafiken   
 Baubeschreibung  Baunutzung   
 Nutzeinheiten  Verbräuche

**Nutzungskosten ( DIN 18960 ) in Euro**  
 die Anzahlen für dieses Objekt beziehen sich auf das Jahr 1999

KG	Bezeichnung	abgerechnet	indiziert
300	Betriebskosten	95.515	107.562
310	Versorgung	26.055	29.341
320	Entsorgung	3.880	4.369
330	Reinigung und Pflege von Gebäuden	57.404	64.644
340	Reinigung und Pflege von Außenanlagen	*	*
350	Bedienung, Inspektion und Wartung	8.176	9.207
360	Sicherheits- und Überwachungsdienste	*	*
370	Abgaben und Beiträge	*	*
390	Betriebskosten, sonstiges	*	*
400	Instandsetzungskosten	20.102	22.637

154 Objekte selektiert davon zur Berechnung ausgewählt: 154

Abbildung 3-3: PLAKODA – Beispielhafte Darstellung der Nutzungskosten auf Einzelobjektebene [VBV12]

Die überschlägige Bestimmung der zu erwartenden Nutzungskosten für ein geplantes Projekt erfolgt aus der Multiplikation des ermittelten Kennwerts und der Planungsgröße (in der Regel bezogen auf die Nutzfläche NF). Das Programm ermöglicht jedoch auch die Bildung weiterer flächenbezogener Kennwerte (z. B. auf Grundlage der BGF, KGF, NGF, TF oder VF vgl. [DIN 277]) bis zur dritten Kostengliederungsstelle. Die fortwährende Aktualität der Berechnung wird über die Indizierung der Kostenkennwerte mit Hilfe des Verbraucherpreisindex (VPI) gewährleistet. Seit der Initiierung des PLAKODA

<sup>56</sup> Bauwerksnutzungsart, Flächengröße, Bundesland o. ä.

Nutzungskosten Moduls im Jahr 2010 wird dieses im Jahresturnus fortgeschrieben und den öffentlichen Verwaltungen der Länder und des Bundes zur Verfügung gestellt. Mit Blick auf die Instandhaltungsbudgetierung gebäudetechnischer Anlagen sind die Schwächen der PLAKODA Datenbankinhalte vergleichbar mit denen der BKI Nutzungskosten (vgl. Kapitel 3.2.1). Dies betrifft insbesondere die bisher mangelhafte Datenquantität und -qualität, die der Tatsache geschuldet ist, dass sich beide Kostenquellen noch im Aufbau befinden. So sind bei praktischen Anwendungstests des PLAKODA Moduls vielfach fehlende Angaben insbesondere in Bezug auf die Kostengruppe 400 „*Instandsetzungskosten*“ festzustellen. Eine tiefergehende Bestimmung der Instandhaltungskosten auf Ebene der Kostengruppe 420 „*Instandhaltung der Technischen Anlagen*“ ist beispielsweise für die Mehrzahl aller Gebäude ausgeschlossen. Positiv zu bewerten sind hingegen die zahlreichen Möglichkeiten, Kostenkennwerte auf Grundlage verschiedener gebäudespezifischer Eigenschaften zu bilden, was zukünftig insbesondere hinsichtlich der geplanten Verbesserung der analytischen Methoden einen Vorteil darstellen kann. Zum jetzigen Zeitpunkt stellen die PLAKODA Nutzungskosten jedoch aufgrund der geringen Anzahl vollständig dokumentierter Objekte sowie der bereits in Kapitel 3.2.1 beschriebenen strukturellen Probleme keine geeignete Datengrundlage zur Instandhaltungsbudgetierung gebäudetechnischer Anlagen dar.

### 3.2.3 OSCAR - Office Service Charge Analysis Report

Der OSCAR<sup>57</sup> wird in Kooperation zwischen der „Jones Lang LaSalle GmbH“ und der „Neumann & Partner – CREIS Real Estate Solution“ erhoben und seit 1996 in jährlichem Turnus veröffentlicht. Das erklärte Ziel der Kooperationspartner besteht darin, „*Büroeigentümern und Büromietern monetäre Anhaltspunkte für die Bewertung der eigenen Kostensituation zu liefern*“ [[JLLS11] S.5]. Grundlage des OSCAR bilden die Aufwandsdaten von mehr als 500 Büroimmobilien mit einer Gesamtfläche von über 6 Mio. m<sup>2</sup>. Bei der Auswertung der erhobenen Daten differenzieren die Verfasser zwischen der Nebenkostenanalyse und der sogenannten Vollkostenanalyse. Letztere ist insbeson-

---

<sup>57</sup> OSCAR = Office Service Charge Analysis Report

dere im Zusammenhang mit der Instandhaltung von Interesse. Die Stichprobe zu Auswertung der Vollkosten ist nachfolgend in Tabelle 3-2 am Beispiel des OSCAR Reports 2012 dargestellt:

Tabelle 3-2: OSCAR – Stichprobe Vollkostenanalyse [JLLS12] S.14]

Stichprobe Vollkostenanalyse OSCAR				
Ausstattung	Anzahl der Objekte		Gesamtfläche in m <sup>2</sup>	
	klimatisiert	unklimatisiert	klimatisiert	unklimatisiert
Einfach	10	87	95.321	857.890
Mittel	58	46	672.488	429.952
Hoch	64	21	953.719	238.430
<b>Gesamt</b>	<b>132</b>	<b>154</b>	<b>1.721.528</b>	<b>1.526.272</b>

Demnach basiert die Vollkostenanalyse des OSCAR 2012 auf den Daten von insgesamt 286 Büroimmobilien mit einer Gesamtfläche von 3.25 Mio. m<sup>2</sup> (vgl. Tabelle 3-2), die nach Ausstattungsstandard (einfach / mittel / hoch) und Klimatisierungsstatus (klimatisiert / unklimatisiert) differenziert werden. Auf Grundlage dieses Datenpools ermitteln die Verfasser verschiedene Kostenkennwerte zur Einschätzung der Bürovollkosten. Im Gegensatz zu der rein mieterbezogenen Nebenkostenanalyse beinhaltet die Vollkostenanalyse auch die vom Eigentümer zu tragenden Bewirtschaftungskosten (z. B. Bauinstandhaltung) sowie die nutzerspezifischen Betriebskosten (z. B. Reinigungskosten der Büroflächen) [JLLS11] S.17]. Darin enthalten sind sowohl die Eigen- als auch die Fremdkosten. Die Kostenangaben des OSCAR werden grundsätzlich als Nettowerte<sup>58</sup> angegeben und beziehen sich auf den Abrechnungszeitraum des jeweils vorangegangenen Kalenderjahres [JLLS11] S.6]. Als Bezugsgröße dient die Nettogrundfläche [NGF]. Die Angabe der Kennwerte erfolgt demnach in €/m<sup>2</sup> NGF. Um die jüngste Entwicklung der Kosten zu verdeutlichen führt der OSCAR jeweils die Kennwerte der vergangenen 6 Jahre auf (vgl. Tabelle 3-3). In Bezug auf die Instandhaltung gebäudetechnischer Anlagen sind vor allem die Vollkostenkategorien „Wartung / Instandsetzung / Haus-

<sup>58</sup> exklusive der gesetzlichen Umsatzsteuer

meister“ und „Bauunterhalt“ von Belang (vgl. Tabelle 3-3). Auf eine dezidierte Definition der berücksichtigten Kosten bzw. der Kategorieninhalte wird im OSCAR verzichtet. Das Glossar führt lediglich zwei kurze Erläuterungen zu den Begriffen *Wartung* („*bezieht sich auf sämtliche allgemeine Techniken, Mieter-eigene Klimaanlage oder ähnliche Geräte sind nicht enthalten.*“) und *Hausmeister* („*bezogen auf Tätigkeiten, die im Allgemeinbereich ausgeführt werden.*“) auf [[JLLS12] S.17].

Die Ergebnisse der Vollkostenanalyse werden in Form zweier Tabellen, differenziert nach Klimatisierungsstatus<sup>59</sup> (vgl. Tabelle 3-3) oder Gebäudequalität (vgl. Tabelle 3-4) veröffentlicht.

Tabelle 3-3: OSCAR – Vollkosten für klimatisierte Gebäude [[JLLS12] S.16]

OSCAR Angaben für klimatisierte Gebäude (in €/m <sup>2</sup> NGF)						
	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Zinsen	11,57	11,64	11,93	11,26	10,22	10,33
Öffentliche Abgaben Entsorgung	0,56	0,54	0,50	0,50	0,53	0,52
Versicherungen	0,14	0,15	0,13	0,16	0,14	0,13
Wartung/ Instandsetzung/ Hausmeister	1,27	1,31	1,25	1,41	1,38	1,43
Strom	0,62	0,62	0,65	0,70	0,70	0,73
Wärme / Kälte	0,53	0,54	0,56	0,63	0,64	0,60
Wasser / Kanal	0,14	0,14	0,14	0,15	0,14	0,13
Reinigung / Sonstiges	0,89	0,89	0,86	0,89	0,87	0,89
Bewachung	0,46	0,49	0,53	0,54	0,58	0,59
Verwaltung	0,47	0,43	0,46	0,45	0,41	0,41
<b>Zwischensumme</b>	<b>16,65</b>	<b>16,75</b>	<b>17,01</b>	<b>16,69</b>	<b>15,61</b>	<b>15,76</b>
AfA	3,86	3,79	3,85	3,77	3,17	2,99
Bauunterhalt	0,42	0,44	0,42	0,47	0,44	0,32
<b>Gesamt</b>	<b>20,93</b>	<b>20,98</b>	<b>21,28</b>	<b>20,93</b>	<b>19,22</b>	<b>19,07</b>

<sup>59</sup> Klimatisierte Gebäude verfügen über Anlagentechniken, die ein definiertes Raumklima in Bezug auf Temperatur, Feuchtigkeit und Luftqualität erzeugen können.

Tabelle 3-4: OSCAR – Vollkosten nach Gebäudequalität [[JLLS12] S.16]

OSCAR Angaben gemäß Gebäudequalität (in €/m <sup>2</sup> NGF)			
	einfach	mittel	hoch
Zinsen	7,34	8,91	11,08
Öffentliche Abgaben Entsorgung	0,47	0,50	0,53
Versicherungen	0,12	0,13	0,13
Wartung/ Instandsetzung/ Hausmeister	1,24	1,37	1,46
Strom	0,62	0,65	0,76
Wärme / Kälte	0,54	0,59	0,61
Wasser / Kanal	0,12	0,13	0,13
Reinigung / Sonstiges	0,71	0,83	0,91
Bewachung	0,44	0,54	0,66
Verwaltung	0,36	0,41	0,42
<b>Zwischensumme</b>	<b>11,96</b>	<b>14,06</b>	<b>16,69</b>
AfA	2,23	2,48	3,18
Bauunterhalt	0,32	0,31	0,33
<b>Gesamt</b>	<b>14,51</b>	<b>16,85</b>	<b>20,20</b>

Die differenzierte Auswertung der Nutzungskosten in Bezug auf den Klimatisierungsstatus und die Gebäudequalität ist grundsätzlich positiv zu bewerten und ermöglicht es, Effekte entsprechender Einflussgrößen besser zu verstehen und zu gewichten. Hinsichtlich einer allgemeingültigen Instandhaltungsbudgetierung gebäudetechnischer Anlagen der öffentlichen Hand sind die Analyseergebnisse des OSCAR jedoch nicht geeignet. So konzentrieren sich die Untersuchungen ausschließlich auf Büroimmobilien privater Eigentümer. Hinzu kommt, dass im OSCAR keine Differenzierung der konstruktions- und technikbedingten Aufwendungen (KG 300 und 400 nach DIN 276) vorgenommen werden und daher eine kostengruppenscharfe Auswertung unmöglich ist. Abgesehen davon fehlen dringend erforderliche Definitions- und Kostenabgrenzungen der einzelnen Kategorien und deren Inhalte untereinander.

### 3.2.4 fm.benchmarking Bericht

Der fm.benchmarking Bericht wird seit dem Jahr 2003 jährlich durch die Rotermund Ingenieurgesellschaft in Kooperation mit dem Institut für Baumanagement, Gebäudedatenmanagement und Bewertung in Münster (I.BGB), der Fachhochschule Münster und der German Facility Management Organisation (GEFMA) erstellt und veröffentlicht. Seit dem Jahr 2011 sind mit der Association for Real Estate and Facility Managers (RealFM) sowie der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e. V. (DGNB) zwei weitere Kooperationspartner hinzugekommen. Nach Aussage des Herausgebers besteht das Ziel des Berichts darin „klare Richtlinien zu schaffen, mit denen sich Optimierungspotenziale aufdecken lassen, um Kosten zu reduzieren“ [[Rote11] S.14]. Zu diesem Zweck werden in einer jährlich durchgeführten Online-Datenerhebung große Mengen an Gebäudekostenkennwerten des infrastrukturellen, technischen und kaufmännischen Gebäudemanagements, der Ver- und Entsorgung sowie sonstiger Strukturen erhoben und ausgewertet (vgl. Abbildung 3-4).

I.BGB - FM BENCHMARKING 2010/2011  
Datenerfassungsformular

Institut für Baumanagement  
Gebäudedatenmanagement  
und Bewertung e.V.

**Anmerkung:** In diesem Arbeitsblatt tragen Sie alle Flächen des/der Gebäude/s oder der Liegenschaft ein. Zum einen dient ein Teil der Flächen als Bezugsgröße der Kennzahlen. Zum anderen werden Flächenverteilung und Materialität der Flächen definiert. Die Flächenaufteilung orientiert sich an der DIN277.

**Flächen**

Gebäudeflächen - nach DIN 277

Brutto-Grundfläche  m<sup>2</sup>

Netto-Grundfläche  m<sup>2</sup>

Nutzfläche  m<sup>2</sup>

NF1 Wohnen und Aufenthalt  m<sup>2</sup>  
Fläche Speiseräume (NF 1.5 - Kantinen & Cafeterien)  m<sup>2</sup>

NF2 Büroarbeit  m<sup>2</sup>

NF3 Produktion  m<sup>2</sup>

**Ver- und Entsorgung**

**Entsorgung**

Abfallstoffe	Kosten pro Jahr	Menge	Einheit
	<input type="text"/> € p.a.		
Wählen Sie bitte aus, in welcher Einheit Sie die Menge der Beseitigungsabfälle angeben wollen.			
	<input type="radio"/> Tonnen	<input checked="" type="radio"/> m <sup>3</sup>	<input type="radio"/> t
<input checked="" type="checkbox"/> Beseitigungsabfälle	<input type="text"/> € p.a.	<input type="text"/> m <sup>3</sup>	
<input type="checkbox"/> Hausmüll	<input type="text"/> € p.a.	<input type="text"/> m <sup>3</sup>	
<input checked="" type="checkbox"/> Gewerbemüll	<input type="text"/> € p.a.	<input type="text"/> m <sup>3</sup>	
<input checked="" type="checkbox"/> Sondermüll	<input type="text"/> € p.a.	<input type="text"/> m <sup>3</sup>	
<input type="checkbox"/> Sonstige Abfälle	<input type="text"/> € p.a.	<input type="text"/> m <sup>3</sup>	

Abb. 2. Auszug Datenerfassungsformular 2010

Abbildung 3-4: fm.benchmarking – Ausschnitt des Onlineformulars zur Datenerfassung [[Rote11] S.24]

Tabelle 3-5 führt die inkludierten Kostengruppen des technischen Gebäudemanagements im fm.benchmarking Bericht auf.

Tabelle 3-5: fm.benchmarking – Erfasste Kostengruppen [[Rote11] S.18]

Position	Bezeichnung
<b>03</b>	<b>Technisches Gebäudemanagement</b>
<b>03.01</b>	<b>Instandhalten (W+I)</b>
03.01 KGR 300	KGR 300 – Bauwerk – Baukonstruktion
03.01 KGR 400	KGR 400 – Bauwerk – Technische Anlagen
03.01.01	Wartung & Inspektion
03.01.01 KGR 300	KGR 300 – Bauwerk – Baukonstruktion (W+I)
03.01.01 KGR 390	Sonstige Baukosten
03.01.01 KGR 400	KGR 400 – Bauwerk – Technische Anlagen (W+I)
03.01.01 KGR 420	Heizung
03.01.01 KGR 430	KGR 430 – Lufttechnische Anlagen
03.01.01 KGR 456SA	KGR 456 – Schließanlagen
03.01.01 KGR 456BMA	KGR 456 – Brandmeldeanlagen
03.01.01 KGR 456EMA	KGR 456 – Einbruchmeldeanlagen
03.01.01 KGR 461	KGR 461 - Aufzüge
03.01.01 KGR 500	KGR 500 – Außenanlagen (W&I)
<b>03.01.02</b>	<b>Instandsetzen (IS)</b>
03.01.02 KGR 300	KGR 300 – Bauwerk – Baukonstruktion (IS)
03.01.02 KGR 400	KGR 400 – Bauwerk – Technische Anlagen (IS)
03.01.02 KGR 500	KGR 500 – Bauwerk – Außenanlagen (IS)
<b>03.01.03</b>	<b>Instandhaltung (nicht zugeordnet)</b>
03.01.03 KGR 300	KGR 300 – Bauwerk – Baukonstruktion (n.z.)
03.01.03 KGR 400	KGR 400 – Bauwerk – Technische Anlagen (n.z.)
03.01.03 KGR 500	KGR 500 – Bauwerk – Außenanlagen (n.z.)
<b>03.02</b>	<b>Sanieren (San)</b>
03.02 KGR 300	KGR 300 – Bauwerk – Baukonstruktion (San.)
03.02 KGR 400	KGR 400 – Bauwerk – Technische Anlagen (San.)
03.02 KGR 500	KGR 500 – Bauwerk – Außenanlagen (San.)
<b>03.03</b>	<b>Modernisieren / Verbessern</b>
<b>03.04</b>	<b>Betreiben / betriebsführen</b>
<b>03.05</b>	<b>Dokumentation</b>
<b>03.06</b>	<b>Energiemanagement</b>
<b>03.07</b>	<b>Informationsmanagement</b>
<b>03.08</b>	<b>Verfolgen der technischen Gewährleistung</b>

Als Untersuchungsgegenstand des fm.benchmarking Berichts dient ein Immobilienportfolio verschiedenster Nutzungsarten, das im Jahr 2011 mehr als 2.800 Gebäude mit einer gesamten Brutto-Geschossfläche von über 10,5 Mio.

m<sup>2</sup> BGF umfasste [[Rote11] S.16]. Das Portfolio beinhaltet gewerblich genutzte und öffentliche Immobilien bzw. Liegenschaften mit Standort in Deutschland oder dem deutschsprachigen Ausland. Die Bewirtschaftung der Bauwerke erfolgt entweder in Form der Eigennutzung, Mietnutzung oder als Dienstleister [[Rote11] S.16].

Nach Auswertung der online erhobenen Daten stellt der fm.benchmarking Bericht das Ergebnis in Form von Kennzahlen zu Büro-, Industrie-, Labor-, Bank-, Unterrichts- und Bildungsgebäuden wie auch Sport- und Mehrzweckhallen sowie Krankenhäusern zur Verfügung. Sämtliche Kostenangaben des Berichts beinhalten die gesetzlich gültige Umsatzsteuer von derzeit 19%. Bei der Ergebnisdarstellung unterscheiden die Verfasser drei hierarchisch geordnete Kennzahlenebenen. Die übergeordnete Ebene stellt die der Führungskennzahlen dar, während die zweite Ebene die Gruppe der Analysekenzahlen und die dritte Ebene die der Detailkennzahlen umfasst. Die übergeordneten Führungskennzahlen weisen den größten Abstraktionsgrad auf und finden vorrangig im Immobilienmanagement oder im Zuge architektonischer Vorplanungen zur groben Kostenrahmenermittlung Anwendung. In Bezug auf eine belastbare Instandhaltungsbudgetierung sind sie, bedingt durch ihre äußerst grobe Skalierung, nur von geringer Bedeutung. Unter den Aufwendungen des „Technischen Gebäudemanagements“ listen die Verfasser entsprechende Analyseergebnisse zur Instandhaltung sowie tiefergehend differenzierte Kennzahlen zur Wartung / Inspektion und zur Instandsetzung auf (vgl. Abbildung 3-5). In Bezug auf die Analysekenzahlen des fm.benchmarking Berichts ist die Darstellung der Ergebnisse in Form eines Box- bzw. Whisker-Plots<sup>60</sup> von Vorteil, da die Perzentilangaben<sup>61</sup> eine erste Einordnung und Beurteilung der Kostenverteilung ermöglichen, und demnach mehr Informationen beinhalten

---

<sup>60</sup> Ein Box- bzw. Whisker-Plot ist eine „graphische Darstellung in der beschreibenden Statistik (deskriptive Statistik) zur Veranschaulichung von Lage- und Streuungsmaßen zu einem metrischen Datensatz (insbesondere unteres und oberes Quartil, Median, arithmetisches Mittel, Quartilsabstand, Spannweite)“ [Gabl09].

<sup>61</sup> Das Perzentil ist eine Bewertungsgröße aus der statistischen Auswertung von Messergebnissen, bezogen auf 100% der Messwerte (z. B. 95 % Perzentil ist der Wert, der von nur 5 % der Stichprobe überschritten wird).

als die einzige Angabe eines durchschnittlichen Kostenkennwerts, wie dies bei der Mehrzahl der vorab beschriebenen Kostenquellen der Fall ist (vgl. Abbildung 3-5).

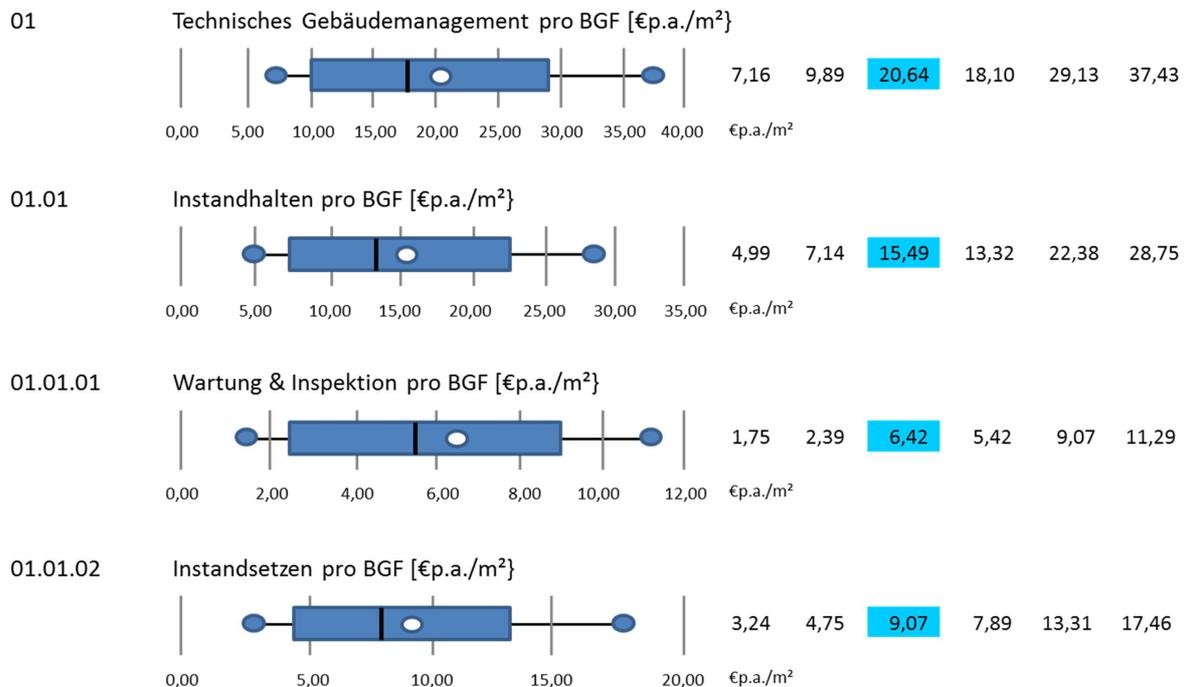


Abbildung 3-5: fm.benchmarking – Beispielhafte Darstellung der Kosten des technischen Gebäudemanagements [[Rote11] S.85]

Mit Blick auf die Instandhaltungsbudgetierung gebäudetechnischer Anlagen werden auch im fm.benchmarking Bericht einige relevante Gesichtspunkte nicht ausreichend erläutert. So bleiben z. B. die verwendeten Erhebungsstandards, die genaue Datenzusammensetzung sowie die Auswertungsergebnisse nur unzureichend kommentiert. Die Belastbarkeit der Daten ist folglich nur schwer einzuschätzen. Dies trifft insbesondere auch auf die Kostenabgrenzung (z. B. von administrativen und operativen Aufwendungen oder von konstruktions- und technikbedingten Aufwendungen) zu. So ist eine kosten-spezifische Identifikation der technikbedingten Instandhaltungsaufwendungen auf Basis der Analysekenwerte nicht möglich. Wenngleich die grundsätzliche Verwendungsfähigkeit der Analysekenwerte nicht gegeben ist, können

diese, aufgrund ihres erhöhten Informationsgehalts, im Rahmen von Plausibilitätsprüfungen anderer Budgetierungsmethoden durchaus hilfreich sein.

Im fm.benchmarking Bericht 2010/2011 wurden zudem erstmalig Detailkennzahlen zu den Bereichen „Wartung und Inspektion“ und „Reinigungs- und Pflegedienste“ aufgeführt. Die Detailkennzahlen weisen aktuell nur einen geringen Datenumfang auf, was nicht zuletzt dem sehr hohen Datenerhebungsaufwand zur Bildung der Kennzahlen geschuldet ist. Laut dem Herausgeber des Berichts bieten die Detailkennzahlen *„dem Nutzer die Möglichkeit, sich gezielt an Kennzahlen für individuelle Nutzungsmöglichkeiten, Service und Qualitätslevel sowie Kostenvarianten zu bedienen“* [[Rote11] S.132]. Die Struktur der Detailkennzahlen ist dabei so angelegt, dass ihre Verwendung im Rahmen einer Lebenszykluskostenberechnung nach GEFMA 220 [GEFMA220] unproblematisch möglich ist. Die bisher verfügbaren Detailkennwerte basieren auf den Informationen verschiedener FM-Dienstleister und beinhalten die angefallenen Eigenleistungs- als auch die Fremdleistungskosten [[Rote11] S.132].

Das nachfolgend aufgeführte Beispiel der Detailkennzahlen im Bereich „Wartung und Inspektion“ (vgl. auch Abbildung 3-6) zeigt die Analyseergebnisse in Form von Kostenspannen, die sich jeweils auf ein Wartungsintervall eines definierten Bau- oder Anlagenteils beziehen. Die jeweilig aufgeführte Kennzahl weist hierbei grundsätzlich einen Einheitswert der Wartung und Inspektion pro Jahr und Anlage bzw. Anlagenteil (angegeben in Euro/Stk. p.a.) aus. Bei mehrmaliger Durchführung einer Maßnahme muss die Kennzahl entsprechend vervielfacht werden. In Anbetracht der unterschiedlichen Materialien, Bauteile und Teilleistungen sowie der zahlreichen potenziellen Einflussfaktoren lassen sich theoretisch unzählige Detailkennzahlen bilden. Ziel der Verfasser ist es dennoch *„mit fortschreitenden Auswertungsmöglichkeiten [...] in Zukunft eine Kennzahl pro Wartung anzubieten“* [[Rote11] S.133].

## Wartung und Inspektion

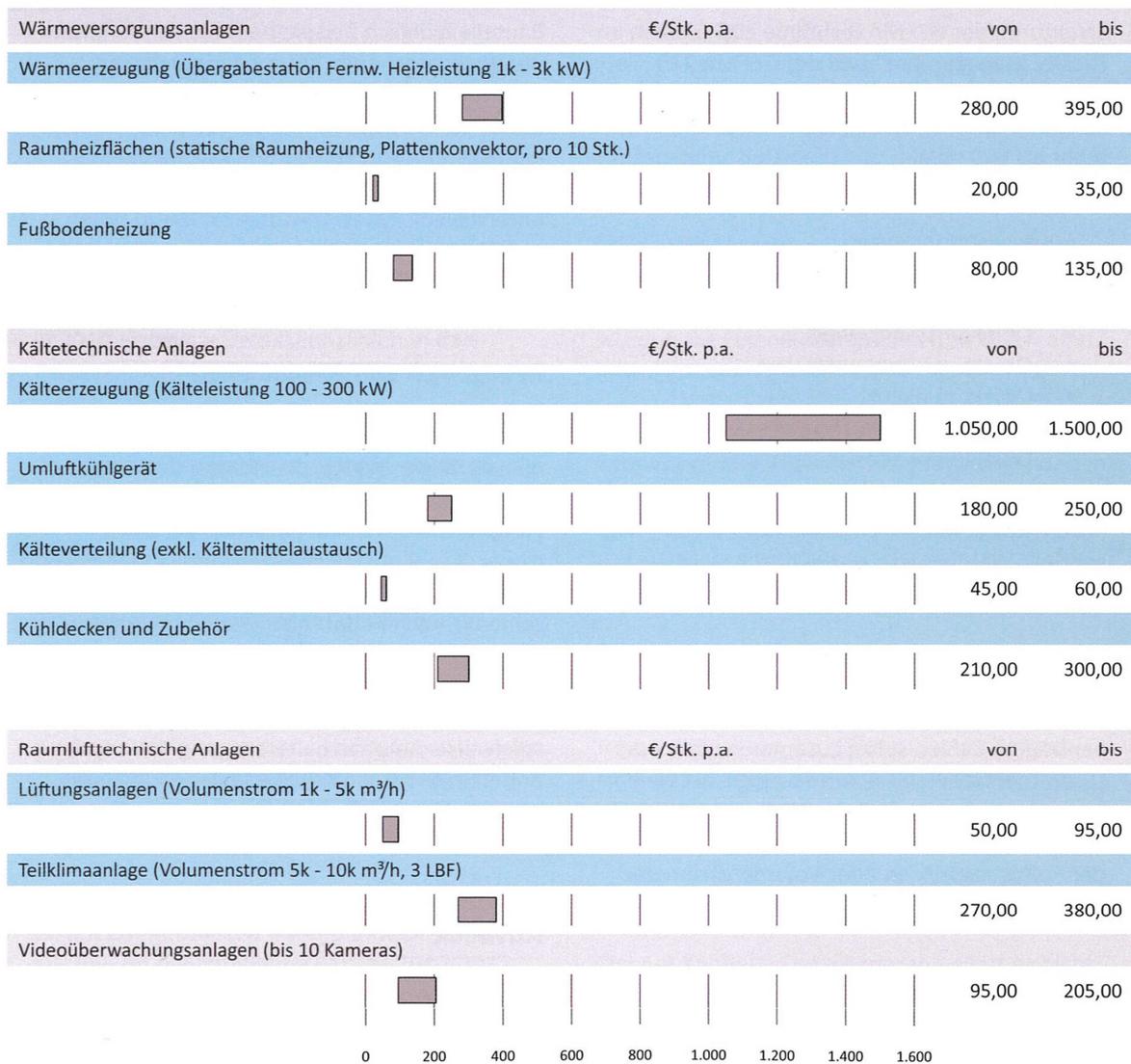


Abbildung 3-6: fm.benchmarking – Beispielhafte Darstellung der Detailkennzahlen [[Rote11] S.135]

Hinsichtlich der Instandhaltungsbudgetierung gebäudetechnischer Anlagen vermögen die Detailkennzahlen des fm.benchmarking Berichts zukünftig einen überaus wertvollen Beitrag zur Verbesserung der Budgetkalkulation leisten zu können. Die bislang verfügbaren Informationen sind in ihrer Qualität und Quantität als belastbare Planungs- und Informationsgrundlage jedoch noch nicht ausreichend.

### 3.2.5 iSCORE / WohnCom Benchmarking

Die Partnerunternehmen iSCORE und WohnCom erheben im Rahmen ihres jährlichen Betriebskosten Benchmarking für wohn- und nichtwohnungswirtschaftlich genutzte Immobilien zahlreiche Instandhaltungskennzahlen unter Berücksichtigung unterschiedlicher Ausstattungsmerkmale sowie regionaler Aspekte. Basis der standardisierten Objektanalysen (bei vergleichbaren Nutzungsbedingungen) bildet ein Immobilienpool, dessen Gesamtverkehrswert sich laut iSCORE auf ca. 80 Mrd. Euro beläuft [iScore13]. Erklärtes Ziel des Instandhaltungsbenchmarkings ist es, *„eine Aussage über Kostenabweichungen unter definierten Bedingungen im Vergleich mit anderen (gleichen) Objekten bzw. mit dem Mittelwert der jeweiligen Kostenposition“* zu ermöglichen [WoCo13]. Zu diesem Zweck stellen die Partnerunternehmen eine internetbasierte Benchmarking Plattform zur Verfügung, mit deren Hilfe nach Angabe der Partnerunternehmen eine individuelle Objektberechnung erstellt werden kann. Hierbei ist es möglich, so genannte Selektionskriterien<sup>62</sup> für das jeweilige Bauwerk anzugeben und diese mit den Instandhaltungskosten ähnlicher Immobilien zu vergleichen. Als Ergebnis der Standard-Auswertung des Instandhaltungsbenchmarkings nach iSCORE und WohnCom erhält der Anwender, wie in Abbildung 3-7 abgebildet, je zwei Benchmarks (aufgeführt im weißen Mittelbalken) sowie das Maß der objektspezifischen Abweichung der untersuchten Immobilie (in Balkenform) [WoCo13]. Die rechtsseitig aufgetragenen Balken implizieren eine objektspezifische Überschreitung des ermittelten Benchmarks, während die links aufgetragenen Balken eine entsprechende Unterschreitung visualisieren.

Die Kennzahlen unterscheiden sich in ihrer Form und Aussagekraft. Erstere stellt als absolute Größe den gewichteten arithmetischen Mittelwert der Instandhaltungskosten (in Euro pro qm/Monat zzgl. MwSt.) dar, während letztere als relative Größe die Kosten der Instandhaltung anteilig am Objekterlös (ebenfalls als Mittel der Stichprobe) quantifiziert (vgl. auch Kapitel 2.6.1). Die Herausgeber des Benchmarking Berichts verweisen explizit darauf, dass

---

<sup>62</sup> z. B. Region, Nutzungsart, Energieträger oder Größe

insbesondere erst die Verfügbarkeit und Analyse beider Kennwerte eine belastbare Aussage zur Einschätzung der angefallenen Instandhaltungskosten ermöglicht [WoCo13].

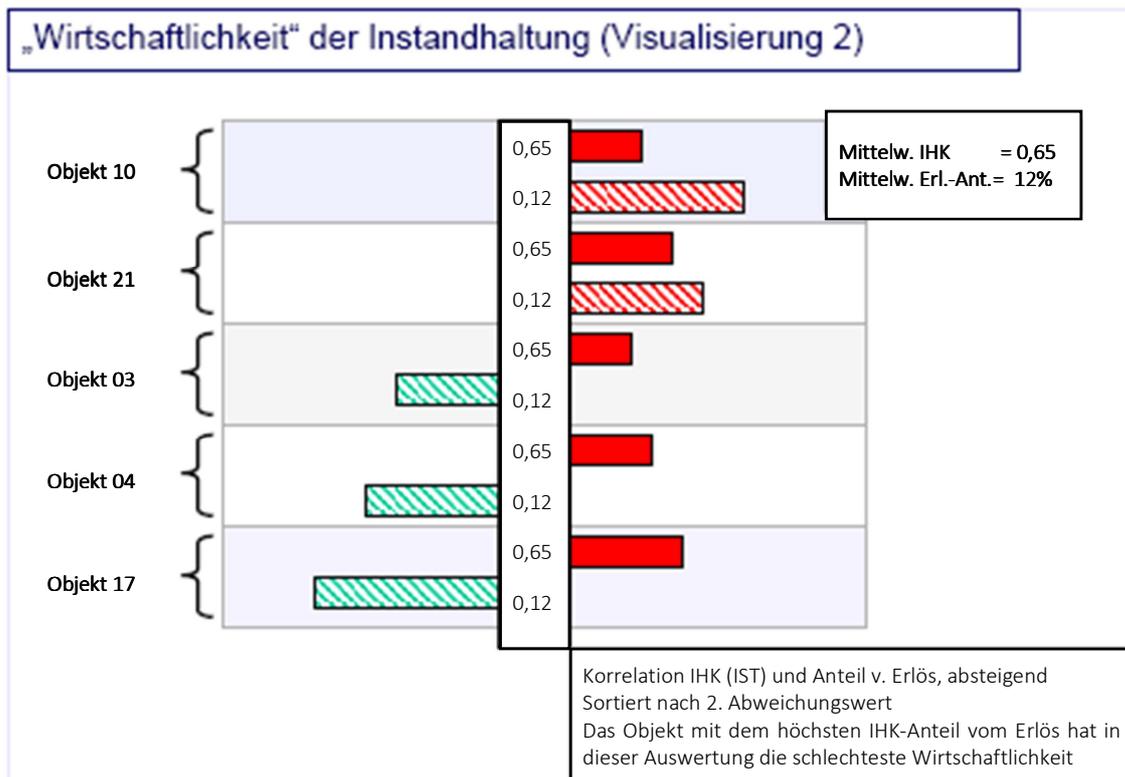


Abbildung 3-7: iSCORE / WohnCom – Beispielhafte Darstellung der Auswertungsergebnisse [WoCo13]

Bezogen auf die Weiterentwicklung der Budgetierung gebäudetechnischer Anlagen stellt auch das iSCORE / WohnCom Benchmarking keine geeignete Kosten- und Informationsquelle dar. Wie bei OSCAR und dem fm.benchmarking Bericht fehlen dringend notwendige Informationen, Definitionen und Abgrenzungen zur qualitativen und quantitativen Einschätzung der Kosten und deren Ursprungs. So bleiben die verwendeten Erhebungsstandards und die genaue Datenzusammensetzung und insbesondere die grundsätzliche Datenabgrenzung unkommentiert. Weiterhin ist eine konstruktions-

und technikbedingte Differenzierung der Aufwendungen auf Basis des Datenpools zum aktuellen Zeitpunkt offenbar nicht umsetzbar. Die Einführung eines Instandhaltungskennwerts in Relation zum Objekterlös ist hingegen positiv zu bewerten und verbessert die Aussagekraft der ermittelten Kennwerte. Dennoch sind die Ergebnisse des iSCORE / WohnCom Benchmarking in ihrer aktuellen Form als reine Durchschnittswerte ohne weiterführende Differenzierung nicht zur Weiterentwicklung des Budgetierungsverfahrens für gebäudetechnische Anlagen geeignet.

### 3.2.6 RealisBench® Benchmarking

Die Bayern Facility Management GmbH (BayernFM) bietet seit dem Jahr 2007 ein jährliches Immobilien Benchmarking (RealisBench®) für Vertreter der öffentlichen Hand an. Basis der RealisBench® Auswertungen bildet ein Datenpool, der allgemeine sowie kostenspezifische Informationen zu mehr als 10.000 kommunalen Immobilien beinhaltet [Real13]. Auf Grundlage dieses Datenpools werden durch die BayernFM zahlreiche, meist flächenbezogene Kostenkennwerte (in Euro/m<sup>2</sup> NGF und Jahr) auf Teilnehmer- (je Kommune) sowie auf Gebäudeebene (je Bauwerk) gebildet (vgl. Abbildung 3-8 und Abbildung 3-9). Aus Sicht der Instandhaltung sind die Kennzahlen KF5 (Kosten Instandhaltung/Fläche) und insbesondere die Detailkennzahlen KF5a (Kosten Wartung / Fläche), KF5b (Kosten Inspektion / Fläche), KF5c (Kosten Instandsetzung / Fläche) und KF5d (Kosten Hausmeister / Fläche) von Interesse. Im Zuge der teilnehmerbezogenen Auswertung werden die Detailkennzahlen mit Hilfe von Diagrammen dargestellt, in denen der spezifische Wert der Kommune im Kostenverlauf des Gesamtportfolios markiert wird (vgl. Abbildung 3-9). Diese Darstellungsvariante ermöglicht eine leicht nachvollziehbare Einordnung der Ist-Gesamtkosten einer Kommune im Vergleich zu den übrigen Werten des Gesamtuntersuchungsportfolios. Der Informationsgehalt dieser Darstellungsform ist folglich größer als der vergleichbarer Benchmarking Berichte, die lediglich Durchschnittswerte als Orientierungsgrößen bereitstellen.

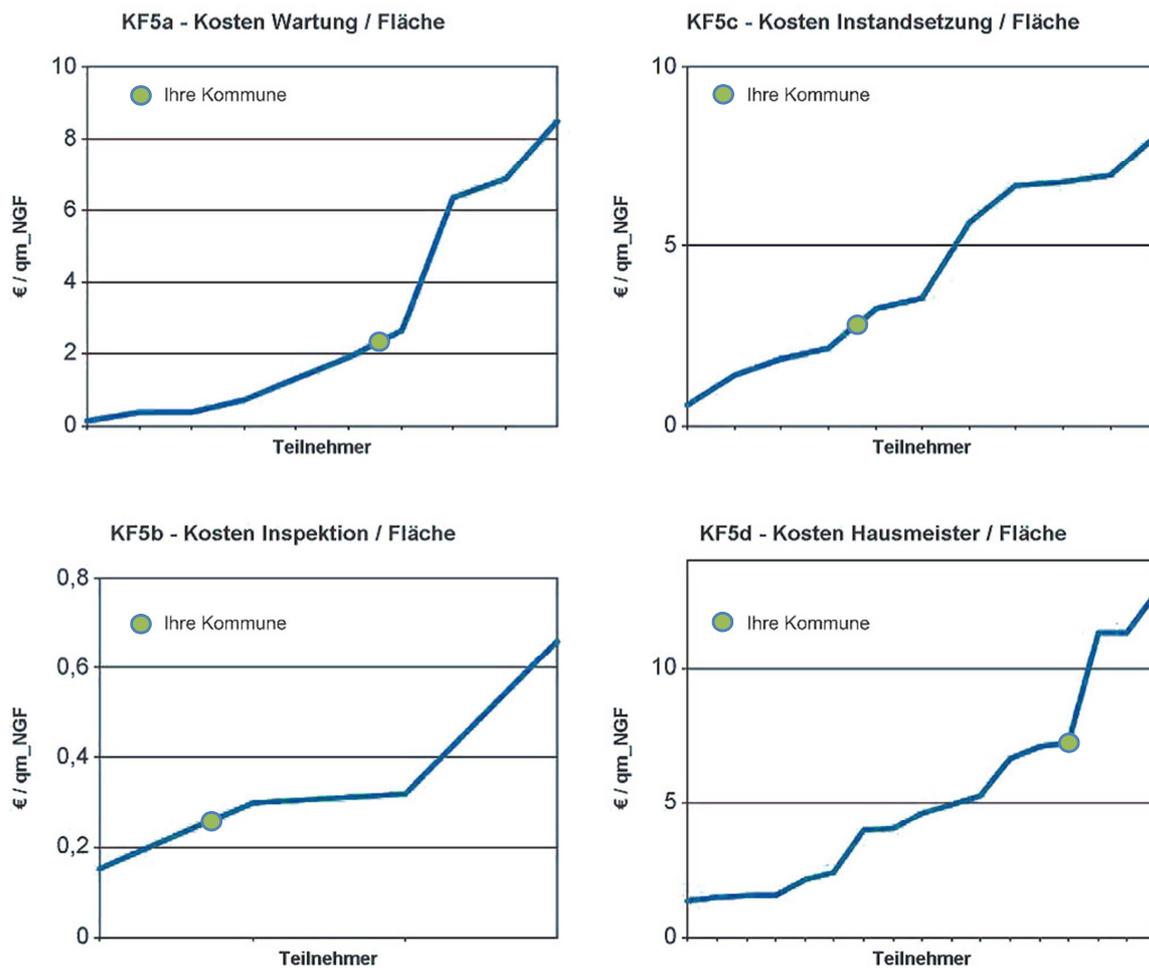


Abbildung 3-8: RealisBench – Beispielhafte Darstellung des Ergebnisberichtes Teil 2 / Analysebeispiel auf Teilnehmerebene [Real08]

Neben der teilnehmerbezogenen Kostenanalyse bietet RealisBench® zudem die nachfolgend aufgeführte gebäudebezogene Kostenanalyse an (vgl. Abbildung 3-9), die gleichfalls den allgemeinen Kennwert KF5 sowie die Detailkennwerte KFa bis KFd als Auswertungsergebnisse beinhaltet. Die gebäudebezogene Auswertung ermöglicht demnach eine objektspezifische Einschätzung der Instandhaltungsaufwendungen im Vergleich zu einzelnen anderen ausgewählten Bauwerken oder den in Abbildung 3-8 aufgeführten teilnehmerbezogenen Auswertungsergebnissen. Die notwendige objektspezifische Zuordnung der Kostenkennwerte bezüglich verschiedener Gebäudespezifika (z. B. Gebäudealter, Gebäudegröße o. Ä.) ist jedoch auch bei den Auswertungsergebnissen der RealisBench® derzeit nicht möglich.

Gemeinde Musterdorf		RealisBench® 2008 - Objektbericht			
Verbandschule Musterdorf					
Kennzahlen					
Kürzel	Kennzahl	Einheit	Ist-Wert	Internes Benchmark (Vergleichsgruppen Wert)	Externes Benchmark (Best Practice Wert)
<b>Flächeneffizienz</b>					
F1	Fläche/Anzahl Nutzer	qm NGF/Nutzer	15,43	11,09	10,00 - 14,00
<b>Flächenbezogene Verbräuche</b>					
VF1	Verbrauch Strom/Fläche	kWh/qm NGF	42,44	20,20	11,00 - 14,00
VF2	Verbrauch Wasser/Fläche	m³/qm NGF	0,56	0,35	0,12 - 0,16
VF3	Verbrauch Heizung/Fläche	kWh/qm NGF	167,36		60,00 - 70,00
<b>Nutzerbezogene Verbräuche</b>					
VN1	Verbrauch Wasser/Anzahl Nutzer	m³/Nutzer	8,69	4,73	
<b>Nutzerbezogene Bewirtschaftungskosten</b>					
KN1	Kosten Wasser/Anzahl Nutzer	€/Nutzer	32,00	14,26	
<b>Flächenbezogene Bewirtschaftungskosten</b>					
KF1	Kosten Strom/Fläche	€/qm NGF	5,45	2,68	1,60 - 1,90
KF2	Kosten Wasser/Fläche	€/qm NGF	2,07	0,97	0,40 - 0,55
KF3	Kosten Heizung/Fläche	€/qm NGF	8,61	4,85	3,80 - 4,50
KF4	Kosten Reinigung/Fläche	€/qm NGF	12,94	13,71	7,90 - 10,80
KF7	Kosten Reinigung/Fläche (ohne Tiefg.)	€/qm NGF	12,94		
KF5	Kosten Instandhaltung/Fläche	€/qm NGF	1,64		
KF6	Gesamtkosten*/Fläche	€/qm NGF	29,07	22,21	13,70 - 17,75
* Gesamtkosten ohne Kosten Instandhaltung, nur berechnet, wenn alle übrigen Kosten vorhanden sind					
<b>Preis - Kennzahlen *1</b>					
P1	Kosten Strom	€/kWh	0,13		
P2	Kosten Wasser	€/m³	3,68		
P3	Kosten Heizung	€/kWh	0,05	** Berechnet aus den objektbezogenen Kosten + Verbräuchen	
<b>Detail - Kennzahlen</b>					
<b>Reinigung</b>					
KF4a	Kosten Unterhaltsreinigung/Fläche	€/qm NGF			
KF4b	Kosten Glas-/Fassadenreinigung/Fläche	€/qm NGF	0,66		
<b>Instandhaltungskosten</b>					
KF5a	Kosten Wartung/Fläche	€/qm NGF			
KF5b	Kosten Inspektion/Fläche	€/qm NGF			
KF5c	Kosten Instandsetzung/Fläche	€/qm NGF			
KF5d	Kosten Hausmeister/Fläche	€/qm NGF	11,33		

Abbildung 3-9: RealisBench – Beispielhafte Darstellung des Ergebnisberichtes Teil 3 / Analysebeispiel auf Gebäudeebene [Real08]

### 3.3 Eignung der Kostenquellen als Forschungsbasis

Keine der vorab aufgeführten und analysierten Daten- und Kostenquellen kann als uneingeschränkt geeignete Forschungsgrundlage für die vorliegende Arbeit identifiziert werden. Die untersuchte Quantität und Qualität der bestehenden Immobilien- und Kostendaten wie auch die Aussagekraft der Auswertungsergebnisse variieren beträchtlich. Die Gründe dafür sind zahlreich. Vielfach ist ein Mangel an unmissverständlichen Begriffsdefinitionen [Bahr08], einheitlichen Erhebungsstandards [[KaOe03] S.312] und klaren Kostenabgrenzungen [[Heck80] S.110] sowie detaillierten Stichprobenspezifikationen festzustellen. Allein aufgrund dieser Defizite ist die Belastbarkeit zahlreicher Auswertungsergebnisse bereits in Frage zu stellen (vgl. Kapitel 2.6.1). Abgesehen davon spielen die Instandhaltungskosten bei der Mehrzahl aller untersuchten Kostenquellen, angesichts der großen Gesamtmenge sonstiger nutzungsbezogener Kennzahlanalysen, bislang nur eine untergeordnete Rolle. Die Datenvielfalt und Auswertungstiefe entspricht demzufolge keinesfalls den notwendigen Anforderungen an eine wissenschaftliche Forschungsgrundlage. So ist bei keinem der untersuchten Anbieter eine transparente Differenzierung der bau- bzw. konstruktionsbasierten (KG 300 nach DIN 276) und der technikbasierten (KG 400 nach DIN 276) Instandhaltungsaufwendungen vorgesehen. Die angestrebte getrennte Auswertung technikbezogener Aufwendungen ist somit nicht realisierbar. Unabhängig davon werden vielfach lediglich übergeordnete arithmetische Mittelwerte als Auswertungsergebnisse zur Verfügung gestellt. Angesichts der hohen Diversität und immensen Volatilität von Instandhaltungskosten ist die Aussagekraft entsprechend pauschaler Kennzahlen als nicht zielführend einzuschätzen. Hinzu kommen potenzielle Mängel bzw. Unsicherheiten, deren Ursache insbesondere bei internetbasierten Erhebungsmethoden in der unbemerkten, inkorrekten oder uneinheitlichen Erfassung von Kostendaten liegt. Aufgrund vielfach fehlender Plausibilitäts- und Qualitätsprüfungen ist daher nicht auszuschließen, dass fehlerhafte Informationen Eingang in die Datenbasis finden und in der Folge das Auswertungsergebnis verfälschen. Eine der wesentlichsten Schwachstellen aller analysierten Kostenquellen liegt jedoch in der fehlenden ergebnisorientierten Überprüfung der Angemessenheit der dokumentierten Instandhal-

tungsaufwendungen begründet. Zur Einschätzung der Angemessenheit der empirisch verausgabten Budgets ist es jedoch unabdingbar, diese in Bezug auf das geplante und tatsächlich erreichte Instandhaltungsergebnis zu bewerten. Ohne eine belastbare Einschätzung der Angemessenheit der in der Vergangenheit getätigten Investitionen besteht jedoch die akute Gefahr zukünftig eine fehlerhafte Budgetbestimmung in Form einer systembedingten Unter- oder Überbudgetierung fortzuschreiben. Die fehlende Bewertungsmöglichkeit der existierenden Datenquellen bezüglich des beschriebenen Sachverhalts sowie die vorab aufgeführten Defizite schließen eine Verwendung der untersuchten Bestandsdaten als Grundlage zur Entwicklung des angestrebten Budgetierungsverfahrens aus.

Das Validierungsergebnis aller analysierten Kostenquellen ist nachfolgend, auf Grundlage der in Tabelle 3-1 definierten Anforderungen, in Form einer Matrix zusammengefasst.

Tabelle 3-6: Evaluationsmatrix der untersuchten Kostenquellen<sup>63</sup>

<b>Legende:</b> <b>o</b> = erfüllt <b>(o)</b> = mit Einschränkung erfüllt <b>-</b> = nicht erfüllt		BKI	PLAKODA	OSCAR	fm.benchmarking	iSCORE/ WohnCom	RealisBench®
Nr.	Voraussetzungen						
1	Transparente und belastbare Angaben zur Erhebungsmethodik	o	(o)	(o)	(o)	(o)	(o)
2	Eindeutige und transparente Festlegung der Systemgrenzen und der Kostenstruktur im Rahmen der Erhebung	o	(o)	-	o	-	(o)
3	Eindeutige begriffliche und definitorische Festlegung der System- und Auswertungsinhalte (z. B. detaillierte Stichprobenspezifikation)	o	(o)	-	(o)	-	(o)
4	Sicherstellung bestmöglicher Datenqualität in Bezug auf Datentiefe, -konsistenz und -vollständigkeit	o	-	-	-	-	(o)
5	Bereitstellung größtmöglicher Quantität in Bezug auf Kostendaten der Instandhaltung öffentlicher Gebäude	(o)	(o)	-	(o)	(o)	(o)
6	Ausreichende Datendifferenzierung, bezogen auf die Kostengruppe 400 sowie die Maßnahmen der Instandhaltung nach DIN 31051	(o)	-	-	(o)	-	-
7	Bereitstellung der größtmöglichen Datenerfassungsspanne (z. B. um altersbedingte Entwicklungen abbilden zu können)	(o)	-	o	-	-	-
8	Berücksichtigung / Bewertung der Angemessenheit der dokumentierten Instandhaltungsaufwendungen	-	-	-	-	-	-
9	Berücksichtigung potenzieller Einflussgrößen auf die Instandhaltung	(o)	(o)	(o)	-	-	-

<sup>63</sup> Untersuchungsergebnis Stand Herbst 2012

## 4 Konzeption und Durchführung der Realdatenerhebung

Das Fehlen geeigneter instandhaltungsbezogener Bestandsdaten bedingt die Notwendigkeit einer umfassenden Neuerhebung empirischer Realdaten, um das definierte Forschungsziel realisieren zu können. In diesem Zusammenhang bedarf es des Aufbaus einer speziell auf die Untersuchungsbelange ausgerichteten Datenbasis, die - soweit möglich - alle in Tabelle 3-1 aufgeführten Anforderungen an eine wissenschaftlich belastbare Untersuchungsgrundlage erfüllt. Hierzu ist zunächst ein geeignetes wissenschaftliches Verfahren zu bestimmen, mit dessen Hilfe das Forschungsvorhaben bestmöglich umgesetzt werden kann. Im Anschluss daran gilt es, den Untersuchungsgegenstand zu präzisieren und die für die Erhebung relevanten Daten und Inhalte festzulegen [[Hard10] S.85].

### 4.1 Auswahl des wissenschaftlichen Verfahrens

Bei der Datenerhebung und -auswertung wird prinzipiell zwischen dem qualitativen und quantitativen Verfahrensansatz<sup>64</sup> differenziert. Beide Ansätze verfügen über individuelle Stärken und Schwächen und eignen sich für unterschiedliche Zwecke. Qualitative Verfahren kommen vorrangig bei der Entwicklung von Hypothesen zur Anwendung. Ihnen liegt eine intuitive Bottom-up<sup>65</sup> Methodik zugrunde, deren Datenerfassung auf nicht-numerischer Basis, dynamisch und offen erfolgt. Erhebungsinhalte sind zumeist Aussagen, Wörter oder kategoriale Informationen, die nicht eindeutig auf Grundlage allgemeingültiger Skalen eingeordnet und gewichtet werden können. Das Ergebnis einer qualitativen Untersuchung ist somit nie allgemeingültiger Natur, sondern immer als spezifisches Resultat zu verstehen und zu bewerten. Quantitative Verfahren werden bevorzugt bei der Validierung von Hypothesen einge-

---

<sup>64</sup> vgl. Johnson, B.; Christensen, L.: *Quantitative, Qualitative, and Mixed Approaches*, 2010

<sup>65</sup> Englisch: von unten nach oben

setzt. Ihre Methodik ist im Gegensatz zu den qualitativen Verfahren durch deduktives Vorgehen<sup>66</sup> mit Top-down<sup>67</sup> Ansatz charakterisiert. Die Erfassung der Daten erfolgt präzise und strukturiert in Form von Zahlen, Variablen und sonstigen definierten Angaben. Das Ergebnis der Verfahren ist grundsätzlich allgemeingültig. In Anbetracht der in Kapitel 1.2 formulierten Zielsetzungen des Forschungsvorhabens wird demzufolge der quantitative Verfahrensansatz als wissenschaftliche Grundlage der ausstehenden Datenerhebung und -auswertung gewählt.

## 4.2 Festlegung des Untersuchungsgegenstandes

Gegenstand der Untersuchung bilden die gebäudetechnischen Anlagen sowie deren Instandhaltungskosten bezogen auf die Kostengruppe 400 entsprechend der DIN 276 – „Kosten im Bauwesen“ (vgl. Kapitel 2.1). Berücksichtigt werden ausschließlich Brutto Aufwendungen<sup>68</sup> der Instandhaltungsmaßnahmen *Wartung*, *Inspektion* und *Instandsetzung* entsprechend ihrer Definition nach DIN 31051:2012-09 (vgl. Kapitel 2.4). Die Aufwendungen des Betätigen und Bedienens<sup>69</sup> sind, analog gängiger Praxis, in den Budgetkosten der Wartungs- und Inspektionsmaßnahmen und zu einem sehr geringen Teil in den Instandsetzungskosten inkludiert. Explizit vom Untersuchungsgegenstand ausgeschlossen sind die Kosten der *Verbesserung*. Die erhobenen Kostendaten zur *Wartung*, *Inspektion* und *Instandsetzung* sind entsprechend ihrer Maßnahmenart zu differenzieren. In diesem Zusammenhang sind die operativen sowie die administrativen Instandhaltungskosten zu berücksichtigen. Die operativen Aufwendungen, die unmittelbar im Zusammenhang mit einer Wartungs-, Inspektions- oder Instandsetzungsmaßnahme der technischen Anlagen anfallen, umfassen Eigenpersonalkosten (Handwerkerleistungen),

---

<sup>66</sup> Deduktion ist das Ableiten von Aussagen auf Grundlage anderer Aussagen mittels logischer Schlussfolgerung.

<sup>67</sup> Englisch: von oben nach unten

<sup>68</sup> Baukostengruppen 410 bis 490 differenziert bis in die 2. Ebene nach DIN 276

<sup>69</sup> umfasst alle Arbeiten, die durch das Bedienpersonal für den reibungslosen Betrieb von Anlagen durchzuführen sind

Fremdpersonalkosten<sup>70</sup> und Materialkosten<sup>71</sup>, während die administrativen Kosten die Aufwendungen verwaltungsbezogener und dispositiver Aufgaben beinhalten, die sowohl bei Eigenleistung als auch bei Fremdvergabe (Einzelvergabe, Wartungsverträge, Instandhaltungsverträge) anfallen. Ergänzend bedarf es der Zusammenstellung verschiedener gebäude- bzw. anlagenspezifischer Spezifikationen, um im Anschluss an die Erhebung die angestrebten Analysen zur Identifikation potenzieller Einflussfaktoren auf die Instandhaltung durchführen zu können. Hierzu gehören unter anderem Angaben zur Gebäudegröße (Fläche, Volumen, Höhe), zum Gebäude- und Anlagenalter und der überwiegenden Gebäudenutzungsart. Ferner werden betriebsrelevante technische Größen (Betriebsdauer, Inspektions- und Wartungsintervalle, technischer Ausstattungsstandard, Anlagenzustand) sowie allgemeine Informationen abgefragt (vgl. Tabelle 4-1).

Die Auswahl der erforderlichen kosten- und gebäudebezogenen Inhalte erfolgt auf Grundlage einer umfassenden Literaturrecherche, den Erfahrungen bereits abgeschlossener Forschungsprojekte<sup>72</sup> sowie dem Einbezug der Experten<sup>73</sup> des AMEV Arbeitskreises für die Technische Gebäudeausrüstung (TGA). Im Rahmen ihrer abschließenden Definition und tabellarischen Festlegung wird den zu erhebenden Informationen eine zusätzliche Dringlichkeitskategorie zugeordnet (vgl. Tabelle 4-1). Die als „*notwendig*“ markierten Inhalte definieren die Mindestanforderungen an die bereitzustellenden kosten- und gebäudebezogenen Informationen insbesondere in Bezug auf die

---

<sup>70</sup> Unter Fremdkosten werden sämtliche Bruttokosten verstanden, die durch Fremdfirmen für die Instandhaltung oder den Betrieb der technischen Gebäudeausrüstung aufgelaufen sind.

<sup>71</sup> Materialkosten umfassen sämtliche Bruttokosten, die für Ersatzteile sowie Verbrauchsstoffe für die Instandhaltung der technischen Gebäudeausrüstung aufgelaufen sind.

<sup>72</sup> z. B. dem Projekt BEWIS „Optimierte Bewirtschaftungsstrategie zum Werterhalt von Immobilien“ [PfBL07], dem Kooperationsprojekt mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) zur Instandhaltungsbudgetierung von Büro-, Werkstatt- und Laborgebäuden [StBo13] und dem Kooperationsprojekt mit der Evangelischen Landeskirche in Baden zur Instandhaltungsbudgetierung von Sakralgebäuden [BoRa11].

<sup>73</sup> Bestehend aus Vertretern des Arbeitskreises Maschinen und Elektrotechnik staatlicher & kommunaler Verwaltungen (AMEV), des Hochschulinformationssystem (HIS), der Arbeitsgemeinschaft Technischer Abteilungen (ATA), der Stadt Hannover, der Hochschule Karlsruhe (HsKA) und dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

erforderliche Datenmenge und Datentiefe. Mit Hilfe der Kategorisierung wird einem potenziellen Datenspender somit ein schneller Überblick über die zwingend zu liefernden Inhalte und eine erste Einschätzung des hieraus resultierenden Arbeitsaufwands<sup>74</sup> ermöglicht.

Die Informationen, die mit der Dringlichkeitsstufe „*sofern vorhanden*“ markiert sind, stellen hingegen zusätzliche Angaben zur nachträglichen Datenverifizierung dar<sup>75</sup> oder beziehen sich auf Inhalte erhöhter Genauigkeit und Differenzierung<sup>76</sup>, die in der Praxis jedoch nur selten zur Verfügung gestellt werden können. Die entsprechenden Werte sind demnach für die erfolgreiche Realisierung des Forschungsvorhabens entweder nicht zwingend notwendig, substituierbar oder können mit Hilfe geeigneter Kennwerte auf Grundlage anderer Informationen abgeleitet werden<sup>77</sup>. Folgerichtig wurde den datenspendenden Institutionen die Bereitstellung der entsprechenden Informationen im Sinne einer möglichst niedrigen Arbeitsbelastung freigestellt.

Die nachfolgende Tabelle 4-1 fasst die als Untersuchungsgegenstand festgelegten und zu erhebenden Informationen zusammen.

---

<sup>74</sup> Zur Bereitstellung bereits vorliegender und gegebenenfalls zur Neuerhebung bislang fehlender Daten.

<sup>75</sup> z. B. Zustandsbewertung der Anlagen in Form einer Schulnote von 1-6

<sup>76</sup> z. B. Herstellungswert (HSW) der Kostengruppe 400 (gem. DIN 276) bzw. der HSW einzelner technischer Anlagen

<sup>77</sup> z. B. kann der WBW der KG 400 mit Hilfe der Kennzahlen des BKI aus dem WBW des Gesamtgebäudes abgeleitet werden.

Tabelle 4-1: Übersicht der kosten- und gebäudebezogenen Informationen

Liste der im Rahmen der Untersuchung erhobenen Informationen			
A	Kostenbezogene Informationen	notwendig	Sofern vorhanden
1	HSW oder WBW des Gebäudes <sup>78</sup>	X	
2	HSW oder WBW der Kostengruppe 400 (gem. DIN 276)		X
3	HSW oder WBW einzelner technischer Anlagen		X
4	Kosten der Instandhaltung unter Angabe...		
4a	... der Kostenform (Brutto- oder Nettokosten)	X	
4b	... des Ausführungs- bzw. Rechnungsjahr der Maßnahme	X	
4c	... der Maßnahmenzuordnung (W/I/IS) <sup>79</sup>	X	
4d	... der Kostengruppenzuordnung (gem. DIN 276 – 2. Ebene)	X	
4e	... der Kurzbeschreibung der durchgeführten Maßnahme		X
4f	... umzulegender Kosten bedingt durch die anteilige Nutzung „externer“ Anlagen	X	
4g	... der Kostendifferenzierung in administrative und operative Aufwendungen	X	
4h	... der Kosten pauschaler Fremdvergaben aller technischen Anlagen	X	
4i	... der Einschätzung des aktuellen Instandhaltungsniveaus	X	
4j	... des durchschnittlichen Instandhaltungsdefizits	X	
<b>B</b>	<b>Gebäuderahmendaten</b>		
1	Jahresangabe der Gebäude- bzw. Anlagenerrichtung	X	
2	Jahresangabe bei Austausch einer technischen Anlage		X
3	Überwiegende Gebäudenutzungsart (ggf. anteilig)	X	
4	Bruttorauminhalt (BRI)		X
5	Bruttogrundfläche (BGF)	X	
6	Nutzfläche (NF)		X
7	Betriebsdauer der technischen Anlagen	X	
8	Technischer Ausstattungsstandard	X	
9	Zustandsbewertung der Anlagen (Schulnote 1-6)		X
10	Anzahl der Vollgeschosse (inkl. UG)	X	
11	Art der Wärmeversorgung (zentral oder dezentral)	X	
12	Inspektions- und Wartungsintervalle je Kostengruppe		X
13	Bildmaterial (Ansicht des Gesamtbauwerks)	X	
<b>C</b>	<b>Sonstige Angaben</b>		
1	Institutspezifikation des Datenspenders	X	
2	Bundesland des Datenspenders	X	

<sup>78</sup> HSW = Herstellungswert, WBW = Wiederbeschaffungswert

<sup>79</sup> W = Wartung, I = Inspektion, IS = Instandsetzung

## 4.3 Stichprobengewinnung

Die Stichprobengewinnung bzw. die Datenspenderansprache erfolgte in Form zweier Anfragewellen im Gesamtzeitraum von Januar bis April 2012. Da der Erfolg bei der unentgeltlichen Bereitstellung von Realdaten grundsätzlich im direkten Zusammenhang mit der Motivation sowie dem Commitment<sup>80</sup> der datenspendenden Institutionen steht, ist die gezielte Auswahl der potenziellen Datenspender von besonderer Bedeutung. In Abstimmung mit dem AMEV Arbeitskreis sollte die erste Anfragewelle demnach vorrangig auf Basis zielgerichteter Empfehlungen und persönlicher Kontakte der beteiligten Arbeitskreismitglieder durchgeführt werden. Ein besonderes Augenmerk galt jenen Institutionen der öffentlichen Hand, die sich bereits zuvor bei vergleichbaren Projekten engagiert oder in der Vergangenheit Interesse an verwandten Forschungsthemen signalisiert haben. Nach Zusammenführung aller Kontakte konnte auf diesem Wege eine erste Liste von 42 potenziellen Datenspendern<sup>81</sup> erstellt werden.

Im Rahmen der ersten Anfragewelle erfolgte daraufhin eine telefonische Kontaktaufnahme, die vorrangig der frühestmöglichen Klärung der grundsätzlichen Bereitschaft der Institution zur aktiven Unterstützung des Forschungsvorhabens diente. Im Falle einer positiven Rückmeldung wurde der Kontaktperson umgehend ein kommentierter Vorab-Fragebogen (per Mail) zugesendet oder, sofern möglich, im Rahmen eines Vorort-Gesprächs persönlich übergeben. Der Fragebogen beinhaltete erste grundlegende Informationen und Fragestellungen zu den geplanten Untersuchungsinhalten. Seine tabellarische Form ermöglichte es den Datenspendern, einen schnellen Überblick über die bereitzustellenden Informationen sowie eine erste Einschätzung des zu erwartenden Arbeitsaufwands bei Projektunterstützung zu gewinnen. Die Gesamtdarstellung des Fragebogens ist der Anlage 3 zu entnehmen.

---

<sup>80</sup> dt. Einstandspflicht, Bekenntnis, Hingabe

<sup>81</sup> 24 Hochschulen & Universitäten, 15 Städte & Gemeinden, 3 sonstige Institutionen

Auf Basis der 23 ausgefüllten Rückläufer konnte im Gegenzug ein erster Eindruck über die zu erwartende Datenquantität und -qualität erlangt werden. Bei der Beantwortung des Fragebogens konnte der Datenspender telefonischen Support durch die wissenschaftliche Betreuung in Anspruch nehmen. Um einem potenziellen Datenspenderverlust aufgrund fehlender Informationen oder auftretender Unklarheiten frühzeitig entgegenzuwirken, erfolgten zudem regelmäßige gezielte Kontaktaufnahmen durch den Projektbearbeiter. Neben der Motivation der Datenspender förderte dieses Vorgehen maßgeblich die Qualitätssicherung aller übermittelten Daten, da eine inkorrekte, durch Missverständnisse verursachte Informationsangabe auf diesem Wege bereits zu Beginn wirksam verhindert werden konnte.

Im Folgeschritt wurde die regionale Verteilung der Datenspender anhand des Rücklaufs der ersten Anfragewelle überprüft, da im Sinne der angestrebten Repräsentativität des zu generierenden Datenstamms eine möglichst homogene deutschlandweite Verteilung der Datenspender gewährleistet werden sollte. Da diese im Ergebnis nicht vollumfänglich erreicht werden konnte, wurden in einer zweiten Anfragewelle von März bis April 2012 weitere 26 Institutionen<sup>82</sup> mit der Bitte um Projektunterstützung kontaktiert. Die Identifikation der potenziellen Datenspender erfolgte hierbei erstmalig mittels gezielter Internetrecherche. Der fehlende persönliche Bezug zu den kontaktierten Institutionen machte sich in einer deutlich geringeren Bereitschaft zur unentgeltlichen Unterstützung des Forschungsvorhabens bemerkbar. Im Rahmen der zweiten Anfragewelle haben sich lediglich 3 weitere Institutionen zur Projektunterstützung bereit erklärt.

In Summe konnten 21 aktive Datenspender in Form von 14 Hochschulen und Universitäten, 5 Städten und Gemeinden sowie 2 sonstigen Institutionen zur Projektteilnahme gewonnen werden. Angesichts der Gesamtanzahl kontaktierter Institutionen (68 Stück) entspricht dies einer Erfolgsquote von ca. 30,9%. Weitere fünf Institutionen haben, trotz anfänglich signalisierter Bereit-

---

<sup>82</sup> 21 Hochschulen & Universitäten, 4 Städte & Gemeinden, 1 sonstige Institution

schaft, ihre Zusage während der Datenerfassungsphase revidiert. Als Ursachen wurden überwiegend fehlende Mitarbeiterkapazitäten oder eine dem Forschungsvorhaben unzuträgliche mangelhafte Datengüte angegeben. Die räumliche Verteilung der 21 aktiven Datenspender erstreckt sich auf insgesamt 11 Bundesländer. Sie deckt somit nahezu die gesamte Fläche Deutschlands mit Ausnahme der Bundesländer Thüringen, Bayern und Sachsen ab (vgl. Abbildung 4-1).



Abbildung 4-1: Übersicht der regionalen Verteilung der projektunterstützenden Datenspender [BoBL13]

## 4.4 Realdatenerhebung

### 4.4.1 Vorbereitung der Datenerhebung

Nach Auswertung der Vorab-Fragebögen wurden die Datenspender sukzessive telefonisch kontaktiert und/ oder persönlich aufgesucht, um gemeinsam den Prozess der Realdatenlieferung abzusprechen. Als Diskussionsgrundlage wurde den Kontaktpersonen vorab eine Liste aller projektrelevanten Daten in Form der in Tabelle 4-1 aufgeführten Übersicht der kosten- und gebäudebezogenen Anforderungen zugesandt. Im Folgeschritt erfolgte, in enger Abstimmung mit den Institutionen, die Festlegung der zur Realisierung angestrebten Datenmenge, -form und -tiefe sowie des voraussichtlichen Liefertermins. Parallel zum Start der Phase der Datenlieferung wurde ferner eine projektspezifische Datenbank<sup>83</sup> erstellt, die der Integration, Strukturierung und späteren Auswertung der Realdaten dienen sollte. Um ein standardisiertes Vorgehen bei der Datenintegration zu gewährleisten, wurden im Vorfeld verschiedene Entscheidungsregeln bzw. Bearbeitungsprozesse definiert<sup>84</sup> und in Form einer umfassenden Checkliste dokumentiert (vgl. Anlage 4). Im Verlauf der weiteren Projektbearbeitung wurde diese fortwährend ergänzt. Auf Grundlage der Entscheidungs- und Verfahrensregeln konnte eine einheitliche, transparente und qualitativ homogene Datenerfassung gewährleistet werden, was nicht zuletzt in Anbetracht der enormen zu verarbeitenden Datenmenge sowie dem langwierigen Erfassungsprozess von großer Bedeutung war.

### 4.4.2 Eingabe der erhobenen Daten

Die Integration der von den Institutionen zur Verfügung gestellten 9.702 Realdatensätze erfolgte nicht, entgegen gängiger Praxis, durch automatisierten digitalen Datenimport, sondern durch manuelle Eingabe durch den Verfasser. Wenngleich dieses Vorgehen sich äußerst zeit- und arbeitsaufwen-

---

<sup>83</sup> Auf Basis von Microsoft Access (vgl. Abbildung 4-2)

<sup>84</sup> z. B. im Fall unklarer oder unvollständiger Datensätze etc.

dig gestaltet, beinhaltet es den verfahrensimmanenten wichtigen Vorteil der datensatzpräzisen und persönlichen Kontrolle aller in der Datenbank verorteten Angaben. Dies führt zu einer außerordentlich geringen Fehlerquote der Datenbankinhalte, da auffällige, inkorrekte oder gar fehlende Informationen umgehend erkannt, im direkten Kontakt mit dem Datenspender geklärt und gegebenenfalls berichtigt werden konnten<sup>85</sup>. Nichtsdestotrotz birgt auch die manuelle Datenintegration ein gewisses Risiko inhaltlicher (z. B. durch Fehlzuordnungen der Maßnahmenart o. Ä.) und formaler Fehler (z. B. Fehlangaben durch Tippfehler o. Ä.). Aus diesem Grund wurden sämtliche Datenbankinhalte vor Auswertungsbeginn im Rahmen umfangreicher datenbankbasierter Plausibilitäts- und Qualitätsprüfungen<sup>86</sup> auf potenzielle Fehler überprüft und gegebenenfalls korrigiert.

The screenshot shows a Microsoft Access window titled 'AMEV\_DB\_20120316 : Datenbank (Access 2007) - Microsoft Access'. The main window displays a data table with the following columns: ID, Kurz\_ID, Geb\_ID, IH\_Typ, Jahr, Netto, Brutto, Sum, 01\_Uml, 02\_Pausch, 03\_Per, 04\_Mat, 05\_Overh, 276\_01, and 276\_02. The data rows show various entries with numerical values in the 'Netto' and 'Brutto' columns, and 'sum' in the 'Sum' column. The 'Jahr' column contains years from 1991 to 2004. The 'ID' column contains numbers from 1 to 50. The 'Kurz\_ID' column contains 'UN\_KAR\_BW'. The 'Geb\_ID' column contains '19\_101'. The 'IH\_Typ' column contains 'IS'. The 'Netto' column contains values like 832,01 €, 401,36 €, 2.635,80 €, etc. The 'Brutto' column contains values like 0,00 €, 0,00 €, 0,00 €, etc. The 'Sum' column contains 'sum'. The '01\_Uml' column contains checkboxes. The '02\_Pausch' column contains checkboxes. The '03\_Per' column contains checkboxes. The '04\_Mat' column contains checkboxes. The '05\_Overh' column contains checkboxes. The '276\_01' column contains values like 400, 470, 400, etc. The '276\_02' column contains values like 470, 470, 470, etc.

Abbildung 4-2: Beispielhafter Ausschnitt der Projektdatenbank

<sup>85</sup> z. B. falls in der Liste der zur Verfügung gestellten Kostendaten ein Erfassungsjahr nur unvollständig oder aber fälschlicherweise Kosten der Verbesserung erfasst wurden

<sup>86</sup> Über geeignete Verhältniszerte (z. B. WBW/BGF) und Prüffilter

### 4.4.3 Vereinheitlichung der Kostendaten

Im Anschluss an die erfolgreiche Integration und Prüfung der Realdatensätze bedurfte es der Vor- bzw. Aufbereitung die Datenbankinhalte für die bevorstehenden Forschungsanalysen. Dies umfasste insbesondere die nachträgliche Umwandlung etwaiger Nettokostenangaben in Bruttokosten<sup>87</sup> sowie die einheitliche Kostenindizierung auf ein gemeinsames Basisjahr. Für die Umwandlung der Nettoangaben wurden hierzu folgende Umsatzsteuersätze herangezogen:

1990 – 1992:	14%	1998 – 2006:	16%
1993 – 1997	15%	2007 – 2012:	19%

Die Anpassung der Werte erfolgte durch die prozentuelle Anhebung der Nettokosten entsprechend ihres Erfassungsjahres. Des Weiteren war es essentiell, die erhobenen Kostenwerte auf ein gemeinsames Basisjahr zu indizieren, um die Steigerung des Preisniveaus über die Zeitspanne aller erfassten Jahre zu berücksichtigen und so die Vergleichbarkeit von Kostenaufwendungen unterschiedlicher Erfassungsjahre sicher zu stellen. Aus diesem Grund wurden sämtliche Kostenangaben auf Basis des Baupreisindex des Statistischen Bundesamts<sup>88</sup> auf das Jahr 2011 indiziert. Zur kalkulatorischen Umwandlung der Kostenwerte diente die nachfolgend aufgeführte Formel:

$$IHK_{2011} = \frac{IHK(t_{Erfassungsjahr}) \cdot BPI_{2011}}{BPI(t_{Erfassungsjahr})}$$

4.1

IHK	Instandhaltungskosten in Euro
BPI	Baupreisindex

<sup>87</sup> Das neu zu entwickelnde Budgetierungsverfahren ist ausschließlich auf die Berechnung von Bruttokosten ausgelegt.

<sup>88</sup> Aufgeführt in Anlage 2

#### 4.4.4 Ermittlung und Ausgleich des Instandhaltungsdefizits

Ausgangspunkt aller weiteren Untersuchungen kann nur ein Datenpool sein, dessen Inhalt die tatsächlich notwendigen Aufwendungen für eine angemessene Instandhaltung gebäudetechnischer Anlagen repräsentiert. Die Verwendung empirischer Kosteninformationen als Grundlage zukünftiger Budgetbestimmungen beinhaltet jedoch das inhärente Risiko der systembedingten Fehlprognose. Voraussetzung einer belastbaren Schätzung auf Grundlage empirischer Werte stellt insbesondere die Angemessenheit der in der Vergangenheit getätigten Maßnahmen bzw. Ausgaben dar. Im Fall eines inkorrekten, durch Unter- oder Überbudgetierung charakterisierten Datenstamms, würden bei direkter Datenübernahme Fehler der Vergangenheit fälschlicherweise in der Zukunft fortgeschrieben (vgl. auch Kapitel 3.3). Aus diesem Grund ist es unabdingbar, die Angemessenheit der erhobenen Realkostendaten zu verifizieren und gegebenenfalls zu korrigieren. Zur Einschätzung der erhobenen Kosteninformationen in Bezug auf die Angemessenheit der getätigten Maßnahmen wurden sämtliche Datenspender gebeten, das Instandhaltungsniveau ihrer Institution für den Datenerfassungszeitraum zu bewerten. Im ersten Schritt wurden die Institutionen aufgefordert, ihre grundsätzliche Budgetsituation der vergangenen Jahre anhand der in Tabelle 4-2 aufgeführten Klassifikation in verschiedene Budgetklassen einzuordnen.

Tabelle 4-2: Übersicht der Budgetklassifikation

Budgetklassifikation	
Klasse	Beschreibung
1	Das Budget ist voll ausreichend (sämtliche gesetzliche Vorgaben sowie alle sonstigen notwendigen Instandhaltungsmaßnahmen können durchgeführt werden).
2	Das Budget ist ausreichend (sämtliche gesetzliche Vorgaben sowie die Mehrheit aller sonstigen notwendigen IH-Maßnahmen können durchgeführt werden).
3	Das Budget ist mit Einschränkungen ausreichend (sämtliche gesetzliche Vorgaben sowie die wichtigsten sonstigen notwendigen IH-Maßnahmen können durchgeführt werden).
4	Das Budget ist defizitär (lediglich die gesetzlichen Vorgaben können erfüllt werden – darüber hinaus können kaum/keine sonstigen notwendigen IH-Maßnahmen durchgeführt werden).
5	Das Budget ist stark defizitär (lediglich ein Teil der gesetzlichen Vorgaben können erfüllt werden – darüber hinaus können keine weiteren notwendigen IH-Maßnahmen durchgeführt werden).
6	Das Budget ist absolut unzureichend (nicht einmal die wichtigsten gesetzlichen Vorgaben können auf Basis des Budgets ausgeführt werden).

Im zweiten Schritt wurden die Datenspender ersucht, eine differenzierte gebäudespezifische Einschätzung in Bezug auf das zur Verfügung stehende Instandhaltungsbudget abzugeben. Hierbei bezifferten die jeweiligen Instandhaltungsverantwortlichen die anteilige Abweichung ihres realen Ist-Instandhaltungsbudgets von einem der Klasse 1 gleichzusetzenden Soll-Instandhaltungsbudget<sup>89</sup>.

Das Abfrageergebnis bestätigte die Annahme, dass die zur Verfügung stehenden Budgets, respektive die dokumentierten Instandhaltungsinvestitionen der vergangenen Jahre, in der Summe keinesfalls einem Investitionsniveau entsprechen, das eine angemessene und nachhaltige Instandhaltung gebäudetechnischen Anlagen langfristig sichern könnte. Gemäß der in Tabelle 4-2 aufgeführten Budgetklassifikation hat die Mehrzahl aller am Projekt beteiligten Datenspender ihren Investitionsspielraum den Klassen 2 und 3 zugeordnet. Demzufolge kann der überwiegende Teil aller Institutionen zwar den rechtlich vorgeschriebenen Maßnahmen nachkommen, für sonstig notwendige Investitionen fehlen hingegen wichtige monetäre Handlungsspielräume. Es liegt daher die Vermutung nahe, dass die öffentlichen Verwaltungen der Hochschulen, Universitäten, Städten und Gemeinden in der Vergangenheit Instandhaltungsdefizite in Form von Instandhaltungsrückständen aufgebaut haben. Die Bewertung der prozentualen Abweichung des Ist- vom Sollbudget bestätigt diese Vermutung. Nach Angabe der Instandhaltungsverantwortlichen kann nur etwa ein Fünftel des Gesamtportfolios auf dem Niveau der Budgetklasse 1 instandgehalten werden, während die verbleibenden 80% aller untersuchten Gebäude ein Budgetdefizit von 10% bis zu 70% aufweisen. Die durchschnittliche Unterbudgetierung des Gesamtportfolios beläuft sich auf ca. 22%. Das Resultat bestätigt die Notwendigkeit, die Datenbankinhalte anzupassen, um einer systembedingter Fortführung der offensichtlichen Unterbudgetierung in Zukunft entgegenzuwirken. Hierzu wurden die empirischen Kosteninformationen durch Anhebung entsprechend der prozentualen Defizitangaben gebäudescharf angepasst.

---

<sup>89</sup> z. B. „Das Budgetdefizit des vergangenen Jahres für das Gebäude X bezogen auf das Sollbudget der Klasse 1 betrug ca. 20%.“

#### 4.4.5 Quantifizierung der Datenbasis

Zur Bildung einer belastbaren Datenbasis für die Instandhaltung gebäude-technischer Anlagen ist es wichtig, eine größtmögliche Anzahl von Objekten unterschiedlicher Baualtersklassen zu erfassen [[BKI11] S.22]. Im Rahmen der vorab beschriebenen Erhebung konnten insgesamt über 9.700 Datensätze mit instandhaltungsrelevanten Informationen zu 136 Gebäuden der öffentlichen Hand dokumentiert werden<sup>90</sup>. Das neu generierte Untersuchungsportfolio umfasst 14 typische Gebäudenutzungsarten öffentlicher Immobilien:

Tabelle 4-3: Übersicht der Gebäudenutzungsarten

Übersicht der Gebäudenutzungsarten	
Nutzung	Anzahl
Instituts- und Lehrgebäude	38 Stück
Forschungs- und Laborgebäude	22 Stück
Büro- und Verwaltungsgebäude_01 <sup>91</sup>	14 Stück
Schulgebäude	13 Stück
Sportbauten	10 Stück
Büro- und Verwaltungsgebäude_02 <sup>92</sup>	9 Stück
Feuerwehrgebäude	9 Stück
Kindertagesstätten	8 Stück
Bibliotheken	4 Stück
Stadthallen / Theater	3 Stück
Mensen	2 Stück
Schwimmbhallen	2 Stück
Werkstätten	1 Stück
Rechenzentren	1 Stück

Die Gesamtbruttogrundfläche (BGF) aller erfassten Bauwerke summiert sich auf mehr als 1 Mio. Quadratmeter und liegt im Durchschnitt bei ca. 7.850 m<sup>2</sup>. Die Altersstruktur des Untersuchungsportfolios stellt sich wunschgemäß heterogen dar. Die Erbauungsjahre datieren mehrheitlich aus den Jahren

<sup>90</sup> Dies entspricht einem Schnitt von 7 Gebäuden je Datenspender

<sup>91</sup> Kleinere und mittelgroße Bauten ohne oder mit geringem repräsentativen Anspruch

<sup>92</sup> Großbauten mit hohem repräsentativen Anspruch

1930 bis 2010 und bilden somit einen Zeitraum von 80 Jahren ab. Bezüglich der instandhaltungsrelevanten Aufwendungen konnten empirische Kostendaten für den Gesamtzeitraum von 1991 bis 2011 erfasst werden. Je nach Institution beläuft sich der individuelle Erfassungszeitraum der zur Verfügung gestellten Realdaten auf ein Jahr bis maximal 19 Jahre. Der Durchschnitt liegt bei ca. 5 Jahren je Gebäude.

Der Wiederbeschaffungswert aller gebäudetechnischen Anlagen (KG 400) des Gesamtportfolios summiert sich auf ca. 620 Mio. Euro<sup>93</sup>. Dies entspricht einem durchschnittlichen monetären Umfang von etwa 4,56 Mio. Euro je Bauwerk. Die maßgeblichen Rahmendaten des neu generierten Datenpools sind nachfolgend nochmals in tabellarischer Form (vgl. Tabelle 4-4) zusammengefasst.

Tabelle 4-4: Rahmendatenübersicht des Realdatenpools

Rahmendaten des Untersuchungsportfolios	
<b>Übergeordnete Informationen</b>	
Anzahl Datenspender	21 Stück
Anzahl Hochschulen / Universitäten	14 Stück
Anzahl Städte + Gemeinden	5 Stück
Sonstige	2 Stück
Anzahl Gebäude	136 Stück
Anzahl Datensätze	ca. 9.700 Stück
Erfassungszeitraum	1991 – 2011
Erfassungszeitraum $\emptyset$	5 Jahre
Gebäudenutzungsarten	14 Stück
<b>Immobilienbezogene Informationen</b>	
WBW KG 400 des Gesamtportfolios	ca. 619 Mio. €
WBW KG 400 $\emptyset$ / Gebäude	ca. 4,56 Mio. €
Bruttogrundfläche Gesamtportfolio	ca. 1,06 Mio. m <sup>2</sup>
Bruttogrundfläche $\emptyset$ / Gebäude	ca. 7.850 m <sup>2</sup>
Immobilienalter	2 – max. 312 Jahre
Immobilienalter $\emptyset$	ca. 43 Jahre
Anzahl Vollgeschosse	1 – 17 Stück

<sup>93</sup> Bezogen auf das Basisjahr 2011

## 4.5 Statistische Einschätzung der Datenbasis

Um die wissenschaftliche Belastbarkeit des erhobenen Stichprobenumfangs einschätzen zu können, bedarf es seiner statistischen Überprüfung in Bezug auf seine strukturelle Übereinstimmung mit der so genannten Grundgesamtheit<sup>94</sup> [[JaLa13] S.219]. Die Grundgesamtheit umfasst den Gesamtgebäudebestand inklusive seiner gebäudetechnischen Anlagen in Deutschland. Über dessen Zusammensetzung sowie über die resultierenden Gesamtkosten zur Instandhaltung seiner technischen Gebäudeausrüstung liegen keine wissenschaftlich fundierten Informationen vor. Ein direkter Vergleich der erhobenen Stichprobe mit den Werten der Grundgesamtheit ist daher nicht realisierbar.

Mit Hilfe statistischer Überlegungen ist es im Umkehrschluss jedoch möglich, auf Basis der erhobenen Stichprobe zumindest eine Bandbreite bzw. ein so genanntes Konfidenzintervall<sup>95</sup> zu bestimmen, innerhalb dessen sich der wahre Wert der Grundgesamtheit, abgeleitet aus der Stichprobe, aller Voraussicht nach bewegt [[LuMa13] S.1], [[JaLa13] S.219]. Zur Bestimmung des Konfidenzintervalls bedient man sich der Streuung der gedanklichen Stichprobenverteilung, die durch wiederholte Ziehungen einer großen Stichprobenzahl entsteht. Die statistischen Maßzahlen der Stichprobe dienen folglich als Schätzwerte zur Bestimmung der potenziellen Ausprägung der Grundgesamtheit [[JaLa13] S.219]. Je kleiner das Konfidenzintervall ausfällt, desto präziser repräsentiert die erhobene Stichprobe die anzunehmende Grundgesamtheit. Das Konfidenzintervall wird im Wesentlichen von zwei Parametern beeinflusst. Zum einen von der Datenstreuung der Stichprobe, zum anderen vom Stichprobenumfang. Eine große Streuung und ein geringer Stichprobenumfang wirken sich erhöhend auf das Konfidenzintervall aus, während eine geringe Streuung und ein großer Stichprobenumfang eine Reduktion des Intervalls und demnach eine Steigerung der Datenbelastbarkeit zur Folge haben [[JaLa13] S.222]. Angesichts der in Kapitel 3 beschriebenen Rahmenbe-

---

<sup>94</sup> Menge aller statistischen Einheiten mit übereinstimmenden Identifikationskriterien

<sup>95</sup> Der Wertebereich, in dem man den interessierenden Parameter der Grundgesamtheit mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit erwartet.

dingungen in Bezug auf die problembehaftete Datenerhebung hochwertiger Kosteninformationen zur Instandhaltung, konnte im vorliegenden Projekt keine statistische Belastbarkeit im üblichen Sinne erwartet werden. Die nachfolgenden Auswertungen (vgl. Tabelle 4-5) bestätigen diese Annahme.

Tabelle 4-5: Konfidenzintervall der Grundgesamtheit

	Testwert = 0				
	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
				Untere	Obere
Instandhaltungskosten anteilig am WBW	136	0,000	2,98353%	2,6308%	3,3363%

Während die Streuung der erhobenen Realkostendaten, bedingt durch die mannigfaltige, individuelle Ausprägung der Immobilien erwartungsgemäß groß ausfällt, konnten, ungeachtet aller Anstrengungen, nur 136 Immobilien als Gesamtstichprobenumfang erarbeitet werden. Unter statistischen Gesichtspunkten ist die hieraus resultierende Fallanzahl als vergleichsweise gering einzustufen. Die entsprechende Auswertung des 95% - Konfidenzintervalls führt demzufolge im Ergebnis eine relativ große Wertspanne auf. Der untere Grenzwert liegt bei ca. 2,63%, der obere bei ca. 3,33% anteilig am Wiederbeschaffungswert. Dies bedeutet, dass der tatsächlich anzunehmende Mittelwert der Gesamtheit mit 95%iger Wahrscheinlichkeit zwischen der unteren und oberen Intervallgrenze liegt. Die große Spanne des Konfidenzintervalls von 0,70% impliziert eine verringerte Genauigkeit bzw. Belastbarkeit der Datenbasis. Diese Annahme wird von der Auswertung des Standardfehlers des Mittelwerts gestützt. Der Standardfehler entspricht der Standardabweichung<sup>96</sup> der Stichprobenverteilung, die durch wiederholte Ziehungen einer großen Stichprobenzahl ermittelt wurde [[JaLa13] S.219]. Die statistisch geschätzten potenziellen Mittelwerte der Gesamtheit weichen entsprechend Tabelle 4-6 im Durchschnitt um ca. 0,18% vom empirisch berechneten Mittelwert ab. Bezogen auf letzteren (ca. 2,98% anteilig am WBW) umfasst der

<sup>96</sup> Maß für die Streuung der Werte einer Zufallsvariablen um ihren Erwartungswert

Standardfehler (0,18% anteilig am Wiederbeschaffungswert) eine relative Abweichung von etwa 6%.

Tabelle 4-6: Standardfehler des Mittelwerts

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
IHK anteilig am WBW	136	2,9835%	2,08017%	0,17837%

Da die relative Abweichung im Positiven als auch im Negativen zum Tragen kommt, ergibt sich ein rechnerisches Standardfehlerintervall von ca. 12% [[MeFr04] S.460]. Dieses liegt oberhalb der unter statistischen Gesichtspunkten für wissenschaftliche Arbeiten empfohlenen Werte. In diesem Zusammenhang muss jedoch zwischen dem experimentellen und praxisbezogenen Forschungsansatz differenziert werden. Im Gegensatz zur experimentellen Forschung werden in der praxisbezogenen Forschung, aufgrund der Besonderheiten der Stichprobengewinnung, deutlich größere Fehlerintervalle akzeptiert. MEIßNER und FREIDANK schreiben hierzu: „*Ein Fehlerintervall von 10% wird in der Praxis häufig als tolerabel und als Indikator für einen noch akzeptablen Modellfit angesehen*“ [[MeFr04] S.460].

Angesichts der grundsätzlich mangelhaften Datenverfügbarkeit im Bereich der Instandhaltung kann der erhobene Datenstamm daher durchaus als eine geeignete Forschungsgrundlage eingestuft werden. Wenngleich seine Belastbarkeit keinesfalls uneingeschränkt den gängigen Ansprüchen statistischer Kennwerte entspricht, stellt er in Punkto Quantität und Qualität, insbesondere im Vergleich mit den sonstig verfügbaren Datenquellen, eine maßgeblich verbesserte Datengrundlage dar. Das festgestellte datenimmanente Risiko potenzieller Ungenauigkeiten bleibt für die im Folgenden berichteten Untersuchungsergebnisse zu beachten. Nichtsdestotrotz ist davon auszugehen, dass die angestrebten Analyseerkenntnisse in Anbetracht der bislang mangelhaften Ausgangssituation (vgl. Kapitel 1 und Kapitel 3), zu einer bedeutsamen Verbesserung der Instandhaltungsbudgetierung gebäudetechnischer Anlagen führen.

# 5 Verfahrensentwicklung - Analysen und Ergebnisse

Zentrales Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung eines analytischen, wiederbeschaffungswertbasierten Budgetierungsmodells zur Instandhaltungskalkulation gebäudetechnischer Anlagen öffentlicher Immobilienportfolien (vgl. auch Kapitel 1.2). Zur erfolgreichen Verfahrensentwicklung ist die Überprüfung verschiedener Hypothesen und Voraussetzungen notwendig. Die in diesem Zusammenhang erforderlichen Analysen werden im folgenden Kapitel analog der in Abbildung 5-1 dargestellten Prozessschritte beschrieben.



Abbildung 5-1: Prozessschritte zur Verfahrensentwicklung

## 5.1 Aufbau des Budgetierungsverfahrens

Wesentliche Bestandteile aller analytischen Verfahren sind die Berechnungsgrundlage, der Bemessungsparameter sowie der so genannte Korrekturfaktor [[Bahr08] S.146]. Die Kalkulation des Budgets erfolgt über Multiplikation der einzelnen Verfahrensbestandteile:

$$B_{IH} = BG \cdot BP \cdot KF \tag{5.1}$$

$B_{IH}$	Instandhaltungsbudget
BG	Berechnungsgrundlage
BP	Bemessungsparameter
KF	Korrekturfaktor

Wenngleich die Literatur verschiedene Ausformungen der Berechnungsgrundlage aufführt<sup>97</sup> [[Bahr08] S.150ff], hat sich insbesondere der Wiederbeschaffungswert als geeignete Ausgangsgröße etabliert. So basieren die Budgetierungsverfahren von Naber, Rössler, der KGSt sowie das Berliner Verfahren auf dem Neubau- bzw. Wiederbeschaffungswert als Kalkulationsgrundlage. Zudem hat sich dessen Eignung in zahlreichen Forschungsprojekten an der Professur für Facility Management bestätigt: In den vergangenen 10 Jahren wurden verschiedene Kalkulationsverfahren (z. B. für Hochschul- und Verwaltungsgebäude, Werkstätten und Laborgebäude sowie historische Altbauten) entwickelt, die den Wiederbeschaffungswert erfolgreich als Berechnungsgrundlage zur Bestimmung der Gesamtinstandhaltungskosten eines Bauwerks (KG 300 und KG 400) verwendet haben.

Das im Rahmen dieser Forschungsarbeit angestrebte neue Budgetierungsverfahren baut auf den lehrstuhlinterne Forschungserfahrungen auf und reiht

---

<sup>97</sup> z. B. Herstellungswert, Friedensneubauwert bzw. flächen- oder volumenbezogene Größen wie BGF und BRI o. Ä.

sich konsequent in die Tradition der wertbasierten analytischen Budgetierungsmethoden ein.

Die Verwendung einer wertbezogenen Berechnungsgrundlage setzt grundsätzlich einen direkten Zusammenhang zwischen dem Gebäude- bzw. Anlagewert und den zu erwartenden Instandhaltungsaufwendungen voraus. Dieser Zusammenhang wird in der Regel durch den Bemessungsparameter in Form eines konstanten Verhältniswerts im Rechenvorgang abgebildet. Die Bestimmung eines festen, durchschnittlichen Prozentsatzes als Bemessungsparameter impliziert einen überwiegend linearen Zusammenhang zwischen dem Anlagewert und den resultierenden Instandhaltungsaufwendungen. Das Produkt der Berechnungsgrundlage mit dem Bemessungsparameter ermöglicht bereits eine erste, wenngleich grobe, Einschätzung der zu erwartenden Instandhaltungskosten.

Zur Berücksichtigung von gebäude- oder anlagenspezifischen Eigenschaften, die Einfluss auf die Höhe der Instandhaltungskosten nehmen, verfügt das analytische Verfahren zudem über den so genannten Korrekturfaktor. Dieser wird durch Multiplikation verschiedener Gewichtungsfaktoren ermittelt. Ein Gewichtungsfaktor bemisst den Einfluss einer definierten Gebäude- oder Anlageneigenschaft<sup>98</sup> auf das Instandhaltungsbudget. Je nach Ausprägung kann er sich erhöhend, reduzierend oder gegebenenfalls gar nicht auf das Gesamtbudget auswirken. Entsprechend der Portfoliozusammensetzung führt die Berücksichtigung von Gewichtungsfaktoren zu einer maßgeblichen Verbesserung des Kalkulationsergebnisses [[KöSc88] S.33], [[Jehl89] S.39]. Die Anzahl der berücksichtigten Gewichtungsfaktoren variiert je nach Verfahren und Kalkulationsanspruch.

Das prinzipielle rechnerische Vorgehen zur Budgetbestimmung auf Grundlage des analytischen Verfahrens ist nachfolgend aufgeführt [[Bahr08] S.146]:

---

<sup>98</sup> z. B. Nutzungsart, Gebäudegröße, Anlagenalter usw.

$$B_{IH} = \sum_{i=1}^n \text{WBW}_i \cdot \text{BP}_{in \%} \cdot \text{KF}_{I,W,IS} \quad (5.2)$$

$B_{IH}$	Instandhaltungsbudget in Euro
$\text{WBW}$	Wiederbeschaffungswert in Euro
$\text{BP}$	Bemessungsparameter in %
$\text{KF}$	Korrekturfaktor
$n$	Anzahl der Immobilien
$i$	Laufindex über die Immobilien
$I, W, IS$	Inspektion, Wartung, Instandsetzung nach DIN 31051

Der Korrekturfaktor wird aus dem Produkt verschiedener wirkungsrelevanter Gewichtungsfaktoren gebildet[[Bahr08] S.147]:

$$\text{KF}_{I,W,IS} = G_1 \cdot G_2 \dots \cdot G_n \quad (5.3)$$

$\text{KF}$	Korrekturfaktor
$I, W, IS$	Inspektion, Wartung, Instandsetzung nach DIN 31051
$G_1$	Gewichtungsfaktor 1
$G_2$	Gewichtungsfaktor 2
$G_n$	n-ter Gewichtungsfaktor

Die Gewichtungsfaktoren werden wiederum mittels nachfolgender Gleichung aus dem jeweilig bestimmten Durchschnittswerts (in % anteilig am WBW) eines untersuchten Clusters (z. B. Gebäude im Alter von 11-20 Jahre) im Verhältnis zu dem Gesamtdurchschnitt des Gesamtportfolios (in % anteilig am WBW) abgeleitet:

$$G_x = \frac{X_{\% \text{ am WBW}}}{Y_{\% \text{ am WBW}}} \quad (5.4)$$

- $G_x$  zu bestimmender Gewichtungsfaktor eines Clusters  
 $X_{\% \text{ am WBW}}$  Ermittelter Durchschnittswert des untersuchten Clusters in % am WBW  
 $Y_{\% \text{ am WBW}}$  Durchschnittswert Gesamtportfolios in % am WBW

## 5.2 Überprüfung der Korrelation WBW / IH-Kosten

Wie bereits in Kapitel 2.6.2 und 5.1 erläutert, setzt das wertorientierte analytische Verfahren ein direktes Abhängigkeitsverhältnis der zu erwartenden Instandhaltungsaufwendungen in Bezug auf die korrespondierenden Anlagewerte voraus. Demnach führt ein erhöhter Wiederbeschaffungswert der technischen Gebäudeausrüstung in der Regel auch zu erhöhten Instandhaltungsausgaben. Der dabei vorausgesetzte Kausalzusammenhang bedarf zunächst der Überprüfung auf Grundlage der neu generierten Realdatenbasis, um sicher zu stellen, dass die zugrunde gelegte Funktionsweise des wertorientierten, analytischen Budgetierungsverfahrens in Bezug auf das definierte Forschungsziel tatsächlich zielführend ist. Hierzu wurden die Wiederbeschaffungswerte sowie die durchschnittlichen Instandhaltungsaufwendungen des Gesamtportfolios in Form eines Streudiagramms gebäudescharf ausgewertet (vgl. Abbildung 5-2).

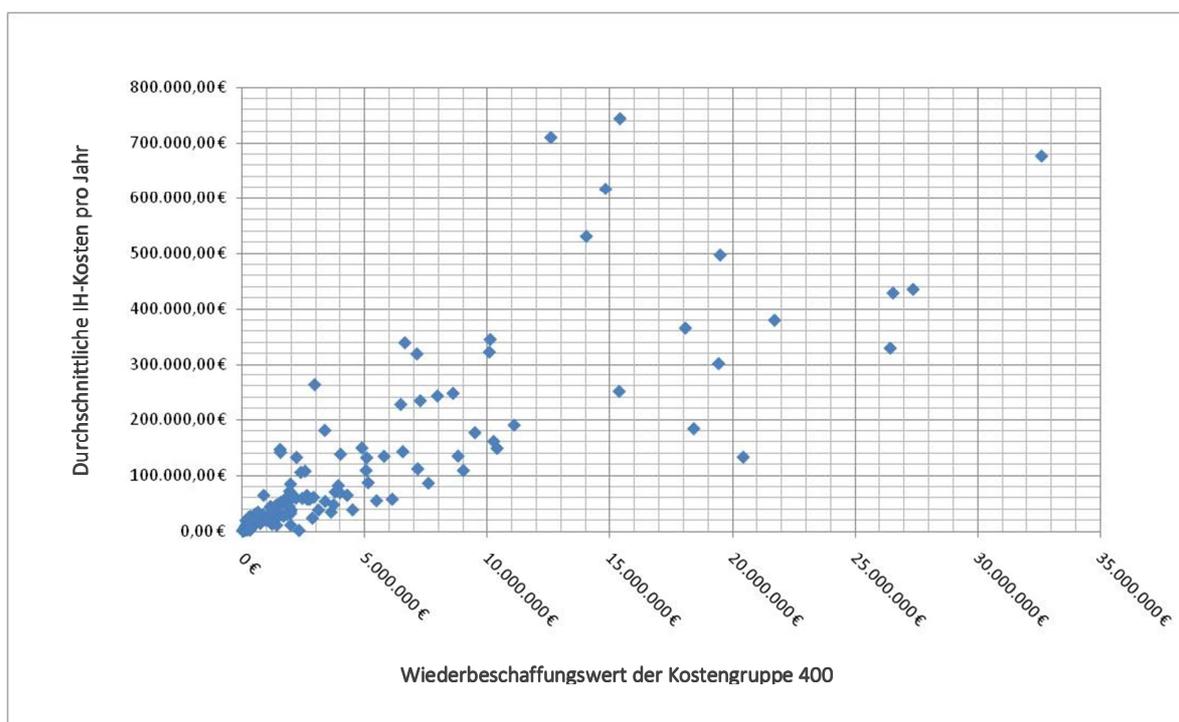


Abbildung 5-2: Verteilung der durchschnittlichen IHK pro Jahr in Euro in Relation zum WBW der KG 400

Die in Abbildung 5-2 aufgeführte Verteilung der 136 analysierten Immobilien bestätigt grundsätzlich den direkten Zusammenhang zwischen dem Anlagewert und den zu erwartenden jährlichen Instandhaltungsaufwendungen. Ungeachtet individueller Abweichungen steigen die mittleren Instandhaltungsausgaben des Untersuchungsportfolios mit den Wiederbeschaffungswerten der entsprechenden technischen Gebäudeausrüstung an. Die im analytischen, wertbasierten Budgetierungsverfahren vorausgesetzte Wechselbeziehung zwischen der Berechnungsgrundlage und dem Bemessungsparameter trifft demnach auch auf die erhobenen Realdaten zu. Dieser Zusammenhang kann in Form einer Korrelationsanalyse verdeutlicht werden. Die statistische Auswertung (vgl. Tabelle 5-1) beziffert die Korrelation zwischen dem Wiederbeschaffungswert und den Instandhaltungskosten demnach mit 0,819<sup>99</sup> (nach Pearson).

Tabelle 5-1: Korrelation WBW / IH-Kosten

<b>Korrelationen</b>			
		Wiederbeschaffungswert	durchschnittliche Instandhaltungskosten per anno
WBW	Korrelation nach Pearson	1,000	0,819
	Signifikanz (2-seitig)		0,000
	N	136	136
durchschnittliche Instandhaltungskosten per anno	Korrelation nach Pearson	0,819	1
	Signifikanz (2-seitig)	0,000	
	N	136	136

Ein Korrelationskoeffizient von +1,0 (bzw. -1,0) beschreibt einen vollständig positiven (bzw. negativen) linearen Zusammenhang zwischen den betrachteten Merkmalen, während ein Koeffizient von 0 anzeigt, dass zwischen den betrachteten Variablen keine lineare Wechselbeziehung existiert. Der ausgewiesene Wert von 0,819 weist folglich auf eine hohe Abhängigkeit der beiden untersuchten Größen hin (zur Einschätzung des Korrelationskoeffizienten vgl. auch Kapitel 5.5.2). Auf Grundlage dieses Analyseresultats kann der Wiederbeschaffungswert auch für die Entwicklung des angestrebten analytischen

<sup>99</sup> Dimensionsloses Maß für den Grad des *linearen* Zusammenhangs zwischen zwei mindestens intervallskalierten Merkmalen

Budgetierungsverfahrens als geeignete Berechnungsgrundlage herangezogen werden.

### 5.3 Überprüfung der linearen Kostenabhängigkeit

Wie bereits in Kapitel 5.1 beschrieben, wird die Wechselbeziehung des Gebäude- bzw. Anlagenwerts und der Instandhaltungskosten im wertbasierten, analytischen Budgetierungsverfahren in Form des Produkts aus der Berechnungsgrundlage (Wiederbeschaffungswert) mit dem Bemessungsparameter (als konstanter Verhältniswert in Prozent) abgebildet. Der Berechnungsparameter stellt das empirisch bestimmte arithmetische Mittel der Instandhaltungsbelastung für die gebäudetechnischen Anlagen des Gesamtportfolios dar. Um den Berechnungsparameter auf Basis des neu generierten Datenpools zu bestimmen, sind somit die indizierten mittleren Instandhaltungsaufwendungen aller gebäudetechnischen Anlagen (pro Jahr) ins Verhältnis mit dem Wiederbeschaffungswert des Gesamtportfolios (bzw. aller gebäudetechnischen Anlagen – KG 400) zu setzen.

$$BP_{in \%} = \frac{IHK_{Portfolio}}{WBW_{Portfolio}} \cdot 100 \quad (5.5)$$

BP <sub>in %</sub>	Bemessungsparameter in Prozent
IHK	Summe der indizierten mittleren Instandhaltungsaufwendungen des Gesamtportfolios in Euro pro Jahr
WBW	Wiederbeschaffungswert des Gesamtportfolios in Euro indiziert auf das Jahr 2011

Der auf diesem Wege für das Untersuchungsportfolio bestimmte Bemessungsparameter beträgt 2,35%. Das heißt, dass im Durchschnitt über alle 136 dokumentierten Gebäude hinweg eine mittlere jährliche Instandhaltungsbelastung von ca. 2,35% des Wiederbeschaffungswerts der gebäudetechnischen

Anlagen (KG 400) festgestellt werden konnte. Es ist jedoch anzunehmen, dass die jährlichen Belastungen je Bauwerk nicht gleichsam für alle Untersuchungsgebäude im Bereich des Durchschnittswerts von 2,35% liegen, sondern individuell deutlich von diesem abweichen. Abbildung 5-3 veranschaulicht die Gesamtstreuung der individuellen, durchschnittlichen Instandhaltungsaufwendungen aller 136 Immobilien im Gesamtportfolio. Die gebäudespezifischen jährlichen Durchschnittswerte liegen demnach in einem Bereich von ca. 0,5% bis fast 13% des Wiederbeschaffungswerts der jeweiligen Kostengruppe 400. Die hieraus resultierende Spanne von etwa 12,5% ist beträchtlich. Die große Streuung ist vermutlich auf die immense Vielfalt sowie die hohe Individualität der verschiedenen Untersuchungsobjekte in Bezug auf die Instandhaltung zurückzuführen und offenbart die Notwendigkeit der Berücksichtigung gebäudespezifischer Eigenschaften bei der Instandhaltungsbudgetierung (vgl. auch Kapitel 5.4). Vorrangig gilt es zu überprüfen, inwieweit der ermittelte Durchschnittswert von 2,35% grundsätzlich als Berechnungsparameter für das neu zu entwickelnde Budgetierungsverfahren geeignet ist.

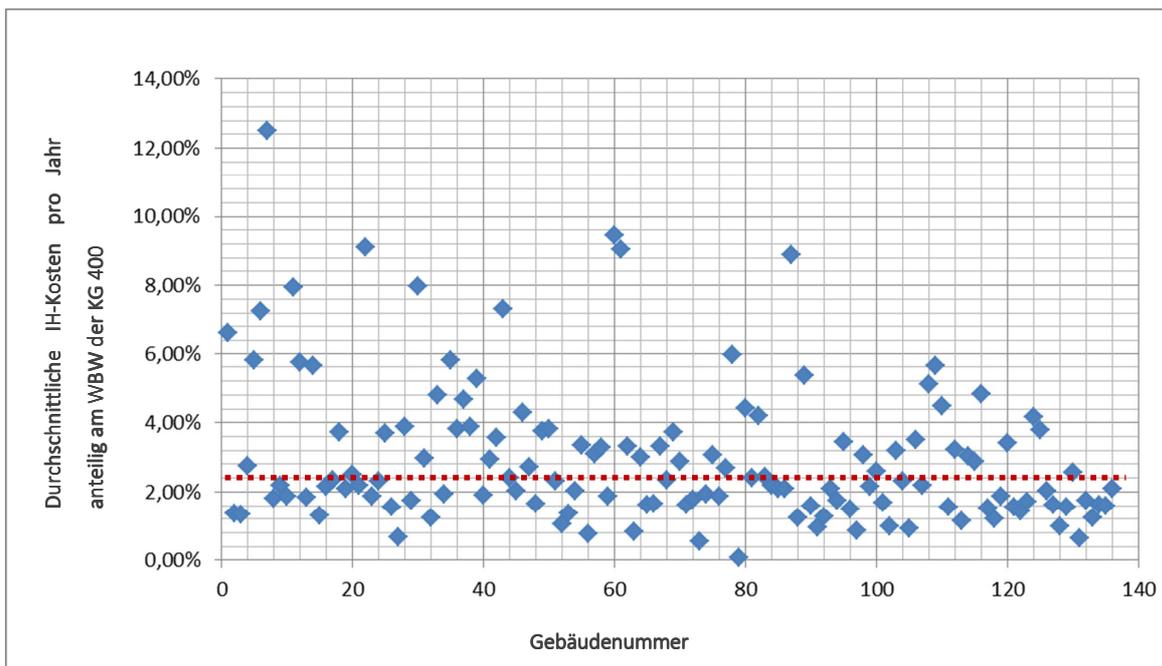


Abbildung 5-3: Gebäudebezogene durchschnittliche IHK pro Jahr in Prozent anteilig am WBW der KG 400

### 5.3.1 Verteilung der Realinstandhaltungskosten

Die Verwendung einer konstanten Größe als Bemessungsparameter setzt, wie bereits in Kapitel 5.1 beschrieben, einen linearen Zusammenhang zwischen der Berechnungsgrundlage bzw. dem Wiederbeschaffungswert und den zu ermittelnden jährlichen Instandhaltungsaufwendungen voraus. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass eine technische Gebäudeausrüstung mit einem fünffach höheren Wiederbeschaffungswert auch eine fünffach höhere Instandhaltungsbelastung aufweisen müsste, als eine entsprechend proportional fünffach geringere wertige Gebäudeausrüstung. Zur Prüfung dieser Hypothese wurden die jährlichen mittleren Instandhaltungsbelastungen (in % des WBW KG 400) je Gebäude entsprechend des Wiederbeschaffungswerts der Kostengruppe 400 aufsteigend aufgetragen (vgl. Abbildung 5-4).

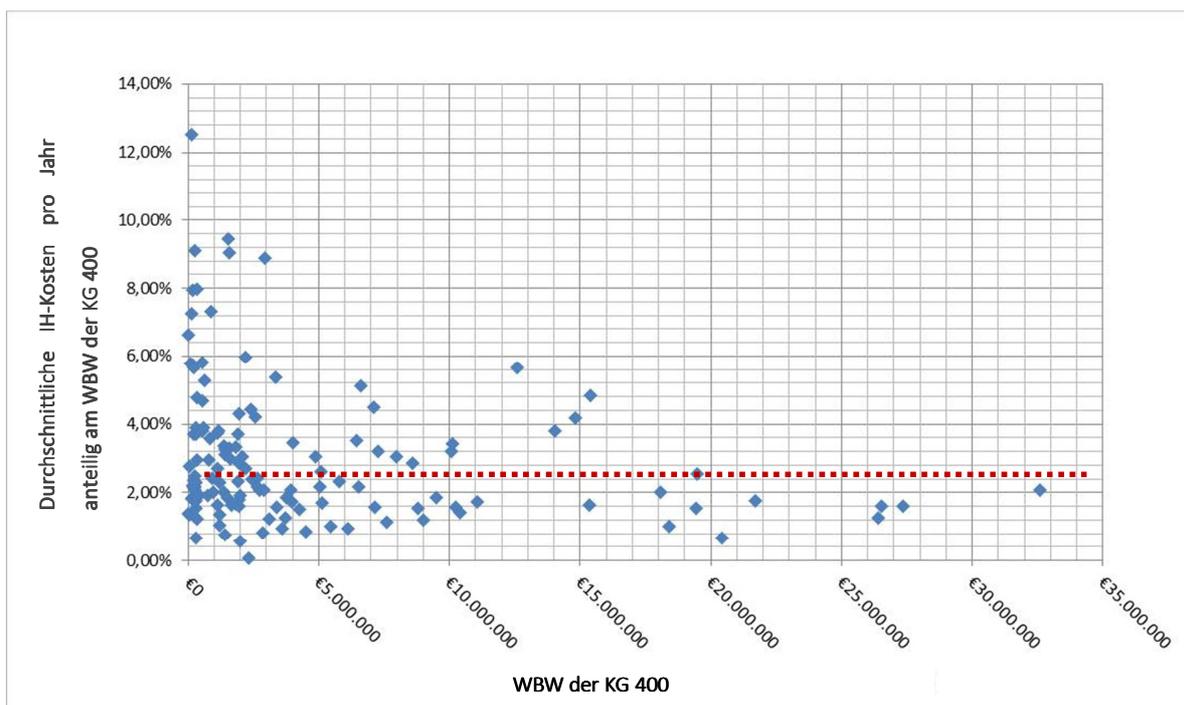


Abbildung 5-4: Durchschnittliche IHK pro Jahr in Prozent anteilig am WBW der KG 400 in Relation zum WBW der KG 400

Der Hypothese entsprechend sollten die ermittelten individuellen jährlichen Durchschnittswerte auf der y-Achse (bei konstant linearen Verlauf) ungeachtet niedriger, mittlerer oder hoher Wiederbeschaffungswerte auf der x-Achse,

eine gleichmäßige Streuung entlang der in rot gestrichelten Durchschnittslinie von 2,35% aufweisen. Die in Abbildung 5-4 aufgetragene tatsächliche Verteilung der ermittelten Realbelastungen widerlegt jedoch die Annahme eines konstanten linearen Kostenverhältnisses in Bezug auf den Wiederbeschaffungswert und den zu erwartenden Instandhaltungskosten. Während die gebäudebezogenen Durchschnittswerte bei niedrigeren und mittleren Wiederbeschaffungswerten tendenziell höher als der ermittelte Gesamtdurchschnittswert liegen, weisen die Realwerte für Gebäude mit hohen Wiederbeschaffungswerten eher eine geringere Belastung als 2,35% aus. Auffällig ist die Häufung besonders hoher prozentualer Belastungen im Bereich sehr niedriger und niedriger Gesamtwiederbeschaffungswerte von 100.000 Euro bis zu ca. 2 Mio. Euro.

Bei eingehender Betrachtung der in Abbildung 5-4 dargestellten Verteilung wird offensichtlich, dass die Annäherung an die Instandhaltungskosten mittels eines konstanten Prozentsatzes keinesfalls den Realkostenverlauf adäquat widerspiegeln kann. Es ist daher anzunehmen, dass die Verwendung eines konstanten Durchschnittswerts vielmehr zu einer Unterbudgetierung bei Bauwerken mit niedrigen bzw. mittleren sowie zu einer Überbudgetierung bei Bauwerken mit höheren und hohen Wiederbeschaffungswerten führt.

### 5.3.2 Funktionsbestimmung

Um die Präzision der in Kapitel 2.6.2 beschriebenen Kalkulationsbasis (Produkt aus der Berechnungsgrundlage (BG) und dem Bemessungsparameter (BP)) maßgeblich zu verbessern, gilt es daher, auf Grundlage des Realdatenverlaufs, eine mathematische Funktion zu identifizieren, welche die tatsächliche Kostenentwicklung der Instandhaltungsaufwendungen präziser zu beschreiben bzw. zu prognostizieren vermag. Im Rahmen verschiedener softwarebasierter Untersuchungen<sup>100</sup> hat sich die Potenzfunktion<sup>101</sup> als besonders geeignet, im Sinne einer bestmöglichen Annäherung an die in Abbildung 5-5 darge-

---

<sup>100</sup> Auf Basis von Microsoft Excel und IBM SPSS

<sup>101</sup> Elementare mathematische Funktion der Form:  $f(x) = a \cdot x^r$  bei  $a, r \in \mathbb{R}$

stellten Trendlinie, herausgestellt. So vermag die Potenzfunktion gleichfalls die auffällig hohen Prozentsätze im niedrigen Wertebereich zu berücksichtigen, aber auch den leicht degressiven Kostenerlauf im mittleren und hohen Wertebereich abzubilden.

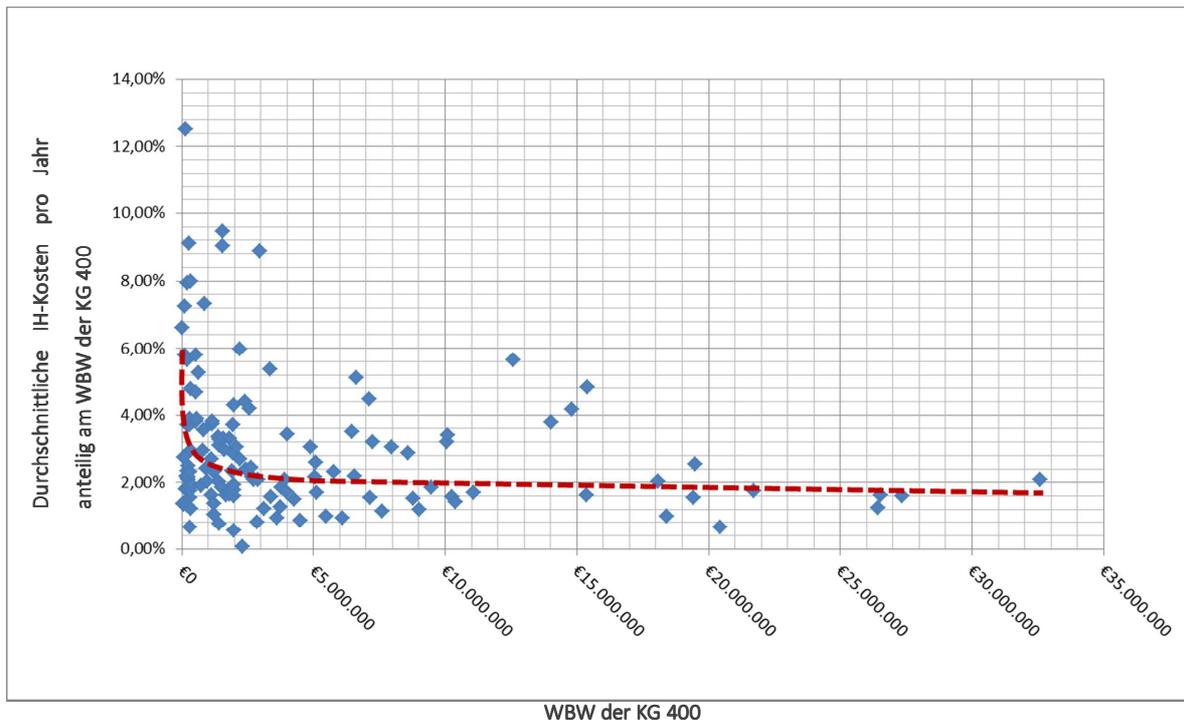


Abbildung 5-5: Potenzfunktionsbasierte Annäherung an den nichtlinearen Kostenverlauf

Die entsprechend aus den Realdaten abgeleitete Potenzfunktion lautet:

$$IHK_{in \%} = 10,85 \cdot WBW^{-0,0955} \quad (5.6)$$

$IHK_{in \%}$  Summe der indizierten mittleren Instandhaltungsaufwendungen des Gesamtportfolios pro Jahr anteilig am WBW der KG 400

WBW Wiederbeschaffungswert des Gesamtportfolios der KG 400 indiziert auf das entsprechende Basisjahr in Euro

Auf Basis dieser Funktion lässt sich die neue, nichtlineare Kalkulationsbasis des neuen Budgetierungsverfahrens bestimmen:

$$B_{IH} = \sum_{i=1}^n WBW \cdot \left[ \frac{10,85 \cdot WBW_i^{-0,0955}}{100} \right] \quad (5.7)$$

$B_{IH}$	Instandhaltungsbudget in Euro
$WBW$	Wiederbeschaffungswert in Euro
$n$	Anzahl der Immobilien
$i$	Laufindex über die Immobilien

### 5.3.3 Validierung der nichtlinearen Kalkulationsbasis

Zur Validierung der neuen Kalkulationsbasis wurden mit Hilfe der Realdatenbank fünf Vergleichsportfolien in Form von Teilmengen aus der Gesamtheit aller erhobenen Realdatensätze gebildet. Die ersten drei Vergleichsportfolien (Nr. 1 bis 3) wurden nach dem Zufallsprinzip aus der Gesamtsumme aller Datensätze extrahiert, um eine beliebige, vom Originalportfolio abweichende Zusammensetzung zu gewährleisten. Die beiden weiteren Vergleichsportfolien (Nr. 4 und 5) wurden hingegen unter gezielter Berücksichtigung der Gebäudegrößen bzw. der Wiederbeschaffungswerte der KG 400 zusammengestellt. Das Vergleichsportfolio 4 umfasst überwiegend kleinere und kleine Bauwerke ( $WBW \text{ KG } 400 < 2 \text{ Mio. Euro}$ ), während das Vergleichsportfolio 5 überwiegend größere und große Bauwerke ( $WBW \text{ KG } 400 > 2 \text{ Mio. Euro}$ ) beinhaltet. Für alle fünf Teilportfolien wurde im Folgeschritt das Gesamtbudget mit Hilfe der linearen sowie der nichtlinearen Kalkulationsbasis berechnet sowie die prozentuale Abweichung des Kalkulationsergebnisses im Verhältnis zu den empirisch ermittelten realen Gesamtaufwendungen bestimmt. Die Resultate der verfahrensindividuellen Abweichungen sind in Tabelle 5-2 zusammengefasst.

Tabelle 5-2: Validierung der nichtlinearen Kalkulationsbasis

Validierung der nichtlinearen Kalkulationsbasis			
Nr.	Vergleichsportfolio	Bemessungsparameter in %	
		2,35	$10,85 \cdot \text{WBW}^{-0,0955}$
		Prozentuale Budgetabweichung Soll/Ist	
1	Auswahl nach dem Zufallsprinzip (109 Gebäude)	2,89%	2,51%
2	Auswahl nach dem Zufallsprinzip (96 Gebäude)	3,58%	4,25%
3	Auswahl nach dem Zufallsprinzip (68 Gebäude)	6,07%	5,35%
4	Auswahl überwiegend mittlerer und kleiner Bauwerke (69 Gebäude)	-14,03%	-2,98%
5	Auswahl überwiegend mittlerer und großer Bauwerke (74 Gebäude)	8,60%	6,63%

Beide Kalkulationswege weisen für die nach dem Zufallsprinzip gebildeten Teilmengen eine leichte Überbudgetierung von ca. 2,5% bis ca. 6% des entsprechenden Soll-Gesamtbudgets auf. Wenngleich die nichtlineare Kalkulationsbasis bei zwei der drei Teilmengen die geringere Soll-Abweichung verzeichnet, werden die Ergebnisse als nahezu gleichwertig eingeschätzt. Dies deutet darauf hin, dass beide Kalkulationsbasen bei einer vergleichbaren Zusammensetzung der Teilmenge analog dem Gesamtuntersuchungsportfolio bereits zu einer recht präzisen Annäherung an das tatsächlich notwendige Budget führen. In Bezug auf die beiden „Extremportfolien“ (Teilmengen Nr. 4 und Nr. 5) stellt sich der Sachverhalt dagegen deutlich differenzierter dar.

Während die lineare Kalkulationsbasis das Portfolio der kleinen Bauwerke (Teilmenge Nr. 4) mit ca. -14 % deutlich unterbudgetiert, weist das Ergebnis der nichtlinearen Berechnung mit knapp -3% eine deutlich geringere Abweichung vom Soll-Budget auf. Entsprechend der in Abbildung 5-4 aufgeführten Trendlinie, gelingt es demnach der Potenzfunktion deutlich besser, die tendenziell höheren prozentualen Durchschnittswerte von Bauwerken mit geringerem Gesamtwiederbeschaffungswert (der KG 400) darzustellen, als dies bei bloßer Verwendung eines linearen Gesamtdurchschnittswerts gelingt. Ähnlich, jedoch abgeschwächt und mit umgekehrten Vorzeichen stellt sich das Resultat beim Teilportfolio der Bauwerke mit hohen Gesamtwiederbeschaffungswerten der Kostengruppe 400 (Teilmenge Nr. 5) dar.

Die Kalkulation auf Basis des linearen Berechnungsparameters führt demnach im Ergebnis zu einer Überbudgetierung von ca. +8,6% im Vergleich zu den Realkostenwerten. Wenngleich die nichtlineare Kalkulationsbasis als Resultat gleichfalls eine Überbudgetierung aufweist, fällt diese jedoch mit ca. +6,6% geringer aus. Auch in diesem Fall gelingt es, die tendenziell geringeren, prozentualen Durchschnittsbelastungen mit Hilfe des nichtlinearen Bemessungsparameters wirklichkeitsgetreuer abzubilden.

Die Kalkulation mit Hilfe der Potenzfunktion liefert demzufolge bei beiden „Extremportfolien“ die präziseren Budgetergebnisse. Die in Kapitel 5.3.1 geäußerte Hypothese, dass die Verwendung eines linearen Bemessungsparameters systembedingt zu einer maßgeblichen Unterbudgetierung bei sehr niedrigen und einer Überbudgetierung bei sehr hohen Wiederbeschaffungswerten führen muss, konnte somit bestätigt werden. Gleichfalls konnte nachgewiesen werden, dass das Defizit der linearbasierten Kalkulation (bei der Budgetbestimmung auf Grundlage besonders niedriger und hoher Wiederbeschaffungswerte) bei Anwendung auf große und heterogene Portfolien (in Analogie zum Untersuchungsportfolio) durch statistische Mengeneffekte ausgeglichen wird. So führt die Budgetbestimmung auf Grundlage des linearen Bemessungsparameters bei den, nach dem Zufallsprinzip zusammengestellten, Teilmengen zu vergleichbar präzisen Endresultaten, wie die nichtlineare Budgetbestimmung.

Ungeachtet dessen stellt die deutlich höhere Robustheit und Präzision des nichtlinearen Budgetierungsansatzes in Bezug auf „Extremportfolien“ bzw. potenzielle, vom Durchschnitt (bzw. vom Untersuchungsportfolio) deutlich abweichende Zusammensetzungen der zu budgetierenden öffentlichen Immobilienbestände, eine maßgebliche Verbesserung in der Budgetierungsmethodik dar.<sup>102</sup> Aus diesem Grund wird die in Kapitel 5.3.2 hergeleitete, potenzfunktionsbasierte Kalkulationsbasis im Verlauf der vorliegenden Arbeit als Grundlage der weiteren Verfahrensentwicklung verwendet.

---

<sup>102</sup> Der statistisch ermittelte Korrelationskoeffizient von 0,856 bestätigt diese Einschätzung.

## 5.4 Einflussgrößen auf die Instandhaltung

Im Gegensatz zu den kennzahlbasierten sowie den rein wertorientierten Budgetierungsverfahren bedient sich das analytische Verfahren zusätzlicher Gewichtungsfaktoren zur Berücksichtigung potenzieller Einflussgrößen auf die Instandhaltung (vgl. Kapitel 2.6.2 und 5.1). Ziel ist es, durch die erweiterte Betrachtung individueller, kostenbeeinflussender Faktoren<sup>103</sup> ein präziseres Kalkulationsergebnis zu erlangen. Angesichts der immensen Diversifikation des öffentlichen Immobilienbestands und seiner gebäudetechnischen Anlagen erscheint die Notwendigkeit einer entsprechend differenzierten Berücksichtigung relevanter Einflussgrößen evident (vgl. Abbildung 5-3). Die Herausforderung liegt jedoch in der Identifikation, Integration und Bewertung der maßgeblich relevanten Einflussfaktoren [[Bahr08] S.26]. Auf Basis der einschlägigen Fachliteratur lassen sich zahlreiche Anhaltspunkte in Bezug auf potenzielle Einflussgrößen auf die Instandhaltung ermitteln. So benennt HELLERFORTH beispielsweise die *Nutzung*, das *Alter*, die *Bauteil- und Instandhaltungsqualität*, *Missbrauch* und *mutwillige Gewalteinwirkung*, *Umwelteinflüsse* sowie *höhere Gewalt* als mögliche beeinflussende Faktoren [[Hell06] S.251]. SCHULTE und KALAITZIS listen ferner die *Materialwahl* und die *Art des Betriebens* insbesondere hinsichtlich der *Auslastung* und *Belastung von technischen Anlagen* auf [[ScKa88] S.48]. Das BKI verweist zudem auf die *Gebäudenutzungsart*, die *Wahl der Baumaterialien*, die *Instandhaltungsstrategie* sowie die *Reinigungspraxis* als weitere bedeutsame Einflussgrößen [[BKI11] S.13]. BAHR führt im Rahmen ihrer wissenschaftlichen Arbeit eine der umfassendsten Einflussrecherchen durch und gliedert ihr Ergebnis abschließend in 4 Gruppen: Die gebäudeabhängigen, die nutzungsabhängigen, die standortabhängigen sowie die sonstigen Einflüsse [[Bahr08] S.109ff]. In Anlehnung an die Untersuchung von BAHR sowie auf Grundlage ergänzender Recherchen sind in der nachfolgenden Tabelle 5-3 alle aktuell bekannten, potenziellen Einflussfaktoren auf die Instandhaltung von Gebäuden und deren technischer Ausrüstung, unter Angabe der zugehörigen Quellen, zusammengefasst.

---

<sup>103</sup> Diese ergeben sich aufgrund gebäude- bzw. anlagespezifischer Ausprägungen.

Tabelle 5-3: Potenzielle Einflussgrößen auf die Instandhaltung

Einflussgrößen auf die Instandhaltung (KG 300 und 400 nach DIN 276)		
A	Gebäude- / anlageabhängige	Quellen
1	Gebäude- bzw. Anlagenalter	[[Bahr08] S.110ff], [[Bieh05 S.13]], [[BKI11] S.13], [[BMBa89] S.36], [[Hamp86] S.17], [[Hell06] S.250], [KGSt09], [[KöSc88] S.71], [[Rote11] Seite 34], [[ScSt85] S.14], [SiSa80]
2	Technikanteil / Technischer Standard	[[Bahr08] S.114ff], [[Kalu04] S.55], [[Kalu91] S.159], [KGSt09]
3	Gebäude- / Anlagengröße	[[Bahr08] S.118ff], [[RICS05] S.8], [[Rote11] S. 28], [[ScSt85] S.91], [SiSa80] S.33]
4	Gebäudegeometrie	[[Bahr08] S.121ff], [[BoRa11] S.297], [[Died78] S.1575], [Fuec70], [[Hamp86] S.34], [[RICS05] S.8], [SiWo77] S.77]
5	Gebäudehöhe / Anzahl der Vollgeschosse	[[Back61] S.16]
6	Qualität der Planung und Erstellung (z.B. Materialwahl und Konstruktionsart)	[[Bahr08] S.127ff], [[BKI11] S.13], [Buer04], [BMBa89], [[Hell06] S.250], [Kalu04], [Nabe02], [[ScKa88] S.48], [[Sieb02] S.46], [[ToRF95] S.13]
7	Denkmalstatus	[BaLe09], [[BoRa11] S.299]
B	Nutzungsabhängige	Quellen
1	Art der Gebäudenutzung	[[Bahr08] S.131ff], [[BKI11] S.13], [BMBa89], [Buri73], [[Hell06] S.250], [IFMA04], [IFMA05], [JLLS12], [KGSt09], [RICS05]
2	Nutzungsintensität / Betriebszeit	[[Bahr08] S.134ff], [[Hamp86] S.17], [Hoel91], [[Kalu91] S.159], [KGSt09], [[ScKa88] S.48], [[Sieb02] S.46], [[RICS05] S.8], [[Rote11] S. 28], [[ToRF95] S.13]
3	Reinigungspraxis	[[BKI11] S.13], [[Rote11] S. 28]
C	Standortabhängige	Quellen
1	Umwelteinflüsse (Klima, Luftverschmutzung etc.)	[[Bahr08] S.136ff], [BMBa89], [Kalu04], [[Nabe02] S.158], [[SiHS87] S.65], [[Sieb02] S.47], [ToRF95]
D	Sonstige	Quellen
1	Politische Einflussnahme	[[Bahr08] S.137], [[Heck80] S. 109f], [[Mark06] S.2]
2	Vandalismus	[[Hell06] S.250]
3	Höhere Gewalt	[[Hell06] S.250]
4	Wirtschaftliche Konkurrenzsituation	[BaLe09], [[Hell06] S. 250], [[Rote11] S. 28]
5	Instandhaltungsstrategie	[[Alca00] S.86], [[Bahr08] S.139], [[BKI11] S.13], [Pfru10]
6	Instandhaltungsqualität	[[Hell06] S.250]

Nicht alle in der Literatur genannten potenziellen Einflussgrößen sind gleichermaßen für die Instandhaltung der baulichen Gebäudestruktur (KG 300) und der technischen Ausrüstung (KG 400) von Belang. Bezogen auf letztere sind vorrangig die anlagen- sowie die nutzungsabhängigen Einflüsse von großem Interesse (mit Ausnahme des *Denkmalstatus*<sup>104</sup>, der *Gebäudegeometrie*<sup>105</sup> und der *Reinigungspraxis*<sup>106</sup>). Sie werden folglich den Schwerpunkt der nachfolgenden Untersuchungen bilden. Die *standortabhängigen Faktoren* sind grundsätzlich schwer einzugrenzen und zu bewerten. Sie spielen hinsichtlich der Gebäudetechnik zudem nur eine untergeordnete Rolle, da die technischen Anlagen in der Regel wirksam durch die Baukonstruktion vor Wetter und Verschmutzung geschützt werden. Die *standortabhängigen Faktoren* sind demnach zu vernachlässigen. Die sonstigen potenziellen Einflussgrößen sind hingegen differenzierter zu betrachten. Während *höhere Gewalt*, *Vandalismus* und *politische Vorgaben* durchaus großen Einfluss auf die Instandhaltungsaufwendungen nehmen können, ist es nahezu unmöglich, diese adäquat in Form von Gesetzmäßigkeiten bzw. Wahrscheinlichkeiten zu bewerten und im Verfahren zu berücksichtigen. Aus diesem Grund werden die besagten Einflussgrößen nicht Teil der nachfolgenden Untersuchungen. Dessen ungeachtet sollte sich jeder Instandhaltungsverantwortliche dennoch der potenziellen Beeinflussung durch entsprechende Ereignisse bewusst sein. Der Faktor der *wirtschaftlichen Konkurrenzsituation* kommt ausschließlich bei Institutionen zu tragen, die im direkten, ökonomischen Wettbewerb mit konkurrierenden Unternehmen und deren Immobilien stehen<sup>107</sup>. Auch dieser Faktor wird im weiteren Verfahren nicht berücksichtigt, da die öffentliche Hand in Deutschland nur selten in einer derartigen immobilienbezogenen Konkurrenzsituation zu anderen Institutionen steht. Hinsichtlich der *strategischen Instandhal-*

---

<sup>104</sup> Auflagen des Denkmalschutzes beziehen sich in der Regel auf die konstruktive und materielle Struktur sowie das Erscheinungsbild eines Bauwerks und nur in Ausnahmefällen auf dessen technische Gebäudeausrüstung.

<sup>105</sup> Die Gebäudegeometrie spielt ausschließlich im Zusammenhang mit Verbesserungsmaßnahmen an der Gebäudehülle eine Rolle [[Bahr08] S.178].

<sup>106</sup> Die Angabe bezieht sich vorrangig auf die Reinigung baulicher Oberflächen z. B. der Fassade oder der Bodenbeläge.

<sup>107</sup> z. B. Hotels, Kinos, Shoppingcenter

*tungsaurichtung* werden im Allgemeinen die drei Formen der Präventions-, Inspektions- und Ausfallstrategie unterschieden [[Alca00] S.86], [VDI2895], [[WeCi08] S.42ff]. Nach Aussage des VDI gibt die Strategie vor, welche Instandhaltungsmaßnahmen, wann und an welchen Objekten durchzuführen sind [[VDI2895] S.4]. Bei der präventiven Instandhaltungsstrategie werden beispielsweise Wartungen, Inspektionen und Instandsetzungen vorbeugend, auf Basis fest definierter Intervalle, durchgeführt, um Funktionsstörungen der Anlagentechnik von vornherein zu vermeiden [[WeCi08] S.44]. Die Inspektionsstrategie dagegen sieht Wartungen und Instandsetzungen an der Anlagentechnik lediglich dann vor, wenn der Objektzustand dies erfordert [[WeCi08] S.44]. Die Umsetzung einer zustandsorientierten Strategie setzt folglich die Messbarkeit des aktuellen Anlagenzustands voraus. Im Rahmen der Ausfallstrategie wird die Anlagentechnik erst nach einem Funktionsausfall wieder instand gesetzt [[WeCi08] S.42ff]. Vorbeugende oder zustandsbezogene Maßnahmen sind demzufolge nicht vorgesehen. Die Strategiewahl kann erfahrungsgemäß Einfluss auf die resultierenden Instandhaltungskosten und insbesondere auf die Folge- bzw. die indirekten Instandhaltungsaufwendungen nehmen (vgl. Kapitel 2.5). Nur in den seltensten Fällen kommt jedoch eine der drei Strategien in Reinform zur praktischen Anwendung. Üblicherweise wird in der Praxis hingegen eine Kombination verschiedener Strategieformen angewendet. Je nach Anlagenart, gebotener Funktionssicherheit oder verfügbarer Budgethöhe werden unterschiedliche strategische Instandhaltungsmaßnahmen angeordnet. Eine dezidierte, gebäude- bzw. anlagenspezifische Abgrenzung und Untersuchung der tatsächlich praktizierten Instandhaltungsstrategien ist daher nicht realisierbar [[WeCi08] S.45]. Dies gilt gleichsam für die präzise Einschätzung der Instandhaltungsqualität, da diese, angesichts der immensen Anzahl unterschiedlichster Maßnahmen und Beteiligter, im Nachhinein kaum eindeutig zu bestimmen ist. Für alle nachfolgenden Analysen werden demzufolge eine durchschnittliche Instandhaltungsqualität sowie ein gewöhnlicher Strategiemix als Untersuchungsbasis angenommen.

Getreu der vorab beschriebenen Recherche und Einschätzung der in der Literatur als relevant aufgeführten Einflussgrößen, werden im weiteren

Verlauf dieser Arbeit die in Tabelle 5-4 benannten Parameter mit Korrelations- und Clusteranalysen untersucht:

Tabelle 5-4: Übersicht der zu untersuchenden Einflussgrößen

Übersicht der untersuchten Einflussgrößen		
Einflussgröße		Einheit
1	Wiederbeschaffungswert	Euro
2	Gebäude- bzw. Anlagenalter	Jahre
3	Technischer Standard	niedrig / mittel / hoch
4	Nutzungsintensität	in Betriebsstunden
5	Gebäude- bzw. Anlagengröße	m <sup>2</sup> BGF
6	Gebäudehöhe	Anzahl der Vollgeschosse
7	Art der Gebäudenutzung	Beschreibung / Cluster

Untersuchungsbasis aller nachfolgenden Auswertungen bildet der neu generierte Realdatenpool inklusive seiner gebäude- bzw. anlagespezifischen Inhalte sowie den dokumentierten Instandhaltungsaufwendungen (vgl. Kapitel 4.4). Gemäß der zu Beginn des Kapitels beschriebenen Funktionsweise des angestrebten wiederbeschaffungswertbasierten analytischen Budgetierungsverfahrens, erfolgen die Auswertungen überwiegend auf Basis des Verhältnisses der durchschnittlichen, immobilienbezogenen Ist-Instandhaltungskosten pro Jahr in Relation zu den jeweiligen Gesamtwiederbeschaffungswerten der gebäudetechnischen Anlagen (KG 400).

### 5.4.1 Wiederbeschaffungswert

Der direkte Zusammenhang zwischen dem Wiederbeschaffungswert einer technischen Anlage und den zu erwartenden Instandhaltungsaufwendungen konnte bereits in Kapitel 5.2 nachgewiesen werden. Die statistische Auswertung beziffert die entsprechende Korrelation nach Pearson mit 0,819. Das Auswertungsergebnis zeigt demnach eine hohe Abhängigkeit der beiden untersuchten Größen. Auf Grundlage dieses Analyseresultats wird der Wiederbeschaffungswert auch für die Entwicklung des angestrebten, verbesserten analytischen Budgetierungsverfahrens als geeignete Berechnungsgrundlage herangezogen.

## 5.4.2 Altersbezogene Auswertung

Die Literaturhinweise, die dem Gebäude- bzw. Anlagenalter eine besondere Bedeutung in Bezug auf die Höhe der notwendigen Instandhaltungsaufwendungen zuschreiben, sind zahlreich (vgl. Tabelle 5-3). Der überwiegende Teil aller Quellen geht davon aus, dass die durchschnittlichen Instandhaltungskosten parallel zum Altersanstieg des Gebäudes bzw. der technischen Anlage zunehmen. HELLERFORTH führt dies darauf zurück, dass eine technisch veraltete Anlage aufgrund verkürzter Wartungsintervalle, erschwerter Ersatzteilbeschaffung und fehlendem Know-how im Umgang mit der Technik, höhere Wartungs- und Instandsetzungskosten verursacht als eine zeitgemäße Anlage [[Hell06] S.250]. Auch BIEHLIG stimmt dieser These zu: „Darüber hinaus führt eine veraltete Haustechnik zu hohen Wartungs- und Unterhaltskosten“ [[Bieh05 S.13]]. Dennoch finden sich in der Praxis vereinzelt Stimmen<sup>108</sup>, die darauf verweisen, dass die Schadens- und Störanfälligkeit älterer Anlagen unter Umständen womöglich niedriger ausfallen als die moderner Anlagen. Demnach könnte sich eine jahrzehntelang erprobte und robuste Technik durch verlängerte Wartungsintervalle und ausgereifte mechanische Funktionen entsprechend kostengünstiger verhalten, als eine hochsensible, zeitgemäße Ausführungsform. Wenngleich ein entsprechend positiver Effekt im Einzelfall nicht auszuschließen ist, deuten dennoch alle bislang dokumentierten altersbezogenen Untersuchungsergebnisse<sup>109</sup> auf die von HELLERFORTH aufgeführte Beziehung steigender Instandhaltungskosten bei steigendem Anlagenalter hin. Es ist demnach davon auszugehen, dass der beschriebene Wirkzusammenhang auch auf das neu generierte Untersuchungsportfolio zutrifft. Zur Verifikation und differenzierten Einschätzung des tatsächlichen Alterseinflusses auf die dokumentierten Instandhaltungskosten des Untersuchungsportfolios werden nachfolgend die Wartungs- und Inspektionskosten sowie die Instandsetzungskosten getrennt voneinander untersucht. Im Rahmen der Analyse wurde das korrespondierende Alter möglichst anlagen- bzw. kostengruppenbezogen ermittelt. Sofern eine anla-

---

<sup>108</sup> z. B. durch einzelne Instandhaltungsverantwortliche im Rahmen der Datenerhebung

<sup>109</sup> vgl. [[Bahr08] S.110ff], [[BKI11] S.13], [[Rote11] S.34]

genspezifische Angabe nicht vom Datenspender zur Verfügung gestellt werden konnte, diene das Gebäudealter als indikative Referenzgröße. Dieses Vorgehen eignet sich insbesondere für jüngere Bauwerke (<20 Jahre), bei denen von einer weitest gehenden Kongruenz des konstruktiven und technischen Bauteilalters auszugehen ist. Mit ansteigendem Gebäudealter wird dies jedoch zunehmend unwahrscheinlicher. Bedingt durch ihre kürzere technische und wirtschaftliche Lebensdauer werden viele Komponenten der technischen Gebäudeausrüstung mehrmals im Lebenszyklus einer Immobilie ausgetauscht. Der zeitversetzte Austausch einer technischen Anlage bedingt demnach eine Entkoppelung des ursprünglich deckungsgleichen Anlagen- und Gebäudealters. Die Realdatenspender wurden daher aufgefordert, die Neuinstallationen einer einzelnen Anlage oder gar eine Generalsanierung der gesamten technischen Ausrüstung unter Angabe des jeweiligen Fertigstellungsdatums, als Basis der modifizierten Altersbestimmung, anzuzeigen. Ungeachtet dessen ist es nahezu unmöglich, bei Immobilien fortgeschrittenen Alters alle technischen Einbauten anlagenscharf und alterspräzise zu bestimmen. So kann zwar der alleinige Austausch des Heizkessels ein bestehendes Heizungssystem entscheidend verjüngen, das Wärmeverteilnetz sowie die Konvektoren entsprechen jedoch weiterhin dem originären Gebäude- bzw. Anlagenalter. Insbesondere bei älteren Bauwerken (jenseits der 20 Jahre) lässt sich das Alter gesamter Anlagensysteme demzufolge häufig nicht eindeutig ermitteln<sup>110</sup>. Hieraus resultieren potenzielle Ungenauigkeiten, die auch bei der Interpretation der nachfolgenden Auswertungen der Beachtung bedürfen.

Abbildung 5-6 stellt den altersbezogenen Verlauf der Wartungs- und Inspektionskosten des Gesamtportfolios in Bezug auf den Wiederbeschaffungswert der gesamten Kostengruppe 400 dar. Die dokumentierten Aufwendungen der technischen Anlagen variieren von knapp 0,10% bis zu maximal 2,60% und liegen im Mittel bei 0,80% anteilig am Wiederbeschaffungswert.

---

<sup>110</sup> Bauwerke und Anlagenteile mit einem Alter von mehr als 50 Jahren wurden im Sinne einer erhöhten Belastbarkeit demzufolge von der Untersuchung ausgeschlossen.

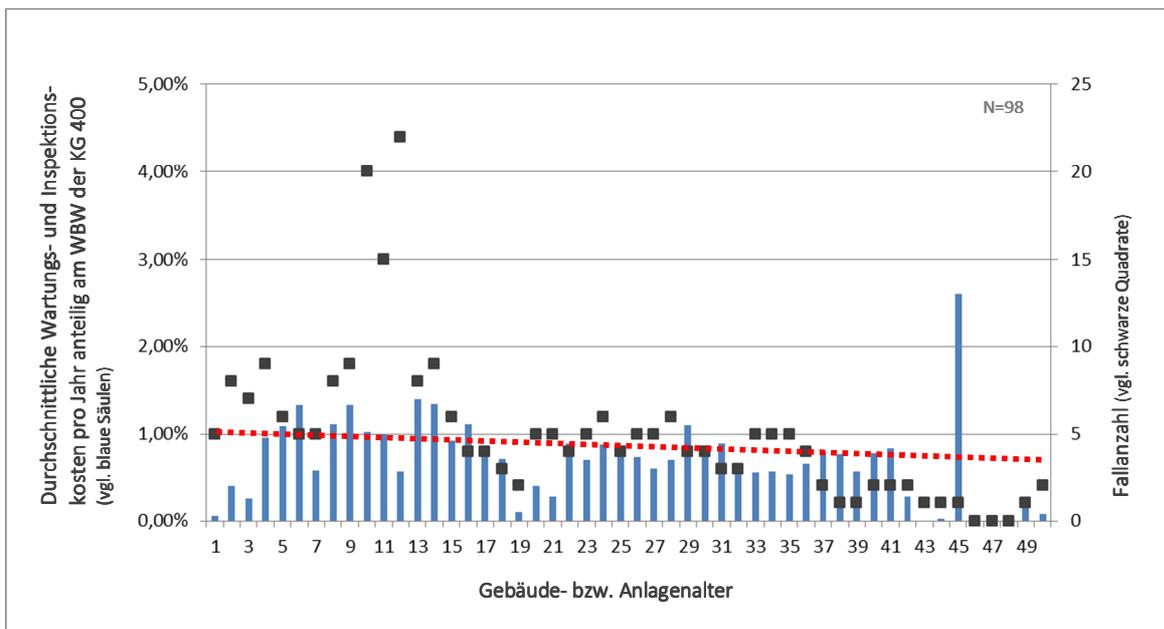


Abbildung 5-6: Altersbezogene Auswertung der durchschnittlichen Kosten der Wartung und Inspektion in Prozent anteilig am WBW der KG 400

Die Kostenverteilung über die Zeitspanne von 50 Jahren lässt, entgegen der vorab aufgeführten Annahmen, keinen positiven Zusammenhang der monetären Belastung der Wartung und Inspektion in Bezug auf das Gebäude- bzw. Anlagenalter erkennen. Die dokumentierten Aufwendungen nehmen stattdessen im Verlauf der altersbezogenen Auswertung, ungeachtet einzelner Ausreißer<sup>111</sup>, vergleichsweise konstant von ca. 1,00% (im 3. Lebensjahr) auf ca. 0,60% (im 39. Lebensjahr) des Wiederbeschaffungswerts der Kostengruppe 400 ab (vgl. Verteilung der blauen Säulen bzw. den Verlauf der gepunkteten roten Trendlinie). Unter Einbezug der korrespondierenden Fallzahlen (vgl. schwarze Quadrate) auf der rechts angeordneten Sekundärachse des Diagramms ist zudem zu erkennen, dass die aufgeführten Extremwerte überwiegend in jenen Jahren auftreten, in denen nur geringe Fallzahlen berücksichtigt werden konnten (z. B. das Erfassungsjahr 19 und die Erfassungsjahre 43 bis 50). Das Ergebnis spiegelt demnach einen leicht negativen Wirkzusammenhang des Gebäude- bzw. Anlagenalters auf die Höhe der Wartungs- und Inspektionskosten wider. Die Gründe hierfür mögen unterschiedlicher Natur

<sup>111</sup> Werte, die signifikant über oder unterhalb des Durchschnittswerts liegen

sein. So könnten die technisch einfacheren und häufig robusteren Anlagen vergangener Jahrzehnte tatsächlich wartungsfreundlicher ausfallen, als die zum Teil hochkomplexen und somit wartungsintensiveren modernen Anlagen. Weiterhin könnte der Anteil kostenintensiver Technik im Gebäude im Verlauf der vergangenen 5 Jahrzehnte angestiegen sein und somit zu einer Kostensteigerung geführt haben. Nicht zuletzt ist es jedoch auch denkbar, dass schlichtweg die Bereitschaft der Betreiber in ihre Anlagentechnik zu investieren<sup>112</sup> mit steigendem Anlagenalter sinkt. In Anbetracht des Untersuchungsergebnisses kann demnach davon ausgegangen werden, dass in der Praxis weder die Anzahl der durchgeführten Wartungen und Inspektionen noch die Investitionen in diese, ungeachtet des ansteigenden Anlagenalters, maßgeblich erhöht werden (vgl. [Hell06] S.250). Dies ist aller Voraussicht nach auf die überwiegend altersunabhängigen, fest definierten Wartungs- und Inspektionsintervalle sowie deren weitestgehend konstant anfallenden Kosten zurückzuführen. Mit fortschreitendem Abbau des Abnutzungsvorrats ist jedoch im Umkehrschluss davon auszugehen, dass die Schadensanfälligkeit und somit die Notwendigkeit von Instandsetzungsmaßnahmen sukzessive ansteigt.

Die analoge Untersuchung der Instandsetzungskosten liefert demzufolge ein grundsätzlich konträres Bild. Der in Abbildung 5-7 visualisierte Verlauf der Instandsetzungsausgaben lässt, im Gegensatz zu den Wartungs- und Inspektionskosten, auf einen grundständig positiven Zusammenhang zwischen den dokumentierten Instandsetzungsaufwendungen und dem Anlagenalter schließen. Entsprechend der gepunkteten, roten Trendlinie ist im Mittel ein deutlicher Anstieg der instandsetzungsbezogenen Aufwendungen über die Zeit festzustellen. Der lineare Verlauf der roten Linie spiegelt jedoch die tatsächliche Verteilung der dokumentierten Aufwendungen nur bedingt realitätsnah wider. So ist die Altersspanne der untersuchten 50 Jahre, ungeachtet individueller Ausreißer, durch verschiedene kostenintensivere und weniger kostenintensive Phasen gekennzeichnet (vgl. idealisierte grüne Linie).

---

<sup>112</sup> in Form von Wartungs- und Inspektionsmaßnahmen

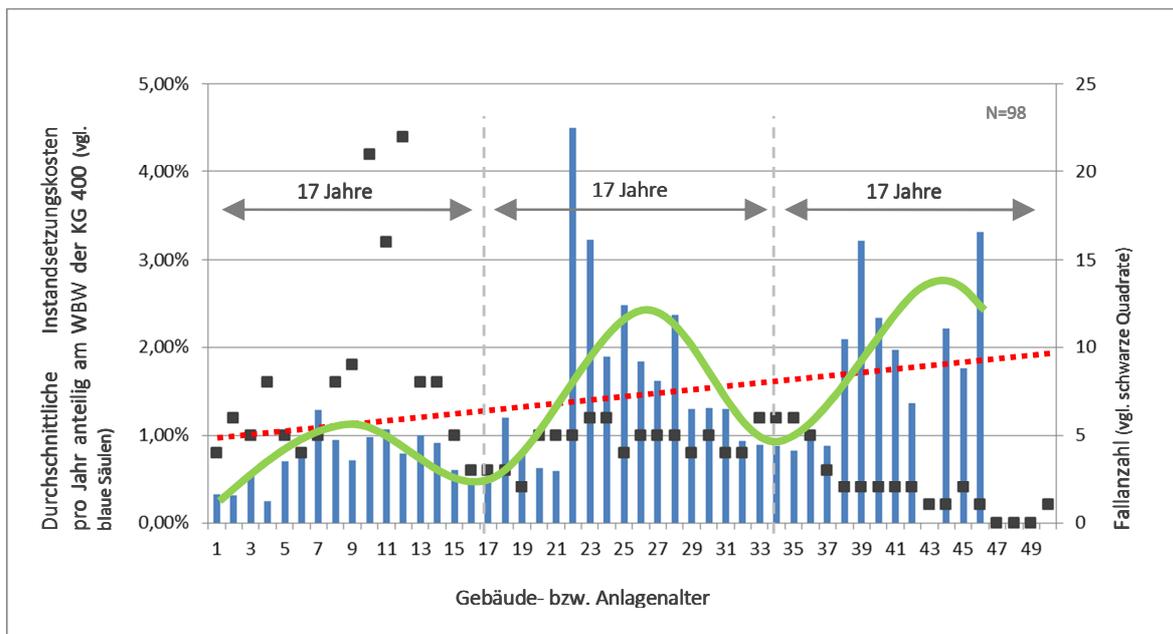


Abbildung 5-7: Altersbezogene Auswertung der durchschnittlichen Kosten der Instandsetzung in Prozent anteilig am WBW der KG 400

Demzufolge steigen die Instandsetzungskosten nicht kontinuierlich linear, sondern in Form zyklischer Kurven, an. In der Literatur finden sich hierzu verschiedene Erklärungsansätze. Das BKI beschreibt beispielsweise die Kostenbelastung der ersten Jahre nach erfolgter Installation einer technischen Anlage als sehr gering [[BKI11] S.13]. Dies ist auf den insgesamt guten Zustand der Anlagen sowie auf die gesetzliche Gewährleistungsverpflichtung der Herstellerfirmen nach Erstinstallation zurückzuführen. Mit zunehmendem Anlagenalter steigen die instandsetzungsbezogenen Aufwendungen jedoch an und erreichen gemäß BKI nach 10 bis 15 Jahren einen ersten Höhepunkt [[BKI11] S.13]. Als Ursachen benennen die Autoren vorrangig notwendige Maßnahmen am Dach sowie im Bereich der technischen Anlagen [[BKI11] S.13], deren vergleichsweise kurze Lebensdauererwartungen zu ersten Instandsetzungsmaßnahmen und somit zu einem entsprechenden Kostenanstieg führen<sup>113</sup>. Im Anschluss an die erfolgreiche Maßnahmendurchführung

<sup>113</sup> HARDKOP hat im Rahmen seiner wissenschaftlichen Untersuchungen umfangreiche Realdatenauswertungen bezüglich der Lebensdauererwartungen technischer Anlagen in Gebäuden durchgeführt. Demnach liegen beispielsweise die durchschnittlichen Lebenserwartungen von

reduziert sich die monetäre Belastung vorerst<sup>114</sup>, bevor sie abermals altersbezogen zunimmt. Gestützt durch die Untersuchungsergebnisse von BAHR [[Bahr08] S.83], verweist das BKI folglich auf eine zweite Häufung notwendiger Instandsetzungsmaßnahmen kurz vor dem dreißigsten Nutzungsjahr einer Immobilie [[BKI11] S.22]. Als Ursache werden vorrangig dringend erforderliche Instandsetzungs- und Verbesserungsmaßnahmen an der Gebäudehülle sowie der technischen Gebäudeausrüstung genannt.

Die vorab aufgeführten Literaturangaben implizieren einen nichtlinearen zyklischen Verlauf der Instandsetzungskosten und bestätigen somit die in Abbildung 5-7 visualisierte Realkostenverteilung des Untersuchungsportfolios. Ungeachtet einzelner Extremwerte lassen sich innerhalb der Betrachtungsspanne von insgesamt 50 Jahren drei entsprechende Kostenzyklen von jeweils ca. 17 Jahren identifizieren. Der idealisierte Kostenverlauf der analysierten Realdaten (siehe grüne Linie) weicht nur leicht von den in der Literatur genannten Jahresangaben höchster Instandsetzungsintensität (10. bis 15. / 30. Lebensjahr) ab. Die Scheitelpunkte liegen um wenige Jahre versetzt bei den Altersstufen 9, 26 und 43 Jahre nach der Gebäudeerrichtung. Der Zeitpunkt höchster monetärer Instandsetzungsbelastung wird folglich jeweils nach der Hälfte des 17 jährigen Kostenzyklus erreicht. Während die Zeitspannen der drei dokumentierten Zyklen nahezu konstant bleiben, nehmen die Amplituden der Kostenkurven und somit die absoluten monetären Belastungen mit steigendem Gebäude- bzw. Anlagenalter zu (vgl. Jahre 9, 26 und 43). Zudem steigt das Kostenniveau in Zeiten geringer Instandsetzungsaktivitäten<sup>115</sup> im Vergleich zum Vorgängerzyklus sukzessive an (vgl. Jahre 17, 34 und 50). Nicht zuletzt diesen beiden Effekten ist die grundsätzlich positive Korrelation der Instandsetzungsaufwendungen mit dem Gebäude- bzw. Anlagenalter geschuldet. Sie deutet darauf hin, dass die Kostenintensität und die Anzahl der notwendigen Maßnahmen parallel zum Alter ansteigen. Zur Erklärung des

---

Kompressoren und Pumpen in der Praxis bei ca. 11, die von Brennern und Ventilatoren bei ca. 14 und die von Kesseln bei ca. 17 Jahren [[Hard10] S.117].

<sup>114</sup> Bedingt durch die Erhöhung des Abnutzungsvorrats

<sup>115</sup> Jeweils zu Ende des jeweiligen Zyklus

beschriebenen Kostenverlaufs sei einmal mehr die bereits vorab erwähnte Instandhaltung einer Heizungsanlage als Beispiel genannt: Nachdem die instandsetzungsbezogenen Kosten des Gesamtheizsystems über mehrere Jahre angestiegen sind, wird der Heizkessel im Rahmen des ersten Zyklus, aufgrund seiner kürzeren Lebenserwartung, ausgetauscht. Die instandhaltungsbezogenen Aufwendungen für den Heizkessel reduzieren sich entsprechend. Die Aufwendungen für das weiterhin verwendete originale Wärmeverteilsystem sowie die zugehörigen Konvektoren steigen hingegen, entsprechend ihrer größeren Lebensdauererwartung, weiterhin an. In der instandsetzungsintensiven Phase des zweiten Zyklus kann es nunmehr zu einer Überschneidung notwendiger Maßnahmen am Brenner und am Wärmeverteilsystem sowie den zugehörigen Konvektoren kommen, da diese sich mittlerweile ebenfalls dem Ende ihrer Lebensdauer nähern. Dies führt zu einer bedeutsamen Erhöhung der Anzahl und Intensität der durchzuführenden Instandsetzungsmaßnahmen und erklärt somit den in Abbildung 5-7 visualisierten Kostenverlauf. Die Untersuchungsergebnisse deuten zudem darauf hin, dass sich derselbe Effekt, wenngleich in abgeschwächter Form, im dritten Zyklus wiederholt. Angesichts der bereits angedeuteten, eingeschränkten Belastbarkeit<sup>116</sup> der Realdaten jenseits der Altersstufe von 30 Jahren, bedarf der idealisierte Kurvenverlauf jedoch zukünftig einer Verifizierung durch Längsschnittuntersuchungen und kann vorerst nur als erster Indikator dienen.

Während im Zusammenhang mit den Wartungs- und Inspektionskosten ein leicht degressiver Verlauf der Instandhaltungsbelastung in Bezug auf das Gebäude- bzw. Anlagenalter festgestellt werden konnte, weisen die Instandsetzungsaufwendungen einen zyklisch zunehmenden Kostenverlauf auf. Die kostentechnische Relevanz beider Auswertungen stellt sich somit gegenläufig dar. Angesichts der deutlich höheren Kostenanteile (vgl. Abbildung 5-7) der Instandsetzung im Vergleich zur Wartung und Inspektion (vgl. Abbildung 5-6) ist davon auszugehen, dass der kostenerhöhende Einfluss der Instandsetzung den leicht degressiven Verlauf der Wartungs- und Inspektionsmaßnahmen bei weitem übertrifft. Diese Annahme wurde durch die in Abbildung 5-8 aufge-

---

<sup>116</sup> aufgrund geringer Fallzahlen

fürte Auswertung der Gesamtinstandhaltungskosten unter Berücksichtigung aller Maßnahmenarten<sup>117</sup> bestätigt.

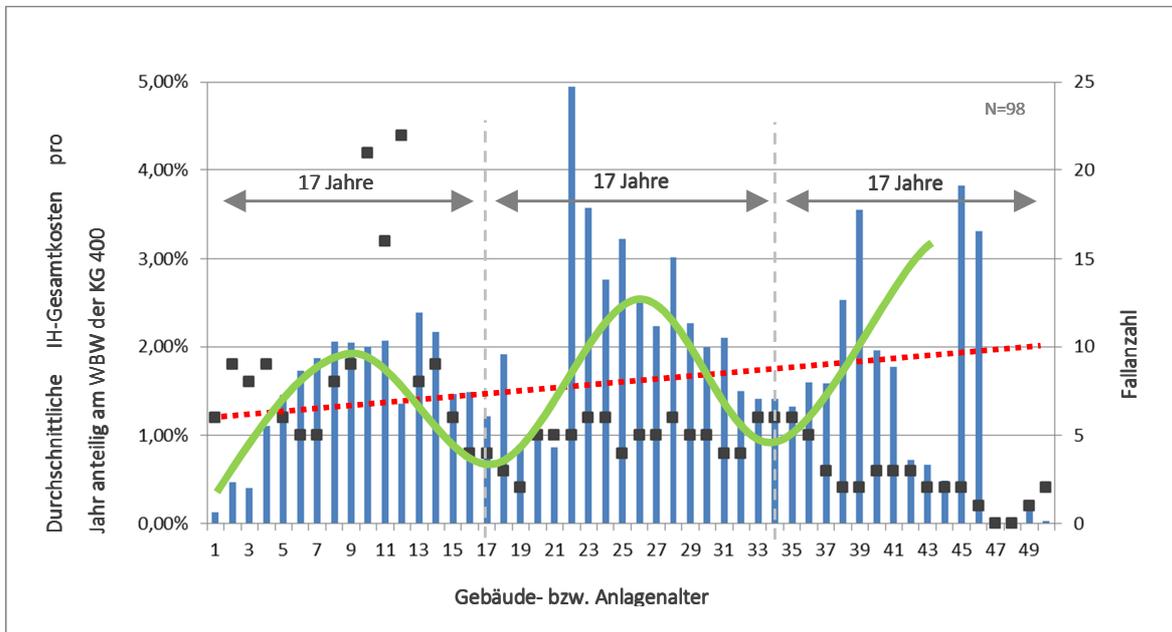


Abbildung 5-8: Altersbezogene Auswertung der durchschnittlichen Kosten der Gesamtinstandhaltung in Prozent anteilig am WBW der KG 400

So wird die altersbezogene Auswertung aller Maßnahmenarten vorrangig vom zyklischen Verlauf der Instandsetzungsaufwendungen dominiert. Der Einfluss der Wartungs- und Inspektionsaufwendungen macht sich lediglich durch ein leichtes Anheben der Durchschnittswerte bemerkbar. In der Summe überwiegt jedoch der steigende Kostenverlauf der instandsetzungsbezogenen Investitionen (vgl. rot gestrichelte Trendlinie). Das Gebäude- bzw. Anlagenalter stellt demzufolge eine relevante Einflussgröße auf die Instandhaltungskosten dar. Folgerichtig wird die Einflussgröße des Gebäude- bzw. Anlagenalters Gegenstand weiterführender Untersuchungen<sup>118</sup> bei der Entwicklung des angestrebten Budgetierungsverfahrens sein. An dieser Stelle wird jedoch vorerst mit der bivariaten Untersuchung der potenziellen Einflussgrößen auf die Instandhaltung fortgefahren.

<sup>117</sup> Wartung, Inspektion und Instandsetzung

<sup>118</sup> in Form interfaktorierender Analysen

### 5.4.3 Standardbezogene Auswertung

Schon 1995 vermutete KELLER im Rahmen statistischer Auswertungen einen direkten Zusammenhang zwischen dem monetären Anteil der technischen Gebäudeausrüstung an den Gesamtherstellungskosten eines Mehrfamilienhauses und den hieraus resultierenden Instandhaltungsaufwendungen in der Nutzungsphase [[Kell95] S.66]. Die Verknüpfung des Technikanteils sowie der Instandhaltungskosten wurde 2008 durch BAHN bestätigt [[Bahr08] S.114ff]. Demnach steigt der Instandhaltungsbedarf einer Immobilie mit zunehmendem Anteil der gebäudetechnischen Anlagen am Gesamtwert des Gebäudes. Ursächlich hierfür gilt die hohe Instandhaltungsintensität der technischen Gebäudeausrüstung im Vergleich zu den baulichen Anlagen [[Kalu91] S.159]. Da in der vorliegenden Arbeit jedoch nicht die Gesamtinstandhaltungskosten (inklusive der Aufwendungen der baulichen Struktur – KG 300), sondern allein die Aufwendungen der gebäudetechnischen Anlagen (KG 400) im Fokus der Untersuchungen stehen, ist es sinnvoll, stellvertretend den technischen Ausstattungsstandard als potenzielle Einflussgröße zu untersuchen. Es wird davon ausgegangen, dass ein hoher Standard komplexitätsbedingt höhere Kosten verursacht als ein niedrigeres Ausstattungsniveau.

Als Grundlage der standardbezogenen Auswertung wurden die datenspendenden Institutionen gebeten, den Ausstattungsstandard ihrer technischen Anlagen auf Basis der drei Bewertungsstufen<sup>119</sup> „niedrig“, „mittel“ und „hoch“ soweit möglich kostengruppengenau einzuschätzen<sup>120</sup>. Die Auswertung der Daten erfolgte in Form einer Clusteranalyse auf Grundlage der durchschnittlichen Instandhaltungsaufwendungen anteilig am Wiederbeschaffungswert der Kostengruppe 400 sowie der drei entsprechenden Ausstattungsstufen. Das in Abbildung 5-9 dargestellte Auswertungsergebnis überrascht. Entgegen der vorab aufgeführten Hypothese liegt die mittlere jährliche Instandhaltungsbelastung anteilig am WBW für Kostengruppen mit hohem Ausstattungsstan-

---

<sup>119</sup> vgl. auch BKI

<sup>120</sup> Sofern vom Datenspender keine kostengruppenpräzise Angabe zur Verfügung gestellt werden konnte, wurde stattdessen der Ausstattungsstandard des Gesamtgebäudes als Referenzgröße herangezogen.

dard mit 1,81% deutlich unterhalb der Werte derer mit einem mittleren (3,04%) bzw. niedrigem (3,26%) Ausstattungsstandard. Die Reihenfolge der durchschnittlichen monetären Belastung anteilig am WBW stellt sich somit gegenläufig zur aufgestellten Hypothese dar.

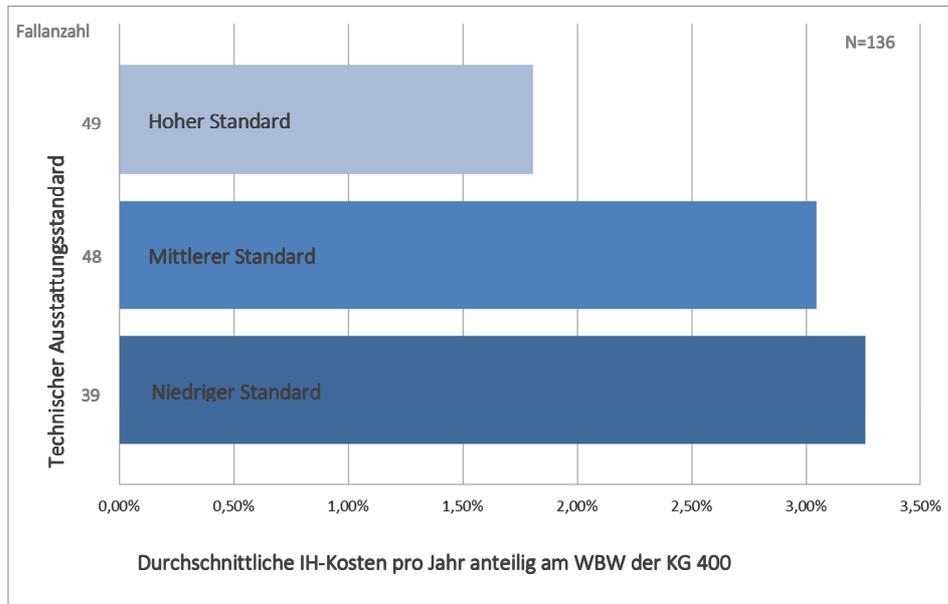


Abbildung 5-9: Standardbezogene Auswertung der IHK in Prozent anteilig am WBW der KG 400

Angesichts des unerwarteten Ergebnisses wird eine ergänzende statistische Auswertung zur Einflussverifizierung vorgenommen. Anstelle des Wiederbeschaffungswerts dient bei der erneuten Analyse die Gebäudefläche (in m<sup>2</sup> BGF) als relative Vergleichsgröße. Obwohl exakt dieselben Realkosten Eingang in die Auswertung finden, stellt sich das Ergebnis nunmehr unterschiedlich dar. Im Einklang mit der vorab aufgestellten Hypothese belaufen sich die durchschnittlichen Aufwendungen bei niedrigem Ausstattungsstandard nunmehr im Mittel auf 9,59 €/m<sup>2</sup> BGF, während die Kosten bei mittlerem Standard (14,44 €/m<sup>2</sup> BGF) und hohem Standard (15,78 €/m<sup>2</sup> BGF) deutlich darüber liegen (vgl. Abbildung 5-10). Bezogen auf die Ist-Instandhaltungskosten entspricht die Auswertung somit der angenommenen Korrelation der Hypothese.

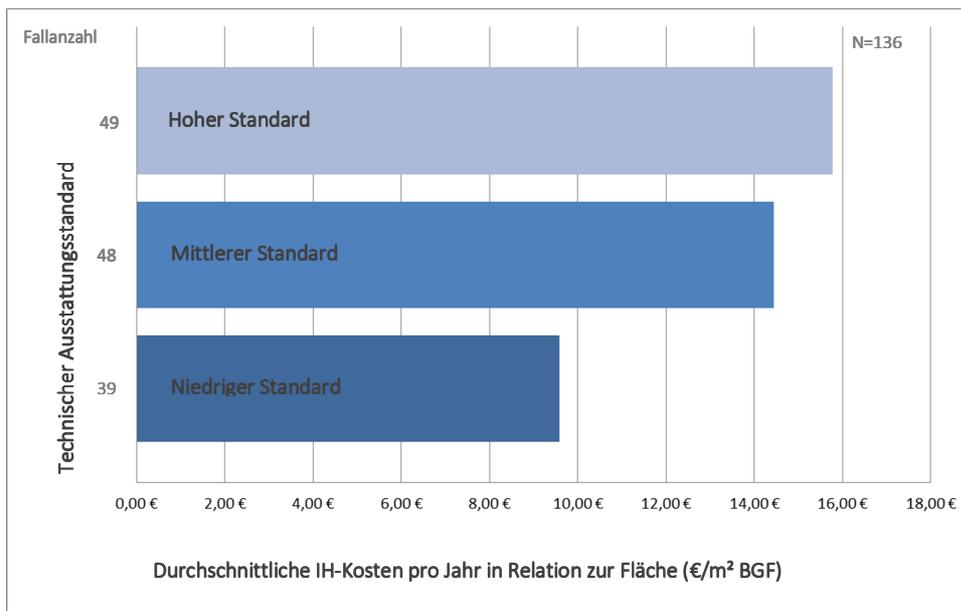


Abbildung 5-10: Standardbezogene Auswertung der IHK in Relation zur Fläche (in €/m<sup>2</sup> BGF)

Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass die Korrelation zwischen dem Ausstattungsstandard und den Instandhaltungskosten bei Darstellung der Instandhaltungsaufwendungen in Relation zum Wiederbeschaffungswert vermutlich durch wertspezifische Effekte<sup>121</sup> überlagert wird. Eine entsprechende Überlagerung des Ergebnisses deutet demnach darauf hin, dass die Einflussgröße des Ausstattungsstandards keinen wertunabhängigen Parameter darstellt, sondern maßgeblich mit dem Wiederbeschaffungswert korreliert und folglich von diesem beeinflusst wird. Eine besonders große Differenz oder eine ungleichmäßige Verteilung der durchschnittlichen Wiederbeschaffungswerte können in Konsequenz zu entsprechenden statistisch bedingten Verschiebungseffekten führen. Etwaige korrelationsbedingte Doppelungen sind im Zuge der angestrebten Verfahrensentwicklung jedoch dringend zu vermeiden (vgl. Kapitel 1.2.) Aus diesem Grund wird der Ausstattungsstandard im Rahmen dieser Arbeit Gegenstand weiterer Analysen zur abschließenden Klärung seiner Eignung als Einflussgröße sein.

<sup>121</sup> d. h. die Einflussgröße des Ausstattungsstandards steht in direkter Wechselbeziehung mit dem Wiederbeschaffungswert

#### 5.4.4 Betriebsdauerbezogene Auswertung

In Ergänzung zum Ausstattungsstandard wird in der Literatur (vgl. Tabelle 5-3) insbesondere die Nutzungsintensität bzw. die durchschnittliche tägliche Anlagenbetriebsdauer als weitere wichtige Einflussgröße auf die Instandhaltungsaufwendungen technischer Anlagen genannt. HÖLZGEN sowie TOMM, RENTMEISTER und FINKE gehen von einem positiven Zusammenhang der mittleren Betriebsstundenanzahl und den hieraus resultierenden Instandhaltungsaufwendungen aus [ToRF95], [Hoel91]. Im Rahmen der Realdatenerhebung wurden die Datenspender daher gebeten, für jedes ihrer Gebäude die durchschnittliche tägliche Betriebsdauer (in Std.) anzugeben.

Die Auswertung erfolgte in Form einer weiteren Clusteranalyse (vgl. Abbildung 5-11) unter Berücksichtigung von vier unterschiedlichen Betriebsintensitäten (Eingeschränkter Betrieb = im Mittel 0-6 Std./Wochentag, Einschicht-Betrieb = 7-12 Std./Wochentag, Zweischicht-Betrieb = 13-18 Std./Wochentag und Dauerbetrieb = 19-24 Std./Wochentag).

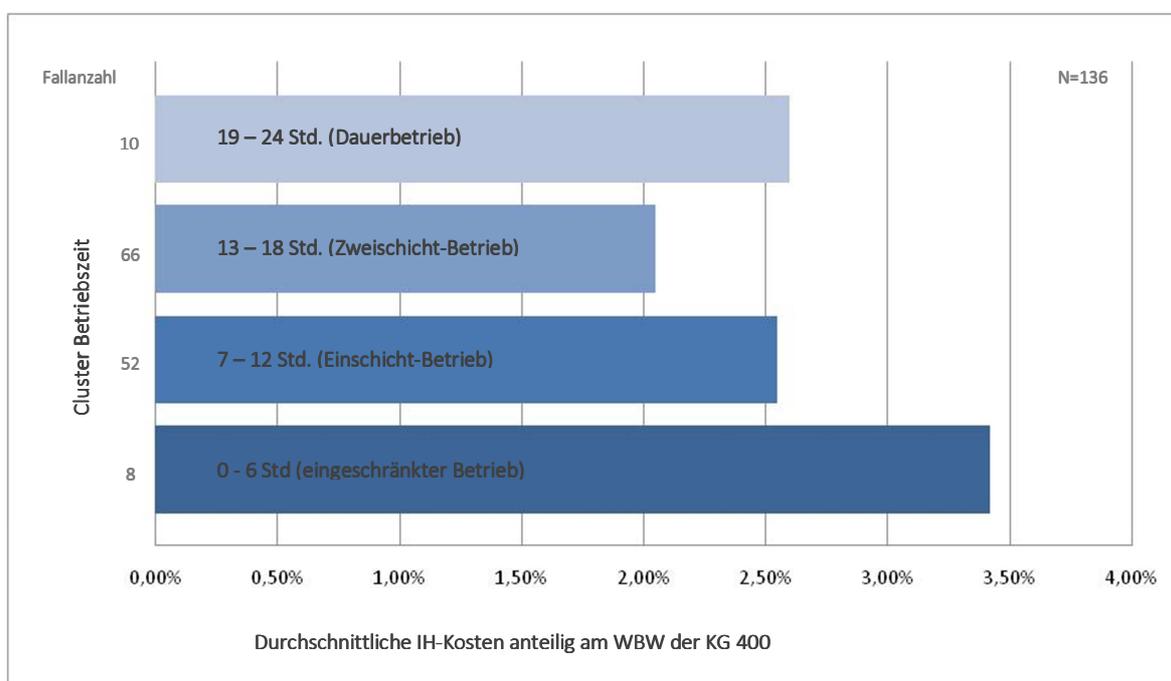


Abbildung 5-11: Betriebsdauerbezogene Auswertung der IHK in Prozent anteilig am WBW der KG 400

Ähnlich wie das Resultat der ausstattungsbezogenen Analyse (vgl. Abbildung 5-9) entspricht das in Abbildung 5-11 aufgeführte Auswertungsergebnis nicht den Erwartungen, die aus den aufgeführten Literaturquellen abgeleitet wurden. Demnach weist der eingeschränkte Betrieb (0-6 Std./Tag) mit 3,42% anteilig am WBW den höchsten Durchschnittswert auf, während der Einschicht-Betrieb (7-12 Std./Tag) mit 2,55% sowie der Zweischicht-Betrieb (13-18 Std./Tag) mit 2,05% offenbar eine exakt gegenläufige Kostenentwicklung suggerieren als in der Hypothese angenommen. Der Dauerbetrieb (19-24 Std./Tag) liegt dagegen mit 2,56% auf einem ähnlichen Niveau wie der Einschicht-Betrieb.

In der vorliegenden Form deutet die Auswertung in Relation zum Wiederbeschaffungswert demnach auf keine eindeutige Korrelation der Instandhaltungskosten sowie der Nutzungsintensität hin. Analog der Vorgehensweise bei der Einflussgröße des Ausstattungsstandards wird auch in diesem Fall eine flächenbezogene Analyse durchgeführt (vgl. Abbildung 5-12).

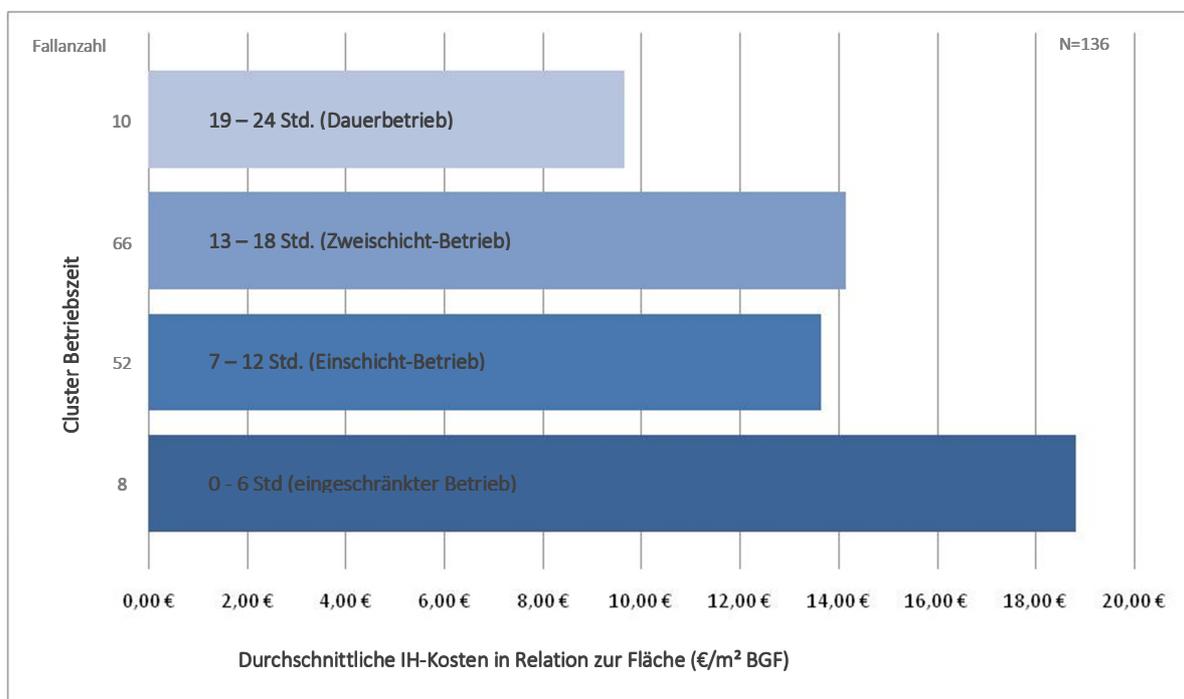


Abbildung 5-12: Betriebsdauerbezogene Auswertung der IHK in Relation zur Fläche (in €/m<sup>2</sup> BGF)

Im Ergebnis weist die flächenbezogene Auswertung der Instandhaltungskosten einige Unterschiede auf. Während der eingeschränkte Betrieb (18,82 €/m<sup>2</sup> BGF) auch hier die kostenintensivste Betriebsvariante darstellt, liegen der Einschicht- (13,64 €/m<sup>2</sup> BGF) sowie der Zweischicht-Betrieb (14,16 €/m<sup>2</sup> BGF) nahezu gleichauf. Die größte Abweichung ist bei der höchsten Nutzungsintensität zu verzeichnen. Mit lediglich 9,67 €/m<sup>2</sup> BGF stellt dieser überraschenderweise nun mehr die preisgünstigste Betriebsdauervariante dar. Weder die wertbezogene noch die flächenbezogene Analyse konnte demnach die in der Literatur aufgeführte Korrelation der Nutzungsintensität bzw. der Anlagenbetriebsdauer mit den Instandhaltungsaufwendungen bestätigen. Wenngleich die Ursachen hierfür mannigfaltig sein können, weist BAHN in ihrer Arbeit bereits 2008 auf einen wichtigen potenziellen Grund als Erklärung für das uneinheitliche Auswertungsergebnis hin. Demnach vermutet die Autorin eine primäre (Vor-) Bestimmung der Nutzungs- bzw. Betriebsdauern durch die Art der Gebäudenutzung [[Bahr08] S.135]. Dieses Argument ist durchaus schlüssig und angesichts der Zusammenstellung des Untersuchungsportfolios nachzuvollziehen. Während z. B. die Gruppe der nutzungsintensivsten Gebäude überwiegend durch Polizeiwachen, Rechenzentren und Universitätsbibliotheken<sup>122</sup> gebildet werden, gehören die Feuerwehrgebäude sowie die Stadt- und Festhallen zur Gruppe eingeschränkter Betriebsdauer. Die Büro- und Verwaltungsbauten, Lehr- und Institutsgebäude als auch Kindertagesstätten sind hingegen typische Nutzungsarten mit Ein- bzw. Zweischicht-Betrieb. Nutzungscluster, die Immobilien aller Intensitätsstufen beinhalten (Eingeschränkter, Einschicht-, Zweischicht- und Dauer-Betrieb), stellen daher eine Ausnahme dar. Die einhergehende, nutzungstypische Beschränkung der Betriebsdauer führt in Konsequenz zu einer uneinheitlichen und wenig aussagekräftigen Verteilung der korrespondierenden Kosten (vgl. Abbildung 5-11 und Abbildung 5-12). Durch die Überlagerung des Einflusses der Betriebsdauer durch weitere nutzungsbezogene Parametern ist dessen tatsächliche Gewichtung demnach auf Grundlage der vorliegenden Daten nicht exakt festzustellen. Von einer weiterführenden Untersuchung der Datengrundlage wird daher abgesehen.

---

<sup>122</sup> Mit zeitlich unbegrenzter Nutzungsmöglichkeit für Lehrende und Studierende.

### 5.4.5 Größenbezogene Auswertung

Eine weitere, häufig in der Literatur aufgeführte Einflussgröße auf die Instandhaltungskosten ist die Gebäude- bzw. Anlagengröße (vgl. Tabelle 5-3). Die Dimension des Gebäudes bzw. der Anlage soll, so vermuten die Quellenautoren, in einem grundsätzlich positiven Zusammenhang mit den bereitzustellenden Instandhaltungsinvestitionen stehen.

Zur Größenbestimmung eines Bauwerks wird in der Praxis gewöhnlich eine Flächengröße in Form der Bruttogrundfläche (BGF) oder der Nutzfläche (NF) als leicht zu bestimmende Referenzdimension herangezogen. Die präzise Größenbestimmung von gebäudetechnischen Anlagen erweist sich hingegen ungleich problematischer. Während verschiedene Anlagensysteme über ihre Leistungs- und Verbrauchsangaben<sup>123</sup> noch vergleichsweise einfach zu kategorisieren sind, ist dieser Weg zur Größenermittlung anderer Systeme<sup>124</sup> dagegen weitaus weniger geeignet, da diese entweder über keine geeigneten Leistungs- und Verbrauchsangaben zu definieren, oder die notwendigen Informationen auf Seiten der Datenspender nicht verfügbar sind. Entsprechend der Auswertungen des BKI kann jedoch grundsätzlich von einer starken Größenkorrelation aller relevanten gebäudetechnischen Anlagen mit der Gebäudedimension ausgegangen werden [BKI12c]. Infolgedessen wird in den nachfolgenden Untersuchungen die Bruttogrundfläche des jeweiligen Bauwerks als substituierende Größendimension zur Bestimmung der anzunehmenden Anlagendimension herangezogen.

Das Ergebnis der ersten Auswertung in Form eines erweiterten Scatterplots ist in Abbildung 5-13 dargestellt. Die Grafik veranschaulicht neben der Instandhaltungskostenverteilung (anteilig am WBW) durch die Verwendung unterschiedlicher Blasendurchmesser zusätzlich die jeweilige Gebäudegröße (auf Grundlage der Bruttogrundfläche in m<sup>2</sup> BGF). Das Auswertungsergebnis lässt keine eindeutige Verteilung der Instandhaltungsaufwendungen in Bezug auf

---

<sup>123</sup> z. B. Heizungs- oder Klimaanlage aufgrund ihrer Leistung in kWh/a

<sup>124</sup> z. B. Sanitäre Anlagen, Gebäudeautomation oder Teile der elektrischen Ausstattung

die untersuchte Einflussgröße erkennen. So können die Extremwerte oberhalb der 5% oder unterhalb der 1% Marke weder ausschließlich den besonders kleinen noch den besonders großen Bauwerken zugeordnet werden. Bezogen auf die jährliche durchschnittliche Kostenbelastung in Relation zum Wiederbeschaffungswert scheint die Gebäudegröße demzufolge keinen eindeutigen Indikator für die zu erwartenden Instandhaltungsaufwendungen darzustellen.

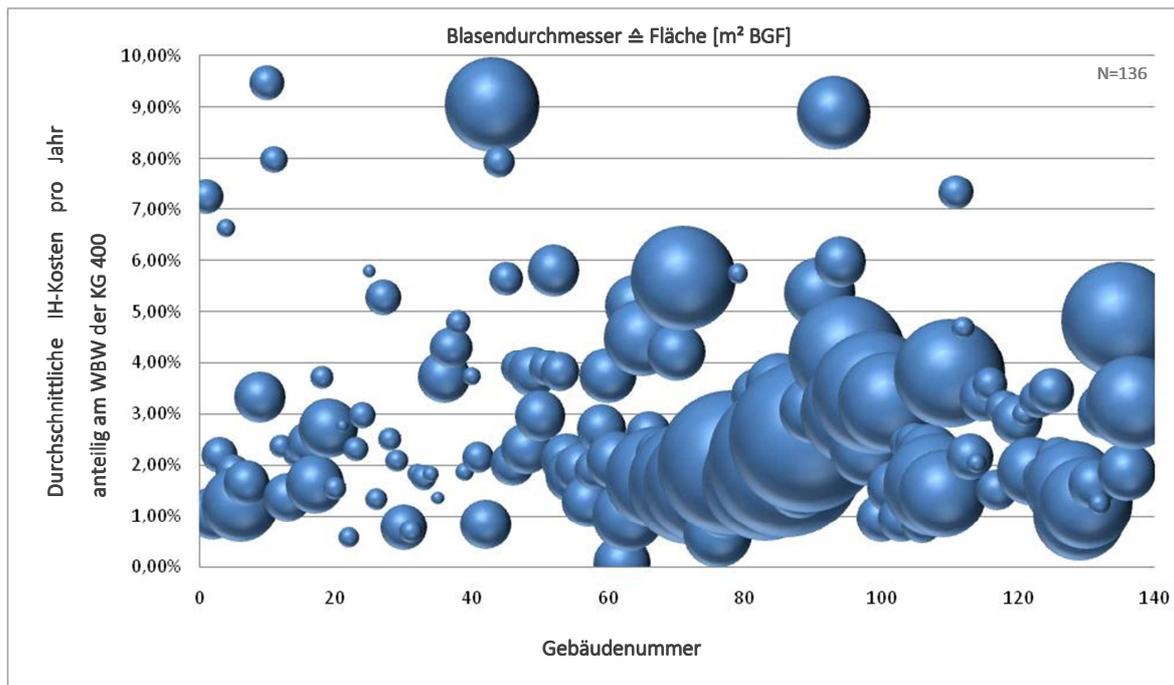


Abbildung 5-13: Gebäudegrößenbezogene Auswertung der IHK in Prozent anteilig am WBW der KG 400 je Bauwerk

Diese Aussage wird von der nachfolgenden Clusteranalyse (vgl. Abbildung 5-14) gestützt. Hierzu wurden die Gebäude entsprechend ihrer Bruttogrundfläche in 9 Gruppen<sup>125</sup> unterteilt. Die Gruppe der kleinsten Gebäude umfasst Bauten von 1 bis 1.000 m<sup>2</sup> BGF, während die größte Gruppe Bauten von 40.001 bis 50.000 m<sup>2</sup> BGF beinhaltet. Die durchschnittliche Belastung der einzelnen Cluster beläuft sich, abgesehen von einer Ausnahme<sup>126</sup>, durchgehend auf einen Anteil von 2,0 bis 2,5% des Wiederbeschaffungswerts der KG

<sup>125</sup> überwiegend in Dimensionsschritten von 5.000 m<sup>2</sup> BGF

<sup>126</sup> vgl. Flächenstufe 25.001 – 30.000 m<sup>2</sup> BGF

400 (vgl. Abbildung 5-14). Ein eindeutig positiver oder negativer Wirkzusammenhang zwischen der Gebäude- bzw. Anlagengröße und der resultierenden Instandhaltungsbelastung (in Relation zum Wiederbeschaffungswert) ist nicht festzustellen.

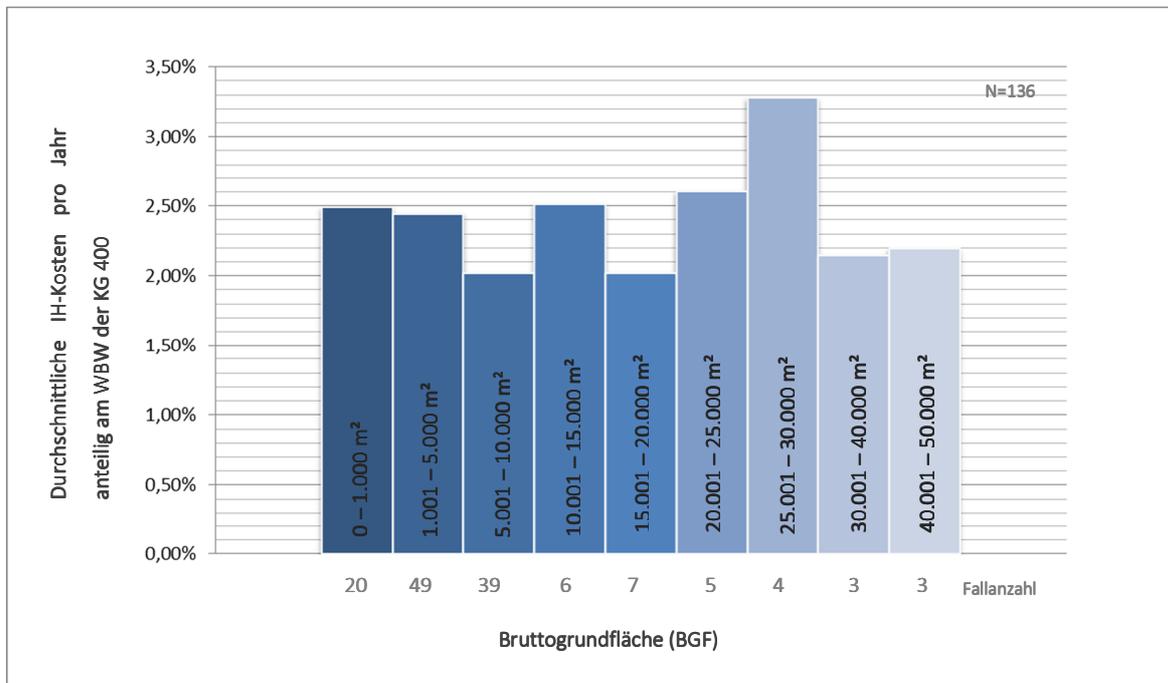


Abbildung 5-14: Gebäudegrößenbezogene Clusterauswertung der IHK in Prozent anteilig am WBW der KG 400

Angesichts des von den Literaturquellen abweichenden Ergebnisses wird dieses erneut durch eine weitere Analyse in Relation zur Gebäudefläche überprüft.

Ähnlich wie bei der zuvor durchgeführten standardbezogenen Auswertung (vgl. Kapitel 5.4.3) weist die flächenkostenbezogene Analyse der Bauwerks- bzw. Anlagengrößen nunmehr deutliche Unterschiede auf. So veranschaulicht Abbildung 5-15 einen deutlichen Anstieg der mittleren flächenbezogenen Aufwendungen bei zunehmenden Gebäudegrößen. Dies trifft im Besonderen auf alle Cluster bis maximal 30.000 m² BGF zu. Die Spanne der mittleren Instandhaltungsbelastungen variiert von ca. 12 €/m² BGF bis 21 €/m² BGF. Die beiden größten Cluster (30.001 – 40.000 m² BGF und 40.001 bis 50.000 m²

BGF) weisen dagegen eine deutlich geringere Instandhaltungsbelastung (bei niedrigerer Fallanzahl und der damit verbundenen geringeren Verlässlichkeit der Durchschnittswerte) aus.

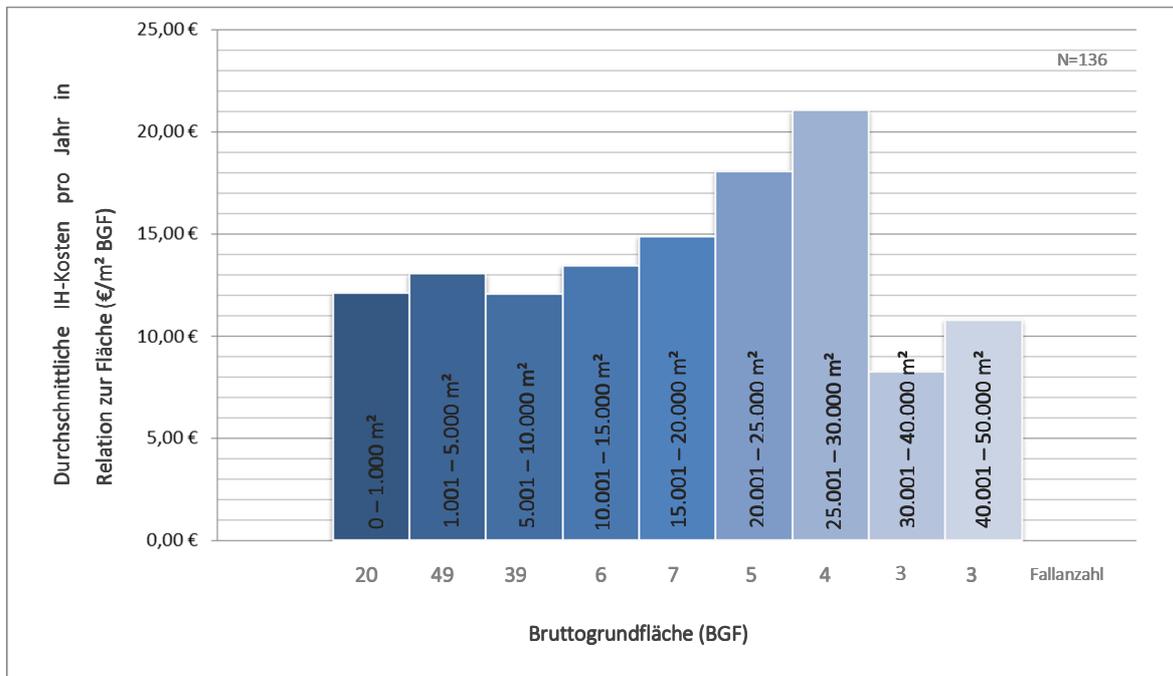


Abbildung 5-15: Gebäudegrößenbezogene Clusterauswertung der IHK in Relation zur Fläche (in €/m<sup>2</sup> BGF)

Unabhängig davon deutet die flächenbezogene Auswertung grundsätzlich auf eine positive Korrelation der Gebäudefläche und der Instandhaltungsaufwendungen hin. Dies bedeutet, dass die entsprechende Korrelation, wie schon bei der standardbezogenen Analyse (vgl. Kapitel 5.4.3), bei Darstellung der Instandhaltungsaufwendungen in Relation zum Wiederbeschaffungswert, einmal mehr durch wertspezifische Effekte überlagert wird.

Die Gebäude- bzw. Anlagengröße wird folglich im Rahmen dieser Arbeit weiterer Analysen zur abschließenden Klärung ihrer Eignung als Einflussgröße unterzogen werden müssen.

## 5.4.6 Gebäudehöhenbezogene Auswertung

In seinem Gutachten *Kosten der Instandhaltung bei Wohnungsbauten* im Auftrag des Gesamtverbandes gemeinnütziger Wohnungsunternehmen e. V. benennt BACKHAUS die Gebäudehöhe als zusätzliche wirksame Einflussgröße auf die Instandhaltungsaufwendungen [Back61]. Der Annahme liegt der Gedankengang zugrunde, dass die mehrgeschossige Ausbildung eines Gebäudes Auswirkungen auf die anlagentechnische Ausstattung hat. So erhöhen sich insbesondere die höhenbezogenen Druckunterschiede, die von den verschiedenen Systemen<sup>127</sup> überwunden werden müssen. Zeitgleich nimmt der Anspruch an die Brandschutzvorkehrungen gem. MBO im Zuge ansteigender Gebäudehöhen<sup>128</sup> zu, was zu weiteren Kostenaufwendungen führen könnte. Zur Überprüfung dieser Vermutung wurden die Untersuchungsgebäude entsprechend der Anzahl ihrer maximalen Vollgeschosse geclustert und auf ihre durchschnittliche Instandhaltungsbelastung untersucht.

Die Auswertung der dokumentierten Datenbankkosten (vgl. Abbildung 5-16) zeigt, entgegen der Annahme, keinen kontinuierlichen Anstieg der zu erwartenden Instandhaltungsbelastung bei Zunahme der Anzahl der Vollgeschosse. Einmal mehr erweist sich das Auswertungsergebnis, basierend auf der Darstellung der durchschnittlichen Instandhaltungskosten anteilig am Wiederbeschaffungswert der KG 400, als nicht kongruent mit den Literaturannahmen. Während die ermittelten Belastungen für Gebäude von 3, 4, 6, 7, 8 und 14 Geschossen unterhalb des Gesamtdurchschnitts von 2,35% liegen, übertreffen die Werte für Gebäude mit 1, 2, 5, 9, 11, 15 oder 17 Geschossen das Mittel zum Teil erheblich. Auf Basis der Verteilung ist folglich kein grundlegender Zusammenhang abzuleiten. Einzig die stark erhöhten Werte der Cluster mit mehr als 8 Geschossen<sup>129</sup> scheinen bemerkenswert und könnten beispielsweise auf eine Mehrbelastung durch die eingangs erwähnten erhöh-

---

<sup>127</sup> z. B. Trinkwasser- und Warmwasserversorgung oder Lüftungssystemen

<sup>128</sup> z. B. bei einer Rohdeckenhöhe des höchstgelegenen Geschosses von im Mittel 7, 13 oder 22 Meter über der Geländeoberkante

<sup>129</sup> Abgesehen von der Gruppe der 14-geschossigen Bauwerke

ten Brandschutzanforderungen<sup>130</sup>, insbesondere bei Hochhausbauten<sup>131</sup>, hinweisen. Die isolierte Betrachtung der dokumentierten Brandschutzaufwendungen widerspricht jedoch dieser These. Der prozentuale Anteil der Kostengruppe 470 an der Gesamtinstandhaltungsbelastung<sup>132</sup> fällt bei weitem zu gering aus, um einen entsprechend deutlichen Kostensprung bewirken zu können. Es ist daher davon auszugehen, dass die dargestellten Auffälligkeiten eher auf die geringe Fallanzahl der entsprechenden Cluster zurückzuführen sind und nicht überbewertet werden sollten.

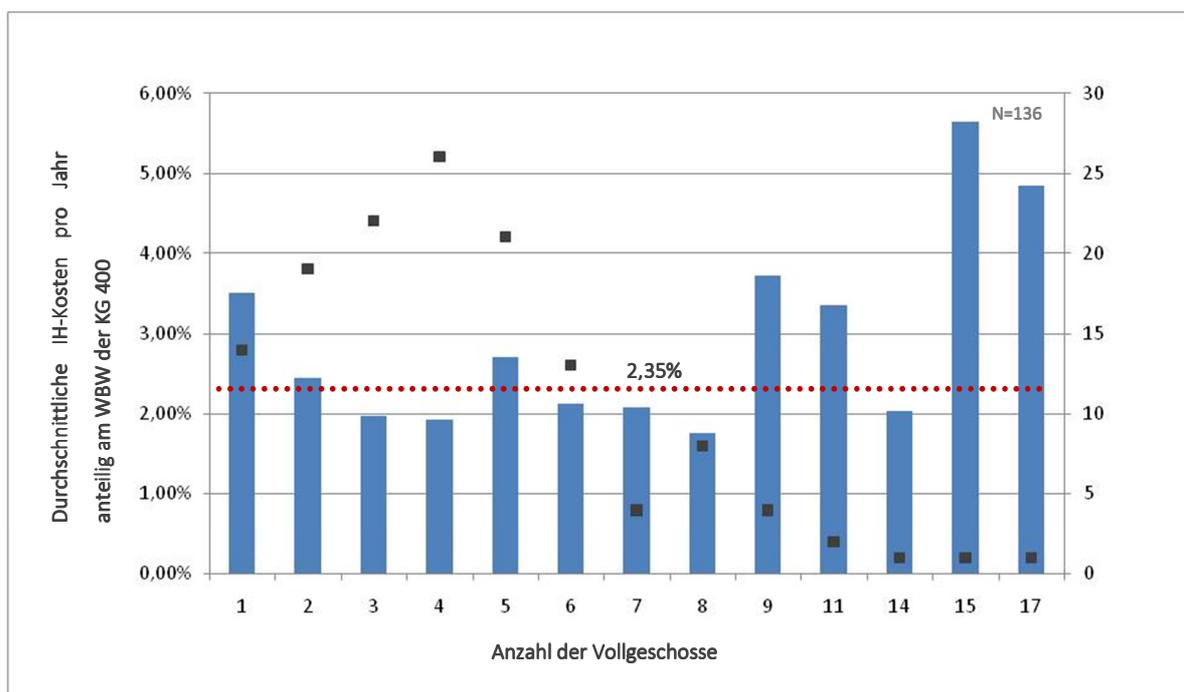


Abbildung 5-16: Gebäudehöhenbezogene Auswertung der IHK in Prozent anteilig am WBW der KG 400

<sup>130</sup> z. B. zusätzlicher Feuerwehraufzug, automatische Sprinkleranlage o. Ä. gemäß Musterhochhausrichtlinie - MHHR [MHHR08]

<sup>131</sup> Definition gemäß Musterbauordnung (MBO): „Hochhäuser sind Gebäude, bei denen der Fußboden mindestens eines Aufenthaltsraumes mehr als 22 Meter über der festgelegten Geländeoberfläche liegt“ [[MBO08] S.6]. Dies entspricht in der Praxis in der Regel einer Geschossanzahl von mehr als 8 Vollgeschossen.

<sup>132</sup> Der Anteil der KG 470 beträgt im Mittel < 7% an der Gesamtinstandhaltungsbelastung

Da das in Abbildung 5-16 dargestellte Auswertungsergebnis ähnlich der standardbezogenen und größenbezogenen Analysen (vgl. Kapitel 5.4.3 und 5.4.5) nicht den Erwartungen entspricht, wird dieses ebenfalls auf Basis einer weiteren Analyse in Relation zur Gebäudefläche überprüft (vgl. Abbildung 5-17). Die sich hieraus ergebende Verteilung der höhenbezogenen Instandhaltungsbelastung unterscheidet sich erneut deutlich von der in Abbildung 5-16. Ungeachtet individueller Abweichungen spiegelt das Auswertungsergebnis nunmehr einen deutlich positiven Zusammenhang (vgl. gestrichelte Trendlinie) zwischen den Instandhaltungsaufwendungen (in €/m<sup>2</sup> BGF) und der Gebäudehöhe wider.

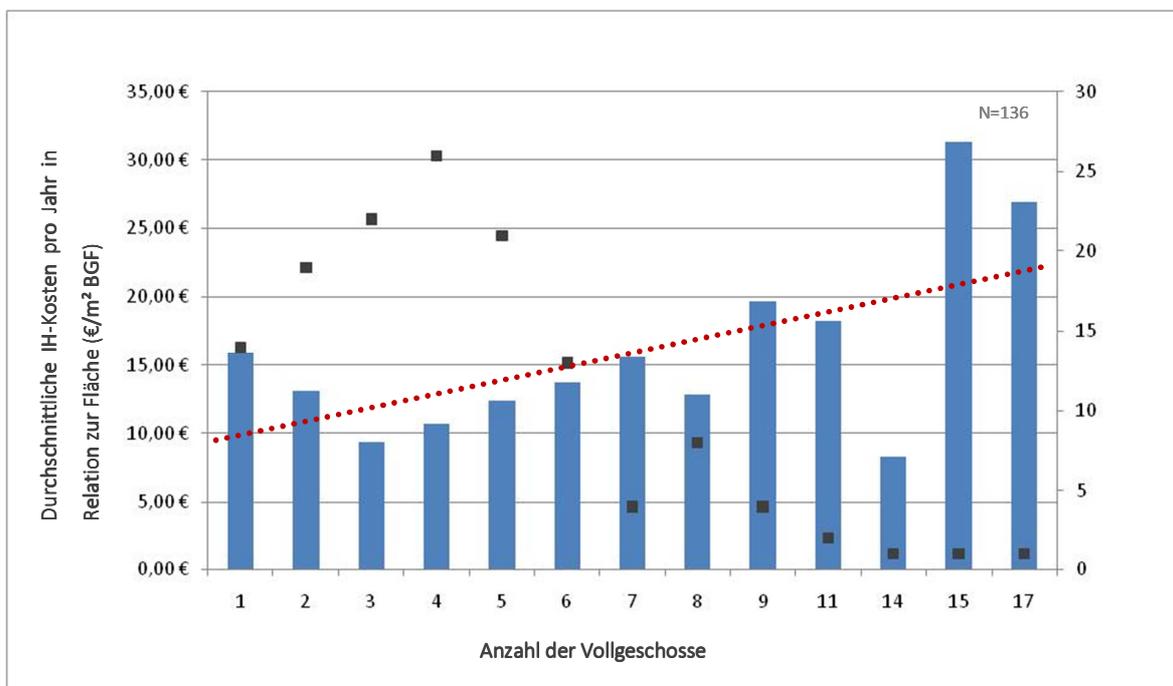


Abbildung 5-17: Gebäudehöhenbezogene Auswertung der IHK in Relation zur Fläche (in €/m<sup>2</sup> BGF)

Der beschriebene Effekt konnte nunmehr zum wiederholten Male beobachtet werden und legt nahe, dass auch die gebäudehöhebezogene Auswertung bei Darstellung der Instandhaltungsaufwendungen in Relation zum Wiederbeschaffungswert durch wertspezifische Effekte überlagert wird (vgl. Kapitel 5.4.3). Das Ergebnis lässt daher einmal mehr vermuten, dass auch die potenzielle Einflussgröße der Gebäudehöhe keinen gänzlich wertunabhängigen

Parameter darstellt, sondern maßgeblich mit dem Wiederbeschaffungswert korreliert und folglich von diesem beeinflusst wird. Demzufolge wird auch die Gebäudehöhe im Rahmen dieser Arbeit Gegenstand weiteren Analysen zur abschließenden Klärung ihrer Eignung als Einflussgröße unterzogen.

#### 5.4.7 Nutzungsbezogene Auswertung

Neben dem Gebäude- bzw. Anlagenalter zählt die Gebäudenutzungsart zu den am häufigsten in der Literatur angeführten Einflussgrößen auf die Instandhaltung (vgl. Tabelle 5-3). Ihre große Bedeutung als potenzielle Einflussvariable begründet sich auf dem unterschiedlichen Nutzerverhalten<sup>133</sup> sowie dem hieraus resultierenden nutzungsabhängigen Verschleiß der Gebäude- und Anlagenteile [[Bahr08] S.164f]. So weist BAHR beispielsweise in ihrer Untersuchung nach, dass Schulbauten aufgrund der ungleich höheren Nutzerintensität höhere Instandhaltungsaufwendungen aufweisen als Bürobauten [[Bahr08] S.133]. In welcher Ausprägung dieser Zusammenhang auch bei der ausschließlichen Betrachtung der gebäudetechnischen Anlagen wirksam wird, bedarf der weiterführenden Verifizierung. Hierzu werden die Bauwerke des Untersuchungsportfolios entsprechend ihrer vorwiegenden Nutzung gegliedert und in insgesamt 14 verschiedene Nutzungsgruppen bzw. -cluster zusammengefasst (vgl. Tabelle 5-5).

Die drei größten Nutzungsgruppen im Portfolio bilden die Instituts- / Lehrgebäude (38 Stück), die Büro- / Verwaltungsbauten (23 Stück) und die Forschungs- / Laborgebäude (22 Stück). Die Büro- und Verwaltungsbauten werden nochmals in 2 Untergruppen, den Verwaltungsbauten\_01 (kleinere Gebäude mit geringem Repräsentationsanspruch, 14 Stück) und den Verwaltungsbauten\_02 (große Gebäude mit erheblichem Repräsentationsanspruch, 9 Stück) untergliedert.

---

<sup>133</sup> Basierend auf dem Identifikationsgrad mit dem Gebäude, z. B. in Form einer erhöhten Pflegebereitschaft oder aber der Bereitschaft zu Vandalismus und mutwilliger Zerstörung des Bauwerks oder seiner Anlagenteile [Kalu04].

Tabelle 5-5: Verteilung der Gebäudenutzungsarten im Gesamtportfolio

Verteilung der Gebäudenutzungsarten im Gesamtportfolio					
Nr.	Gebäudenutzung	Anzahl	Nr.	Gebäudenutzung	Anzahl
1	Instituts- / Lehrgebäude	38 Stück	8	Kindertagesstätten	8 Stück
2	Forschungs- / Laborgebäude	22 Stück	9	Bibliotheken	4 Stück
3	Büro- / Verwaltungsgebäude_01	14 Stück	10	Stadthallen / Theater	3 Stück
4	Schulgebäude	13 Stück	11	Schwimmhallen	2 Stück
5	Sportbauten	10 Stück	12	Mensen / Cafeterien	2 Stück
6	Feuerwehrgebäude	9 Stück	13	Rechenzentren	1 Stück
7	Büro- / Verwaltungsgebäude_02	9 Stück	14	Werkstätten / Lager	1 Stück

In der Summe verfügen insgesamt acht verschiedene Nutzungsarten über 8 oder mehr Referenzgebäude im Gesamtportfolio, während 6 Nutzungsarten lediglich 1 bis 4 Referenzgebäude umfassen (vgl. Tabelle 5-5). Für letztere Gruppe sind die nachfolgenden Ergebnisse aufgrund der statistisch äußerst geringen Fallanzahlen nicht repräsentativ und folglich nur als bedingt aussagekräftig einzustufen. Zur besseren Differenzierung werden die entsprechenden Säulen in den nachfolgenden Auswertungen grau dargestellt<sup>134</sup>. Wie zuvor wird die Auswertung der nutzungsbezogenen Datenbankinhalte, analog der angestrebten wertbasierten Kalkulationsbasis, im ersten Schritt in Relation zum Wiederbeschaffungswert der KG 400 bestimmt.

Das Ergebnis entspricht zum wiederholten Mal nicht den aus der Literatur abgeleiteten Erwartungen (vgl. Abbildung 5-18). Während die Nutzungsarten der Schul- (2,69% anteilig am WBW der KG 400) und Sportbauten (2,71%) sowie der Stadthallen / Theater (4,32%) aufgrund erhöhter Nutzerintensität bei niedriger Nutzeridentifikation erwartungsgemäß in der oberen Hälfte der Bemessungsskala zu finden sind, liegen hier, entgegen aller Annahmen, auch die Feuerwehrgebäude (2,86%) sowie die beiden Gruppen der Büro- und

<sup>134</sup> Dies trifft auf alle Nutzungsarten mit mindestens 2 Referenzgebäuden zu. Aus Gründen der Repräsentativität werden die Nutzungsarten Rechenzentren und Werkstätten / Lager mit jeweils nur einem Referenzgebäude nicht berücksichtigt.

Verwaltungsbauten (3,26% bzw. 3,76%). Dies überrascht, da die Nutzerintensität der Feuerwehr-, Büro- und Verwaltungsgebäude in der Praxis als eher niedrig und die Nutzeridentifikation als überwiegend hoch eingeschätzt werden. Im unteren Belastungsbereich sind hingegen nicht nur die dort anzunehmenden Instituts- / Lehrgebäude (1,88%), Kindertagesstätten (2,05%) und Bibliotheken (2,22%) verortet, sondern auch die als deutlich instandhaltungsintensiver eingeschätzten Schwimmhallen (1,61%) sowie die Forschungs- / Laborgebäude (2,12%) und Mensen / Cafeterien (2,15%).

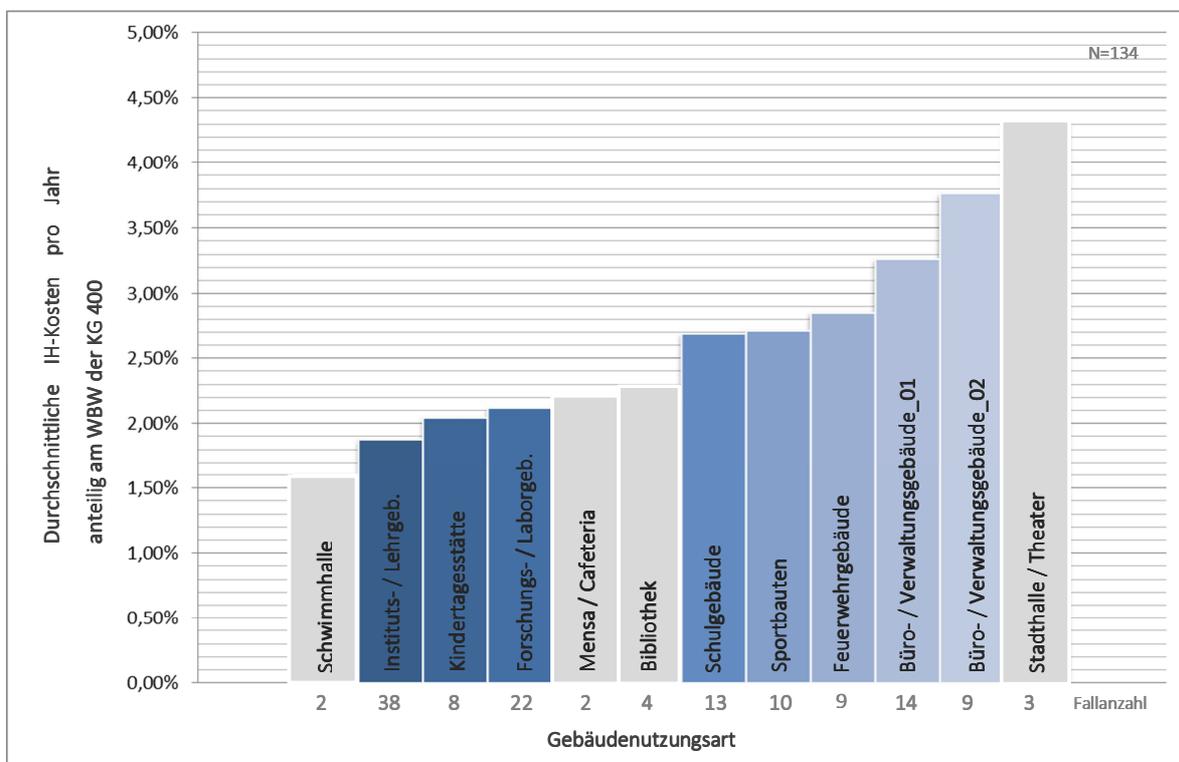


Abbildung 5-18: Nutzungsartbezogene Auswertung der IHK in Prozent anteilig am WBW der KG 400

Gemäß der in Tabelle 5-6 aufgeführten Belastungsverteilung ergibt die Auswertung der erhobenen Realdaten eine Rangfolge mit einigen „Ausreißern“. Das Ergebnis könnte darauf hinweisen, dass das unterschiedliche Nutzerverhalten und die daraus resultierende Nutzeridentifikation und Nutzungsintensität in Bezug auf die technische Gebäudeausrüstung einen deutlich geringeren

Einfluss hat, als beispielsweise bei der Gebäudekonstruktion. Stattdessen könnten vielmehr die nutzungsartbezogene technische Ausstattung und deren nutzungstypischer Betrieb ausschlaggebend sein.

Tabelle 5-6: Nutzungsartbezogene Kostenverteilung (IHK in % am WBW)

Verteilung der Gebäudenutzungsarten im Gesamtportfolio					
Nr.	Gebäudenutzung	IHK	Nr.	Gebäudenutzung	IHK
1	Schwimmbädern (2 Stk.)	1,61%	7	Schulgebäude (13 Stk.)	2,69%
2	Instituts- / Lehrgebäude (38 Stk.)	1,88%	8	Sportbauten (10 Stk.)	2,71%
3	Kindertagesstätten (8 Stk.)	2,05%	9	Feuerwehrgebäude (9 Stk.)	2,86%
4	Forschungs- / Laborgebäude (22 Stk.)	2,12%	10	Büro- / Verwaltungsgebäude_01 (14 Stk.)	3,26%
5	Mensa / Cafeteria (2 Stk.)	2,15%	11	Büro- / Verwaltungsgebäude_02 (9 Stk.)	3,76%
6	Bibliotheken (4 Stk.)	2,22%	12	Stadthalle / Theater (3 Stk.)	4,32%

Um dem beschriebenen Sachverhalt weiter auf den Grund zu gehen, wird im zweiten Schritt erneut die obligatorische Auswertung der durchschnittlichen Instandhaltungsbelastung pro Jahr bezogen auf die Bruttogrundfläche (in €/m<sup>2</sup> BGF) durchgeführt (vgl. Abbildung 5-19).

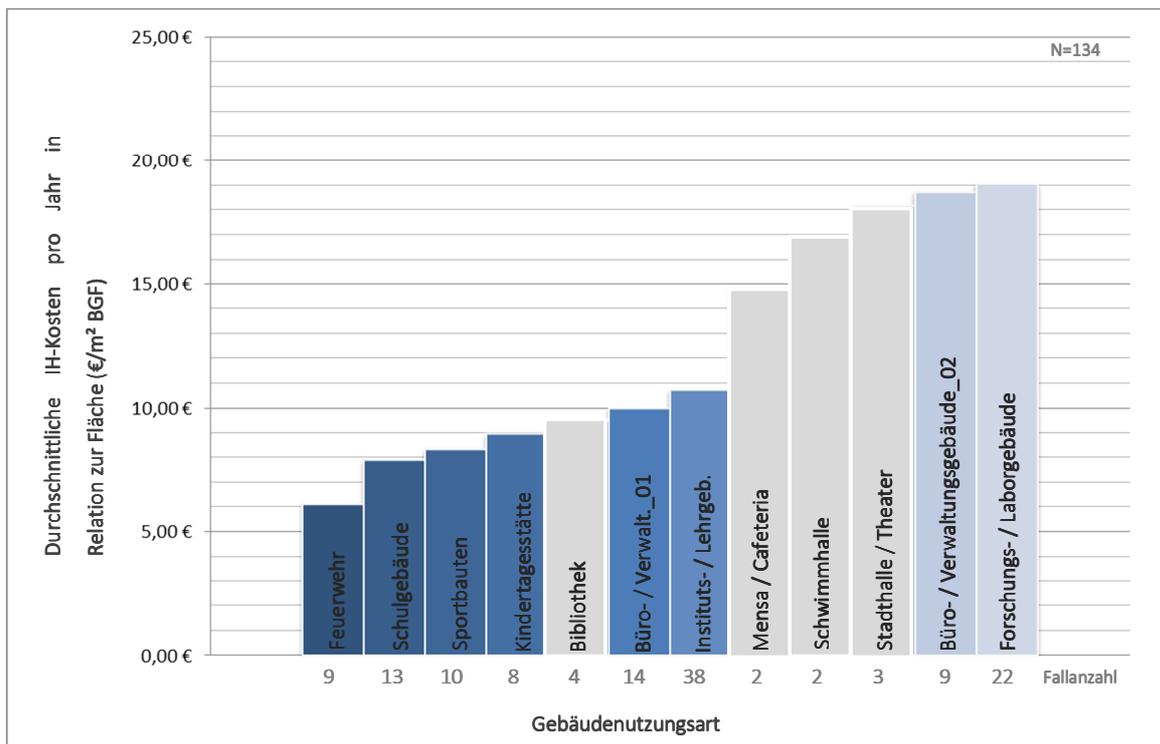


Abbildung 5-19: Nutzungsartbezogene Auswertung der IHK in Relation zur Fläche (in €/m<sup>2</sup> BGF)

Diese führt wiederum zu einem modifizierten Ergebnis. Wenngleich sich in der Staffelung der Instandhaltungskosten ein grundlegend verändertes Bild ergibt, entspricht dieses dennoch nicht in Gänze den aus der Literatur abgeleiteten Erwartungen.

Die gemeinhin als nutzerintensiv eingeschätzten Schul- und Sportbauten (7,39 bzw. 8,35 €/m<sup>2</sup> BGF) rangieren unter den Nutzungsarten mit den niedrigsten flächenbezogenen Instandhaltungsbelastungen. Die Büro- / Verwaltungsbauten\_02 hingegen stellen den zweithöchsten jährlichen Durchschnittswert (18,73 €/m<sup>2</sup> BGF) in Bezug auf die Bruttogrundfläche, obwohl hier von einer ungleich moderateren Nutzerintensität bei deutlich erhöhter Identifikation ausgegangen werden kann (vgl. Tabelle 5-7).

Tabelle 5-7: Nutzungsartbezogene Kostenverteilung (IHK in €/m<sup>2</sup> BGF)

Verteilung der Gebäudenutzungsarten im Gesamtportfolio		
Nr.	Gebäudenutzung	Anzahl
1	Feuerwehrgebäude (9 Stk.)	6,12 €/m <sup>2</sup> BGF
2	Schulgebäude (13 Stk.)	7,39 €/m <sup>2</sup> BGF
3	Sportbauten (10 Stk.)	8,35 €/m <sup>2</sup> BGF
4	Kindertagesstätten (8 Stk.)	8,98 €/m <sup>2</sup> BGF
5	Bibliotheken (4 Stk.)	9,51 €/m <sup>2</sup> BGF
6	Büro- / Verwaltungsgebäude_01 (14 Stk.)	9,99 €/m <sup>2</sup> BGF
7	Instituts- / Lehrgebäude (38 Stk.)	10,73 €/m <sup>2</sup> BGF
8	Mensa / Cafeteria (2 Stk.)	14,85 €/m <sup>2</sup> BGF
9	Schwimmballen (2 Stk.)	16,84 €/m <sup>2</sup> BGF
10	Stadthalle / Theater (3 Stk.)	18,17 €/m <sup>2</sup> BGF
11	Büro- / Verwaltungsgebäude_02 (9 Stk.)	18,73 €/m <sup>2</sup> BGF
12	Forschungs- / Laborgebäude (22 Stk.)	19,07 €/m <sup>2</sup> BGF

In Anbetracht der stark differierenden Auswertungsergebnisse, von denen weder die wertbezogene noch die flächenbezogene Analyse zu einer eindeutig plausiblen, nutzungsbezogenen Belastungsstruktur führen, muss davon ausgegangen werden, dass auch die Gebäudenutzung keine gänzlich unabhängige Einflussgröße darstellt, sondern – wie bereits vermutet – ebenfalls von weiteren Wirkzusammenhängen beeinflusst und zum Teil überlagert wird. Nichtsdestotrotz zeigen die vorab aufgeführten Analysen deutliche Belastungsdifferenzen in Bezug auf die überwiegende Gebäudenutzungsart, wenngleich diese nachweislich nicht, wie in der Literatur angenommen, einzig auf die Nutzersintensität und die Nutzeridentifikation zurückzuführen zu sein scheint. Die in Abbildung 5-18 und Abbildung 5-19 aufgeführten Ergebnisse erfordern demnach eine weiterführende Untersuchung zur abschließenden Klärung des Wirkzusammenhangs sowie der tatsächlichen Eignung der Gebäudenutzungsart als Korrekturgröße im neu zu entwickelnden Budgetierungsverfahren.

## 5.5 Korrelationsanalyse der Erklärungsvariablen

Die in Kapitel 5.4 durchgeführten Korrelations- und Clusteranalysen führen zu unterschiedlichen Resultaten. Während einzelne Einflussgrößen offenbar in einer eindeutigen direkten Wechselbeziehung mit den Instandhaltungsaufwendungen stehen (z. B. der Wiederbeschaffungswert und das Anlagenalter), scheinen andere durch Fremdeinflüsse wie z. B. interkorrelierende Einflussfaktoren überlagert (z. B. der Ausstattungsstandard, die Gebäude- bzw. Anlagengröße und die Gebäudehöhe) oder in ihrer Wirksamkeit nicht relevant (z. B. die mittlere Anlagenbetriebsdauer). Die Aussagekraft der individuellen Untersuchungen ist mit Blick auf das definierte Forschungsziel (vgl. Kapitel 1.2) kritisch zu sehen. So lässt sich auf Basis simpler bivariater<sup>135</sup> Analysen keine belastbare Aussage über die tatsächlichen komplexen Wechselwirkungen der Einflussgrößen untereinander sowie in ihrer Gesamtheit auf die Instandhaltungskosten treffen. Zur Identifikation der maßgeblichen Wirkungsstruktur sowie der unabhängigen Einflussvariablen bedarf es einer differenzierteren Untersuchung aller potenziellen Einflussgrößen. Als geeignete Untersuchungsmethode wird in einem ersten Schritt die so genannte Korrelationsmatrix herangezogen, mit deren Hilfe das Maß der Wechselbeziehungen der Erklärungsvariablen untereinander ermittelt werden soll.

### 5.5.1 Skalenniveau der Einflussgrößen

Die Erstellung einer Korrelationsmatrix setzt ein eindeutig bestimmtes Skalenniveau der zu analysierenden Variablen voraus. Dieses wird vorrangig von den verschiedenen Eigenschaften und Qualitäten der erhobenen Daten bestimmt. Den niedrigsten Informationsgehalt umfasst die Nominal- bzw. Kategorialeskala<sup>136</sup>, gefolgt von der Ordinalskala<sup>137</sup> und der Intervallskala. Das höchste Skalenniveau stellt die Ratioskala dar [[BEPW11] S.10]. Die Korrelationsmatrix

---

<sup>135</sup> Bivariat = zwei Variablen betreffend

<sup>136</sup> In Kategorien differenzierte Informationen, die zur Auswertungszecken numerisch dargestellt werden (z. B. Wohnort: 1 für Karlsruhe, 2 für Stuttgart, 3 für Mannheim).

<sup>137</sup> Ordinalskalierte Daten verdeutlichen eine klare Rangreihe (z. B. Schulnoten 1 bis 6), lassen jedoch keine Aussagen über die absoluten Abstände zwischen den Werten zu.

setzt zur optimalen Funktionserfüllung die Intervallskala als Mindestskalenniveau voraus. Intervallskalierte Merkmale ermöglichen, dank ihrer gleichgroßen Skalenabschnitte, eine quantifizierbare Aussage über die tatsächlichen Abstände der erhobenen Daten. Als Beispiel der Intervallskalierung gilt die celsiusbasierte Temperaturskala [UZH13]. Diese weist den Abstand zwischen -10 und 5 Grad als exakt genauso groß wie die Differenz zwischen 15 und 30 Grad aus. Die Skalenabstände sind demnach vergleichbar. Eine analoge Vergleichbarkeit der absoluten Werte (z. B. 15° Celsius sei halb so warm wie 30° Celsius) ist jedoch, aufgrund des willkürlich festgelegten Nullpunkts der celsiusbasierten Intervallskala, nicht gegeben. So sind entsprechend belastbare Aussagenqualitäten ausschließlich über das höchste Skalenniveau, die Ratioskala<sup>138</sup>, zu erlangen. Diese verfügt, im Gegensatz zur Intervallskala über einen natürlich gegebenen Nullpunkt [[BEPW11] S.11] und ermöglicht dementsprechend die umfangreichste rechnerische Verwendung. Die nachfolgende Tabelle 5-8 fasst die verschiedenen Skalenniveaus und deren maßgeblichen Merkmale zusammen.

Tabelle 5-8: Übersicht der Skalenniveaus [[BEPW11] S.12]

Skalenniveaus			
Einordnung	Skala	Merkmale	Mögliche rechnerische Handhabung
Nicht-metrische Skalen	Nominalskala	Klassifizierung qualitativer Eigenschaftsausprägungen	Bildung von Häufigkeiten
	Ordinalskala	Rangwert mit Ordinalzahlen	Median, Quantile
Metrische Skalen	Intervallskala	Skala mit gleichgroßen Abschnitten ohne natürlichen Nullpunkt	Subtraktion, Mittelwert
	Ratioskala	Skala mit gleichgroßen Abschnitten und natürlichen Nullpunkt	Subtraktion, Division, Multiplikation

Zur Vorbereitung der angestrebten Korrelationsmatrix wird nachfolgend jeder der 7 Einflussgrößen auf Grundlage der in der Datenbank verorteten Informationen (Auflistung vgl. Tabelle 5-4) das jeweilig korrespondierende Skalenniveau zugeordnet (vgl. Tabelle 5-9).

<sup>138</sup> Beispiele für ratioskalierte Merkmale sind Entfernungen, Lebensjahre oder Kosten.

Tabelle 5-9: Skalenniveau der zu untersuchenden Einflussgrößen

Übersicht der untersuchten Einflussgrößen		
Einflussgröße		Skalenniveau
1	Wiederbeschaffungswert	ratioskaliert
2	Gebäude- bzw. Anlagenalter	ratioskaliert
3	Technischer Standard / FM-gerechte Ausführung	ordinalskaliert
4	Nutzungsintensität (geclustert)	ordinalskaliert
5	Gebäude- bzw. Anlagengröße	ratioskaliert
6	Gebäudehöhe	ratioskaliert
7	Art der Gebäudenutzung	nominalskaliert

Mittels dieser Zuordnung lassen sich umgehend all jene Einflussgrößen identifizieren, die aufgrund ihres geeigneten Skalenniveaus unproblematisch Eingang in die Auswertung finden können. Jedoch verfügen nicht alle Einflussgrößen über das geforderte Mindestniveau einer Intervall- bzw. Ratioskallierung (vgl. z. B. Technischer Ausstattungsstandard oder Gebäudenutzungsart). Die Berücksichtigung nominalskalierteter Daten ist im Rahmen der Erstellung einer Korrelationsmatrix nicht zielführend, weshalb der individuelle Einfluss der Gebäudenutzungsart erst im Nachgang mit Hilfe weiterer Untersuchungen zu bestimmen ist. Ordinalskalierte Daten werden hingegen des Öfteren, ungeachtet ihres minderen Skalenniveaus, in entsprechenden Analysen berücksichtigt. Ihre Verwendungslegitimation basiert auf der Voraussetzung, dass die Abstände der ordinalskalierten Daten, analog einer Intervallskalierung, als gleich groß und symmetrisch anzunehmen sind [UZH13]. Da diese Voraussetzung bei der ordinalskalierten Einflussgröße des Technischen Ausstattungsstandards erfüllt ist, wird diese im weiteren Verfahren wie eine intervallskalierte Variable behandelt und findet folgerichtig Eingang in die interfaktorische Korrelationsanalyse.

## 5.5.2 Z-Transformation / Standardisierung

Um die Vergleichbarkeit von Daten zu gewährleisten, bedarf es einer Normierung bzw. Standardisierung aller zu untersuchenden Variablen bzw. potenziellen Einflussgrößen. Hierzu werden die Variablenwerte einer sogenannten Z-Transformation<sup>139</sup> unterzogen. Mit Hilfe der Z-Transformation wird - unter Verwendung der nachfolgend aufgeführten Gleichung - eine beliebige Zufallsvariable  $X$  mit dem Mittelwert  $\mu$  und der Streuung  $\sigma$  in eine Zufallsvariable  $z$  mit  $\mu=0$  und der Streuung  $\sigma=1$  überführt [[BEPW11] S.338], [[BoDo03] S.416].

Gleichung zur Z-Transformation:

$$z = \frac{X - \mu}{\sigma} \tag{5.8}$$

$z$	standardisierte Zufallsvariable mit $\mu=0$ und der Streuung $\sigma=1$
$X$	beliebige Zufallsvariable
$\mu$	Mittelwert
$\sigma$	Streuung

Mit Hilfe der standardisierten Werte der potenziellen Einflussgrößen lässt sich die angestrebte Korrelationsmatrix erstellen [[BEPW11] S.336]. Die zugrunde liegende Korrelationsrechnung verdeutlicht bzw. beziffert den linearen Zusammenhang zwischen den verschiedenen Einflussgrößen. Entsprechend des Auswertungsergebnisses können in der Folge jene Einflussgrößen identifiziert werden, die bedeutsam miteinander korrelieren [[BEPW11] S.336]. Die entsprechende Korrelationsmatrix wird auf Basis des Bravais-Pearson-Korrelationskoeffizienten berechnet [[Rein06] S.121]. Dieser wird mittels Division der Kovarianz durch das Produkt der Standardabweichung der Merkmale bestimmt [[Rein06] S.121]:

---

<sup>139</sup> Häufig wird der Vorgang auch als Standardisierung bezeichnet [UZH13].

$$r_{(x,y)} = \frac{\text{cov}(x,y)}{\sqrt{\text{var}(x) * \text{var}(y)}} \quad (5.9)$$

r	Korrelationskoeffizient als dimensionslose Größe bei $(-1 \leq r \leq 1)$
cov(x,y)	Kovarianz zwischen X und Y
var(x)	Varianz von X
var(y)	Varianz von Y

Differenzierter dargestellt bildet sich der Korrelationskoeffizient nach Bravais-Pearson somit aus dem Produkt der Variablenabweichungen, abgeleitet aus der Differenz der x und y Werte und dem jeweiligen »arithmetischen Mittel« ( $\bar{x}$  und  $\bar{y}$ ), dividiert durch das Produkt der Standardabweichungen<sup>140</sup>.

$$r_{(x,y)} = \frac{(\sum_{i=1}^n ((x_i - \bar{x}) * (y_i - \bar{y})))}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 * \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (5.10)$$

r	Korrelationskoeffizient als dimensionslose Größe bei $(-1 \leq r \leq 1)$
$\bar{x}$	arithmetisches mittel von X
$\bar{y}$	arithmetisches mittel von Y
n	Anzahl der statistischen Einheiten

Der Korrelationskoeffizient kann einen Wert von -1 bis maximal 1 annehmen. Der Minimalwert von -1 deutet auf einen maximal reziproken Zusammenhang der untersuchten Variablen hin. Hierbei nehmen die y-Werte tendenziell ab, während die Werte der Variable x zunehmen (negative Korrelation). Im Gegensatz dazu entspricht der Wert 1 einem maximal gleichgewichteten

---

<sup>140</sup> Die Standardabweichung entspricht der Wurzel der Varianz.

Zusammenhang, bei dem die y-Werte gleichsam den x-Werten tendenziell zunehmen (positive Korrelation). Liegt der Korrelationskoeffizient bei 0, ist keinerlei Zusammenhang zwischen den Variablen X und Y vorhanden. Die Spanne zwischen 0 und -1 sowie zwischen 0 und 1 spiegelt demnach die Stärke der reziproken bzw. gleichgewichteten Korrelation wider [[KREIS13] S.214]. Zur Einschätzung der Wirkungsspanne führen COHEN und MANION folgende Konvention zur Korrelationsstärke auf [CoMa80]:

$r = +/- 0.1$  für eine geringe Korrelation

$r = +/- 0.3$  für eine mittlere Korrelation

$r = +/- 0.5$  für eine hohe Korrelation

Ungeachtet dieser Einschätzung kommt es selbstverständlich auch auf die untersuchte Fragestellung an, inwieweit man einen ermittelten Kennwert als niedrig, mäßig oder hoch klassifizieren kann. Beispielsweise sollte bei der Berechnung des Ergebniszusammenhangs aus einem identischen Multiple-Choice-Test durch zwei unterschiedliche Auswerter die Korrelation bzw. die Auswertungsobjektivität ganz erheblich über  $r = 0,5$  liegen, um von einer akzeptablen Übereinstimmung sprechen zu können [Rey14]. In diesem konkreten Fall wäre sogar eine Korrelation von  $r = 0,9$  als unbefriedigend einzuschätzen [Rey14].

Angesichts der spezifischen Charakteristik der angestrebten Kosten-Einflussuntersuchung wird die Konvention von COHEN und MANION daher leicht angepasst. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit stehen somit Korrelationskoeffizienten von bis zu  $\pm 0,2$  für eine geringe, von bis zu  $\pm 0,5$  für eine schwache bis mäßige, ab  $\pm 0,5$  für eine deutliche und bei Werten von mehr als  $\pm 0,7$  für eine hohe Korrelation.

### 5.5.3 Multikollinearität

Mit Hilfe der Korrelationsmatrix soll überprüft werden, inwieweit die sieben potenziellen Einflussfaktoren auf die Instandhaltung als unabhängige Erklärungsvariablen für das neu zu entwickelnde Budgetierungsverfahren geeignet sind (vgl. Kapitel 1.2). Unabhängige Einflussfaktoren weisen geringe interfaktoriellen Korrelationen<sup>141</sup> auf. Sollten die Erklärungsvariablen dagegen maßgeblich miteinander korrelieren, deutet dies auf eine Überschneidung der Wirkzusammenhänge der beiden untersuchten Einflussgrößen hin. In der Statistik<sup>142</sup> wird dieser Effekt als Multikollinearität bezeichnet. Eine perfekte Multikollinearität liegt vor, wenn sich eine der vermeintlich unabhängigen Erklärungsvariablen als lineare Funktion einer anderen Erklärungsvariable darstellen lässt [[BEPW11] S.93]. Wenngleich dies in der Praxis nur sehr selten vorkommt, liegt bei empirischen Daten nahezu immer ein gewisses Maß an Multikollinearität vor, das in der Regel jedoch zu vernachlässigen ist. Eine umfangreiche Überschneidung der Wirkzusammenhänge zweier Erklärungsvariablen stellt hingegen ein Problem dar, da es die Präzision der Kalkulationsgüte nachhaltig verringert. Mit Hilfe eines Venn-Diagramms<sup>143</sup>, lässt sich dies grafisch veranschaulichen [[BEPW11] S.94].

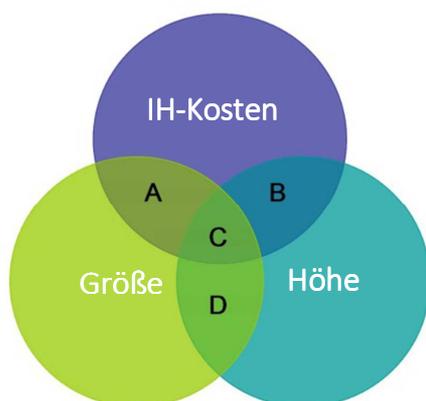


Abbildung 5-20: Venn-Diagramm zur Multikollinearität

<sup>141</sup> Eine geringe Interkorrelation impliziert die Unabhängigkeit zweier Variablen zueinander.

<sup>142</sup> Vorrangig im Zusammenhang mit der linearen Regressionsanalyse (vgl. auch [ChPr95]).

<sup>143</sup> Mengendiagramm benannt nach John Venn

Im Venn-Diagramm werden die Streuungen der Variablen mittels farbiger Kreise dargestellt (z. B. die Instandhaltungskosten als abhängige Variable sowie die Gebäudegröße und die Gebäudehöhe als unabhängige Variable). Im Falle einer bestehenden Multikollinearität überschneiden sich die Streuungskreise der potenziellen Einflussgrößen maßgeblich (im aufgeführten Beispiel in Form der Flächen C und D, vgl. Abbildung 5-20). Eine entsprechend große Überlappung der Streuungsflächen kann gleichwohl zu einem verteilungsbedingten Problem im Rahmen der statistischen Flächenzuordnung und deren nachfolgender Einflussbewertung im Verfahren führen. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass sich die wertbasierte, analytische Budgetierungsmethode, entsprechend ihrer Funktionsweise (vgl. Kapitel 5.1) aller drei Flächen (A, B und C)<sup>144</sup> als kalkulatorische Gewichtungsmenge zur Bemessung der Gewichtungsfaktoren bedient. Im Rahmen des Gewichtungsprozesses werden somit die Flächen A und B eindeutig einer der Erklärungsvariablen zugeordnet und durch diese quantifiziert. Fläche C hingegen wird gleichermaßen von zwei Variablen beeinflusst. Dies führt im Ergebnis zu einer inkorrekten verfahrensimmanenten doppelten Berücksichtigung des entsprechend positiven oder negativen Wirkzusammenhangs<sup>145</sup> (z. B. durch die Gewichtungsfaktoren der Gebäudehöhe als auch der Gebäudegröße). Die fälschliche Mehrfachberücksichtigung wirkidentischer Effekte macht sich in Form einer deutlich erhöhten Streuung der einzelnen gebäudebezogenen Budgetwerte bemerkbar, die in einer verfälschten Budgetbestimmung resultieren kann. Hieraus folgt, dass die Präzision der Zuordnung der Wirkzusammenhänge und somit die Güte des Kalkulationsergebnisses parallel zur Größenzunahmen der Schnittmenge C abnimmt. Es ist daher von größter Bedeutung, die Überschneidungen der Wirkzusammenhänge aller potenziellen Einflussgrößen bei der Verfahrensentwicklung so gering wie möglich zu gestalten.

---

<sup>144</sup> Da alle drei Flächen eine Schnittmenge mit der unabhängigen Einflussgröße der Instandhaltungskosten bilden.

<sup>145</sup> Vorausgesetzt beide Variablen finden Eingang in das Verfahren, wird der Wirkzusammenhang je nach Größe des Flächenüberschnitts in zwei separaten Gewichtungsfaktoren berücksichtigt.

### 5.5.4 Korrelationsmatrix

Aus diesem Grund werden die sieben potenziellen Einflussgrößen nachfolgend auf Basis einer Korrelationsmatrix auf mögliche Wirküberschneidungen in Form statistisch bedeutsamer Interkorrelationen überprüft. Wie bereits vorab erläutert, beschreibt ein Korrelationskoeffizient oberhalb von 0,5 eine deutliche bis hohe Wechselbeziehung zweier Einflussgrößen zueinander. Das heißt, dass sich die Streuungen und folglich die Wirkzusammenhänge derartig korrelierender Variablen maßgeblich überschneiden. Alle entsprechend erhöhten Korrelationskoeffizienten wurden daher in der oben aufgeführten Matrix (vgl. Tabelle 5-10) identifiziert und blau markiert.

Tabelle 5-10: Korrelationsmatrix der potenziellen Einflussgrößen

Korrelationsmatrix der z-transformierten Einflussvariablen		WBW	Anzahl Vollge- schosse	Anlagenalter	Betriebs- stunden	Gebäude- größe	Ausstattungs- standard
Korrelation	WBW	1,000	<b>0,568</b>	0,104	0,074	<b>0,830</b>	0,331
	Anzahl Vollgeschosse	<b>0,568</b>	1,000	0,157	0,118	<b>0,637</b>	0,043
	Anlagenalter	0,104	0,157	1,000	0,205	0,066	0,128
	Betriebsstunden	0,074	0,118	0,205	1,000	0,107	0,074
	Gebäudegröße	<b>0,830</b>	<b>0,637</b>	0,066	0,107	1,000	0,057
	Ausstattungsstandard	0,331	0,043	0,128	0,074	0,057	1,000

Der Auswertung zufolge weisen die Einflussgrößen des *Wiederbeschaffungswerts*, der *Gebäudegröße* und der *Gebäudehöhe* (bzw. der Anzahl der Vollgeschosse) bedeutsame Korrelationen auf. Die Wechselbeziehung des *Wiederbeschaffungswerts* und der *Gebäudegröße* mit einem Koeffizienten von 0,83 stellt hierbei den Höchstwert und muss als sehr hoch eingeschätzt werden. Die Korrelation des *Wiederbeschaffungswerts* und der *Gebäudehöhe* fällt mit ca. 0,57 zwar deutlich geringer aus, weist jedoch ebenfalls auf eine über-

durchschnittliche Wirkungsweise der beiden Einflussfaktoren. Die These der Streuungsüberschnitte wird zudem gestützt von der deutlich erhöhten Wechselbeziehung der Einflussvariablen *Gebäudehöhe* und *Gebäudegröße*, die mit ca. 0,64 beziffert wird. Die drei Einflussgrößen des *Wiederbeschaffungswerts*, der *Gebäudegröße* und der *Gebäudehöhe* weisen demnach allesamt hohe Interkorrelationen auf. Die hieraus abgeleitete Hypothese der gegenseitigen Beeinflussung der Variablen untereinander wird durch die in Kapitel 5.4.5 und 5.4.6 aufgeführten Analyseergebnisse erhärtet. So konnten im Rahmen der bivariaten Analysen der Einflussvariablen *Gebäudegröße* und *Gebäudehöhe* wertspezifische Verschiebungseffekte festgestellt werden, die zu konträren Ergebnissen geführt haben. Hierbei wurden insbesondere die wertbezogenen Auswertungen (Darstellung der Instandhaltungskosten anteilig am WBW der KG 400) durch die hohe Korrelation der beiden Einflussvariablen mit dem Wiederbeschaffungswert verfälscht. Derselbe Effekt konnte auch bei der Analyse des *Ausstattungsstandards* (vgl. Kapitel 5.4.3) festgestellt werden. Wenngleich die entsprechende Korrelation des *Wiederbeschaffungswerts* und des *Ausstattungsstandards* mit ca. 0,37<sup>146</sup> deutlich niedriger liegt, führt diese ebenfalls zu einer Veränderung des Auswertungsergebnisses. Es muss demnach davon ausgegangen werden, dass eine zeitgleiche Integration aller drei Einflussgrößen im neu zu entwickelnden Budgetierungsverfahren zu einer maßgeblichen Verfälschung der Kalkulationsergebnisse führen würde. Hieraus leitet sich die Notwendigkeit ab, die Anzahl der hoch korrelierenden Einflussgrößen im weiteren Verlauf dieser Arbeit zu reduzieren. Die Variablen des *Gebäude- und Anlagenalters* sowie der *Betriebszeit* der technischen Anlagen weisen hingegen keine nennenswerten Interkorrelationen mit den anderen Einflussgrößen auf und können demzufolge als weitestgehend unabhängige Variablen angenommen werden. Ihrer Verfahrensintegration steht folglich, ungeachtet der noch zu prüfenden inhaltlichen und kalkulatorischen Verwendungssinnhaftigkeit, nichts entgegen.

---

<sup>146</sup> 0,37 entspricht einer mäßigen Korrelation

## 5.6 Fehlkalkulation aufgrund korrelierender Einflussgrößen

Die in den vorangegangenen Kapiteln beschriebene Gefahr der Kalkulationsverfälschung, hervorgerufen durch die Integration miteinander korrelierender Einflussgrößen, soll an dieser Stelle nachgewiesen werden. Als Basis der Untersuchung dient das neu generierte Immobilienportfolio, dessen durchschnittliche jährliche Instandhaltungsbelastung für das Basisjahr 2011, bezogen auf den Wiederbeschaffungswert der Kostengruppe 400, mit 2,35% bemessen wurde (vgl. Kapitel 5.3). Die Summe der Produkte aller jeweiligen gebäudespezifischen Wiederbeschaffungswerte der technischen Gebäudeausstattung mit dem Durchschnittswert von 2,35% ergeben demnach exakt die erhobenen Instandhaltungsrealkosten des Untersuchungsportfolios. Die Ableitung des Durchschnittswerts auf Grundlage der erhobenen Realdaten resultiert konsequenterweise in einer kalkulatorischen Budgetabweichung von 0,00%.

### 5.6.1 Bestimmung der Gewichtungsfaktoren $G_G$ , $G_H$ & $G_S$

Zur Überprüfung des potenziellen Doppelungseffekts bedarf es nunmehr der Bestimmung der jeweiligen Gewichtungsfaktoren für die zu analysierenden Einflussparameter der *Gebäudegröße*, der *Gebäudehöhe* und des *Ausstattungsstandards*. Wie in Kapitel 5.1 beschrieben, werden die Gewichtungsfaktoren aus dem Verhältnis des Durchschnittswerts (in % anteilig am WBW) eines zuvor bestimmten Clusters zum Durchschnitt des Gesamtportfolios (in % anteilig am WBW) abgeleitet. Den ersten Schritt bildet demzufolge die Festlegung geeigneter Cluster für die Bestimmung der Gewichtungsfaktoren. Im zweiten Schritt sind die entsprechenden durchschnittlichen Instandhaltungsbelastungen (in % am WBW der KG 400) der neu definierten Cluster zu ermitteln und abschließend ins Verhältnis zu dem Portfoliodurchschnittswert von 2,35% zu setzen. Die hieraus resultierenden Gewichtungsfaktoren der Einflussvariablen *Gebäudegröße*, *Gebäudehöhe* und *Ausstattungsstandard* sind den nachfolgenden Tabelle 5-11, Tabelle 5-12 und Tabelle 5-13 zu entnehmen.

Tabelle 5-11: Herleitung der größenbezogenen Gewichtungsfaktoren

Herleitung der größenbezogenen Gewichtungsfaktoren			
Cluster	Fallanzahl	IH-Belastung	Gewichtungsfaktor ( $G_G$ )
0 bis 1.000m <sup>2</sup> BGF	20	2,49%	1,06
1.001 bis 5.000m <sup>2</sup> BGF	49	2,45%	1,04
5.001 bis 10.000m <sup>2</sup> BGF	39	2,02%	0,86
10.001 bis 15.000m <sup>2</sup> BGF	6	2,52%	1,07
15.001 bis 20.000m <sup>2</sup> BGF	7	2,03%	0,96
20.001 bis 25.000m <sup>2</sup> BGF	5	2,60%	1,11
25.001 bis 30.000m <sup>2</sup> BGF	4	3,28%	1,39
30.001 bis 40.000m <sup>2</sup> BGF	3	2,15%	0,91
40.001 bis 50.000m <sup>2</sup> BGF	3	2,20%	0,93
<b>Summe / Gesamtschnitt</b>	<b>136</b>	<b>2,35%</b>	

Tabelle 5-12: Herleitung der höhenbezogenen Gewichtungsfaktoren

Herleitung der höhenbezogenen Gewichtungsfaktoren			
Cluster	Fallanzahl	IH-Belastung	Gewichtungsfaktor ( $G_H$ )
1 Vollgeschoss	14	3,52%	1,49
2 Vollgeschosse	19	2,44%	1,04
3 Vollgeschosse	22	1,97%	0,84
4 Vollgeschosse	26	1,92%	0,82
5 Vollgeschosse	21	2,70%	1,15
6 Vollgeschosse	13	2,12%	0,90
7 Vollgeschosse	4	2,08%	0,88
8 Vollgeschosse	8	1,75%	0,74
≥ 9 Vollgeschosse	9	3,76%	1,60
<b>Summe / Gesamtschnitt</b>	<b>136</b>	<b>2,35%</b>	

Tabelle 5-13: Herleitung der standardbezogenen Gewichtungsfaktoren

Herleitung der standardbezogenen Gewichtungsfaktoren			
Cluster	Fallanzahl	IH-Belastung	Gewichtungsfaktor ( $G_S$ )
Niedriger Standard	39	3,26%	1,39
Mittlerer Standard	48	3,04%	1,29
Hoher Standard	49	1,81%	0,77
<b>Summe / Gesamtschnitt</b>	<b>136</b>	<b>2,35%</b>	

## 5.6.2 Auswirkung der Faktorenkombination

Die Ableitung der Gewichtungen auf Basis des Verhältniswerts einer ermittelten Teilbelastung zur Gesamtbelastung führt sowohl zu budgeterhöhenden (Wert  $> 1,0$ ) als auch zu budgetreduzierenden Faktoren (Wert  $< 1,0$ ). Die kalkulatorische Wirkung der abgeleiteten Faktoren gleicht sich in Bezug auf das Gesamtstandhaltungsbudget des Untersuchungsportfolios in Summe stets aus. Die Berechnung des Soll-Budgets auf Grundlage des ermittelten Gesamtdurchschnittswerts von 2,35% sollte somit exakt zum selben Gesamtergebnis führen, wie die Budgetbestimmung erweitert durch einen der neu ermittelten Gewichtungsfaktoren<sup>147</sup>. Ungeachtet des identischen Budgetergebnisses ermöglicht die Kalkulation mittels geeigneter und unabhängiger Gewichtungsfaktoren jedoch eine maßgeblich präzisere Prognose der individuellen gebäudebezogenen Einzelbudgets und resultiert daher in einer Reduktion der mittleren Streuung der Einzelwerte. Dieser bedeutende Vorteil wird allerdings erst bei der Anwendung des Verfahrens auf Portfolios wirksam, die sich in ihrer Zusammensetzung deutlich von der des Untersuchungsportfolios unterscheiden.

Zur Kontrolle der neu ermittelten Gewichtungsfaktoren wurden in Tabelle 5-14 die prozentualen Budgetabweichungen unter Berücksichtigung des jeweiligen Einzelgewichtungsfaktors für die *Gebäudegröße*, die *Gebäudehöhe* sowie den *Ausstattungsstandard* bestimmt. Bei korrekter Definition der Faktoren sollten die rechnerischen Abweichungen vom Realbudget, wie bereits zuvor beschrieben, jeweils 0,00% betragen. In Bezug auf die Variable des *Ausstattungsstandards* trifft dies exakt zu. Die Budgetsummen unter Berücksichtigung der größenbezogenen und höhenbezogenen Gewichtungsfaktoren weisen hingegen geringe Abweichungen von -0,05% und +0,03% auf. Diese Ungenauigkeiten beruhen auf Rundungsfehlern, hervorgerufen durch die freiwillige Beschränkung der berücksichtigten Faktorendezimalstellen.

---

<sup>147</sup> Dies gilt selbstverständlich ausschließlich im Zusammenhang mit dem Portfolio, auf dessen Grundlage die Gewichtungsfaktoren als auch der Gesamtdurchschnittswert ermittelt wurden.

Angesichts der sehr geringen Abweichungen weisen die Ergebnisse dennoch auf eine korrekte Herleitung der jeweiligen Gewichtungsfaktoren hin.

Tabelle 5-14: Nachweis überschneidender Wirkzusammenhänge

Nachweis überschneidender Wirkzusammenhänge auf Basis des Untersuchungsportfolios		
Nr.	Berücksichtigte Gewichtungsfaktoren	Budgetabweichung Soll/Ist
1	Keine $WBW \cdot 2,35\%$	0,00%
2	Gebäudegröße $WBW \cdot 2,35\% \cdot G_G$	-0,05%
3	Gebäudehöhe (Anzahl der Vollgeschosse) $WBW \cdot 2,35\% \cdot G_H$	0,03%
4	Ausstattungsstandard $WBW \cdot 2,35\% \cdot G_S$	0,00%
5	Alle $WBW \cdot 2,35\% \cdot G_G \cdot G_H \cdot G_S$	4,83%

Um den zu Beginn des Kapitels beschriebenen Effekt einer fälschlichen Doppelberücksichtigung wirkidentischer Einflüsse nachzuweisen, wird nun das Budget für das Untersuchungsportfolio unter Einbezug aller drei miteinander korrelierender Einflussvariablen ermittelt.

Das Ergebnis der Berechnung ist in Tabelle 5-14 blau markiert und resultiert in einer Überbudgetierung in Form einer Gesamtabweichung von ca. 4,83% vom tatsächlichen Gesamtbudget des Untersuchungsportfolios. Die bestehenden Wechselbeziehungen der drei potenziellen Einflussgrößen untereinander in Form erhöhter Korrelationen führen demzufolge nachweislich zu einer Verschlechterung des Kalkulationsergebnisses. Die in Kapitel 5.5.3 aufgestellte Hypothese der Überschneidung der Wirkzusammenhänge verschiedener Erklärungsvariablen und deren nachteilige Wirkung auf die Kalkulationspräzision konnte demnach bestätigt werden. Eine gleichzeitige Verwendung miteinander korrelierender Einflussgrößen sollte demzufolge unbedingt vermieden werden. Stattdessen gilt es, unter den potenziellen Erklärungsvariablen insbesondere jene zu identifizieren, die als instandhaltungsrelevant und weitestgehend unabhängig eingeschätzt werden können. Dies führt conse-

quenterweise zu einer deutlichen Reduktion der Anzahl der geeigneten Einflussgrößen. Bevor diese Reduktion vollzogen werden kann, bedarf es der separaten Unabhängigkeitsuntersuchung der Gebäudenutzungsart als letzte verbliebene Einflussgröße, da diese aufgrund ihrer Nominalskalierung nicht mittels der Korrelationsmatrix überprüft werden konnte.

### 5.6.3 Bestimmung der Gewichtungsfaktoren $G_N$

Zur Einschätzung der Wechselbeziehungen der Gebäudenutzungsart ist es zunächst erforderlich, die nutzungsclusterbezogenen Gewichtungsfaktoren übereinstimmend mit dem bereits zuvor beschriebenen Verfahren zu bestimmen. Wie bereits bei der bivariaten Untersuchung der Gebäudenutzungsart festgestellt, lässt sich, ungeachtet der großen Streuung der Clusterwerte, kein eindeutiges und logisch nachvollziehbares Belastungs- bzw. Verteilungsmuster der Gewichtungsfaktoren feststellen (vgl. Tabelle 5-15).

Tabelle 5-15: Nutzungsartbezogene Gewichtungsfaktoren

Herleitung der nutzungsartbezogenen Gewichtungsfaktoren			
Überwiegende Nutzungsart	Fallanzahl	IH-Belastung	Gewichtungs- faktor ( $G_N$ )
Instituts- / Lehrgebäude	38	1,88%	0,80
Büro- / Verwaltungsgebäude_01	14	3,26%	1,39
Büro- / Verwaltungsgebäude_02	9	3,76%	1,60
Forschungs- / Laborgebäude	22	2,12%	0,90
Schulgebäude	13	2,69%	1,14
Sportbauten	10	2,71%	1,15
Feuerwehr	9	2,86%	1,21
Kindertagesstätte	8	2,05%	0,87
Bibliothek	4	2,22%	0,95
Stadthalle / Theater	3	4,32%	1,84
Mensa / Cafeteria	2	2,15%	0,91
Schwimmhalle	2	1,61%	0,68
Rechenzentrum	1	3,89%	1,65
Werkstatt	1	2,99%	1,27
Summe / Gesamtschnitt	136	2,35%	

Die Vermutung liegt daher nahe, dass die Gebäudenutzungsart als übergeordnete Einflussgröße aufgrund maßgeblicher Interkorrelationen von einer Vielzahl weiterer Variablen beeinflusst wird. Sollte diese Annahme zutreffen, würde die Kombination der Einflussgröße der Gebäudenutzungsart mit den bereits vorab untersuchten Einflussgrößen zu einer weiteren Verfälschung des Kalkulationsergebnisses führen.

#### 5.6.4 Auswirkung der Faktorenkombination

Analog der vorab praktizierten Vorgehensweise wurde die Budgetbestimmung für das Untersuchungsportfolio somit erneut, diesmal jedoch unter Berücksichtigung der Einflussfaktoren der *Gebäudegröße*, der *Gebäudehöhe*, des *Ausstattungsstandards* und der *Gebäudenutzungsart*, durchgeführt (vgl. Tabelle 5-16).

Tabelle 5-16: Nachweis überschneidender Wirkzusammenhänge

Nachweis überschneidender Wirkzusammenhänge auf Basis des Untersuchungsportfolios		
Nr.	Berücksichtigte Gewichtungsfaktoren	Budgetabweichung Soll/Ist
1	Keine $WBW \cdot 2,35\%$	0,00%
2	Gebäudenutzungsart $WBW \cdot 2,35\% \cdot G_N$	0,00%
3	Größe, Höhe & Standard $WBW \cdot 2,35\% \cdot G_G \cdot G_H \cdot G_S$	4,83%
4	Größe, Höhe, Standard & Nutzungsart $WBW \cdot 2,35\% \cdot G_G \cdot G_H \cdot G_S \cdot G_N$	13,96%

Das Ergebnis der Berechnung resultiert in einer kalkulatorischen Überbudgetierung von nahezu 14% im Vergleich zum Realbudget des Untersuchungsportfolios. Die Verfälschung der Kalkulationssumme fällt demnach deutlich höher aus als zuvor und bestätigt die Hypothese der maßgeblichen Korrelation der Gebäudenutzungsart mit den weiteren aufgeführten Einflussvariablen. Die hohe Abweichung des Sollbudgets im Vergleich zum Realbudget, verdeutlicht einmal mehr die große Gefahr bei der Verwendung korrelierender und somit maßgeblich wirkidentischer Einflussfaktoren. Eine systemimmanente Verfälschung der Ergebnisse in Form einer Abweichung von über 10% ist

angesichts der ohnehin komplexen Prognose belastbarer Instandhaltungsbudgets nicht zu tolerieren. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass die Verwendung hoch korrelierender Erklärungsvariablen vermieden werden muss. Hieraus resultiert die Notwendigkeit der Variablenreduktion mit dem Ziel, ausschließlich unabhängige, relevante Einflussgrößen im zukünftigen Verfahren zu berücksichtigen.

## 5.7 Reduktion der potenziellen Einflussgrößen

Entsprechend der Korrelationsanalysen sowie der Untersuchungen wirkidentitischer Effekte kann bisher lediglich das Gebäude- bzw. Anlagenalter als eine relevante und zudem gänzlich unabhängige Erklärungsvariable eingeschätzt werden (vgl. Kapitel 5.4.2 und 5.5.4). Alle weiteren untersuchten Einflussgrößen weisen hingegen bedeutsame Korrelationen mit anderen Variablen auf oder sind, aufgrund mangelhafter Datengrundlage, als nicht belastbar einzustufen (vgl. Tabelle 5-17).

Tabelle 5-17: Übersicht der Eignung der untersuchten Einflussgrößen

Übersicht der Eignung der untersuchten Einflussgrößen			
Einflussgröße		Eignung	Bemerkung
1	Wiederbeschaffungswert	geeignet	
2	Gebäude- bzw. Anlagenalter	geeignet	
3	Technischer Standard	eingeschränkt	Teilkorrelation
4	Nutzungsintensität / Betriebszeit (geclustert)	prinzipiell geeignet	Aber: Erhobene Daten sind nicht belastbar
5	Gebäude- bzw. Anlagengröße	eingeschränkt	Teilkorrelation
6	Gebäudehöhe	eingeschränkt	Teilkorrelation
7	Art der Gebäudenutzung	eingeschränkt	Teilkorrelation

Zur Identifikation und Bestimmung jener Variablen, die vermeintlich zum besten Kalkulationsergebnis führen, sind somit weitere Untersuchungen notwendig. Hierbei gilt es, die Relevanz und Belastbarkeit der einzelnen Einflussgrößen an sich und in Kombination untereinander zu erörtern.

### 5.7.1 Eignung der potenziellen Erklärungsvariablen

Angesichts seiner hohen Korrelation zu den resultierenden Instandhaltungskosten (0,819 nach Pearson, vgl. Kapitel 5.2) hat sich der Wiederbeschaffungswert im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen als belastbare und geeignete Einflussgröße bestätigt. Er wird demnach auch weiterhin als Berechnungsgrundlage im neu zu entwickelnden Budgetierungsverfahren eingesetzt. Seine Verwendung hat jedoch eine weitreichende Bedeutung für die Auswahl und Bewertung der sonstigen Einflussgrößen. So konnten mit Hilfe der Korrelationsmatrix partiell wirkidentische Einflüsse des *Wiederbeschaffungswerts*, der *Gebäudegröße*, der *Gebäudehöhe* und des *Ausstattungsstandards* auf die Instandhaltungsaufwendungen nachgewiesen werden (vgl. Kapitel 5.5.4). Dieser wirkidentische Effekt kann zu einer nachhaltigen Verfälschung des Kalkulationsergebnisses führen, da die Einflussgrößen, bedingt durch ihre maßgebliche interfaktorielle Korrelation, keine unabhängigen Erklärungsvariablen darstellen (vgl. Tabelle 5-14). Hieraus resultiert die Notwendigkeit der strikten Reduktion der wirkidentischen Variablen. Unter der Prämisse, etwaige Verfälschungen des Kalkulationsergebnisses von vorne herein vermeiden zu wollen, können die Einflussvariablen der *Gebäudegröße*, der *Gebäudehöhe* und des *Ausstattungsstandards* aufgrund ihrer Korrelation mit dem WBW folglich keinen Eingang in das Verfahren finden. Eine entsprechend strikte Variablenreduktion beinhaltet jedoch zugleich den Verzicht auf den nicht wirkidentischen Teileinfluss der jeweiligen Erklärungsvariablen. Bei nur schwach korrelierenden Einflussgrößen könnte unter Umständen der Verlust der Erklärungswirkung aufgrund einer Nichtberücksichtigung der Variable zu einer größeren Ungenauigkeit führen als die Budgetierung unter Inkaufnahme der Doppelberücksichtigung wirkidentischer Einflüsse. Dies setzt jedoch voraus, dass der nicht wirkidentische Teileinfluss der Variable größer sein muss, als der wirkidentische. Eine Berücksichtigung des nur mäßig korrelierenden Einflussfaktors des *Ausstattungsstandards* (0,331 nach Pearson) könnte demnach in Summe dennoch einen positiven Effekt auf die Prognosegenauigkeit haben. Diese Annahme wird im Rahmen der Verfahrensvalidierung zu überprüfen sein (vgl. Kapitel 6).

Die Gebäudenutzungsart konnte aufgrund ihrer Nominalskalierung nicht mit Hilfe der interfaktoriellen Korrelationsanalyse bewertet werden. Die bivariaten Analysen deuten zwar auf eine hohe Relevanz der Einflussgröße auf die zu erwartenden Instandhaltungskosten hin (vgl. Kapitel 5.4.7), dennoch zeigen die Ergebnisse der wert- und flächenbezogenen Auswertung der Instandhaltungsaufwendungen gleichfalls Fremdbeeinflussungen durch andere Einflussfaktoren. Im Gegensatz zu den, bei den Einflussfaktoren der *Gebäudegröße*, der *Gebäudehöhe* und des *Ausstattungsstandards* aufgetretenen Effekten, konnte der Wirkzusammenhang nicht eindeutig auf eine Ursache zurückgeführt werden. Vielmehr weisen die Analyseergebnisse darauf hin, dass die *Gebäudenutzungsart* eine Gemengevariable darstellt, die verschiedenste Einflussgrößen in sich vereint und dementsprechend multifaktoriell beeinflusst ist. Dies ist durchaus logisch nachvollziehbar. Durch die nutzungsbezogene Clusterung der Untersuchungsimmobilien werden solche Gebäude in Gruppen zusammengefasst, die sich aufgrund ihrer primären Nutzungsart in der Mehrzahl ihrer Gebäudespezifika ähneln. So ist beispielsweise das Cluster der Kindertagesstätten durch eine nutzungstypische Spanne an Gebäudeeigenschaften gekennzeichnet, die auf der nutzungserforderlichen durchschnittlichen Größenauslegung (ca. 800 - 1.500m<sup>2</sup> BGF), einer nutzungstypischen mittleren täglichen Betriebsdauer (ca. 4 - 8 Std.) sowie auf einer funktionsgeeigneten Höhenausführung (1 – 3 Vollgeschosse) beruht. Gleiches gilt für alle weiteren Cluster, deren nutzungstypische und -spezifische Ausführungsspannen mitunter sehr stark differieren können. Dies ist insbesondere den nutzungsbezogenen Anforderungen an die Bauwerke geschuldet, die sich in Bezug auf ein öffentliches Immobilienportfolio, stark unterscheiden.

Die in der nachfolgenden Tabelle 5-18 aufgeführten clusterbezogenen Durchschnittswerte der Einflussvariablen der *Gebäudegröße*, der *Gebäudehöhe*, der *Betriebsdauer* und des *Wiederbeschaffungswerts* der KG 400 belegen dies auch auf Basis der erhobenen Realdaten.

Tabelle 5-18: Nutzungsbezogene Durchschnittswerte der Einflussfaktoren

Herleitung der nutzungsartbezogenen Gewichtungsfaktoren				
Überwiegende Nutzungsart	Gebäudegröße (in m <sup>2</sup> BGF)	Gebäudehöhe (Anzahl der Vollgeschosse)	Betriebsdauer (in Std.)	WBW KG 400 (in €)
Instituts- / Lehrgebäude	8.949	4,82	12,18	5.109.432
Büro- / Verwaltungsgebäude_01	3.430	3,93	13,36	1.049.609
Büro- / Verwaltungsgebäude_02	18.503	10,00	10,22	9.215.958
Forschungs- / Laborgebäude	11.351	5,45	12,64	10.208.880
Schulgebäude	7.794	3,15	11,46	2.286.998
Sportbauten	2.289	1,80	15,90	705.168
Feuerwehr	1.688	2,56	10,00	361.931
Kindertagesstätte	1.173	1,75	10,25	514.552
Bibliothek	18.422	7,50	18,50	7.873.002
Stadthalle / Theater	4.839	2,33	3,00	2.036.589
Mensa / Cafeteria	6.847	4,00	12,50	4.730.220
Schwimmhalle	4.498	3,00	15,00	4.707.722

Die ermittelten Durchschnittswerte offenbaren eine große nutzungsbezogene Streuung der jeweiligen Gebäude- bzw. Anlagenspezifika.

So verfügen Kindertagesstätten, Sportbauten und Schwimmhallen funktionsbedingt grundsätzlich über eine geringere Anzahl an Vollgeschossen als die meisten Büro- und Verwaltungsbauten oder Bibliotheken. Gleichsam liegt die mittlere Betriebsdauer der technischen Anlagen bei temporär genutzten Stadthallen eklatant tiefer als bei den meist durchgängig zugänglichen Universitätsbibliotheken oder jenen Sportbauten, die neben dem schulischen Betrieb auch der abendlichen Vereinsnutzung zur Verfügung stehen. Auch die charakteristische Gebäudegröße unterscheidet sich entsprechend der Gebäudenutzung stark. Eine Kindertagesstätte und ein städtisches Feuerwehrgebäude verfügen demnach tendenziell über eine deutlich geringere Bruttogrundfläche, als zum Beispiel ein Instituts- / Lehrgebäude oder eine öffentliche Bibliothek. Ähnliche Unterschiede lassen sich ferner bei der wertbezogenen Durchschnittserhebung feststellen. Hier sticht insbesondere der sehr hohe Erstinvestitionswert der KG 400 der Forschungs- / Laborbauten hervor, der um ein Vielfaches höher liegt, als der von Kindertagesstätten oder Feuerwehrbauten.

Die Gebäudenutzungsart spiegelt demnach die nutzungstypische spezifische Ausführung einer Gruppe von Immobilien unter „latenter“ Berücksichtigung verschiedener Einflussgrößen wider. Sie fungiert somit als übergeordnete Größe, die unterschiedliche Einflussstärken verschiedener Einflussvariablen widerspiegelt und im Umkehrschluss maßgeblich von diesen beeinflusst wird. Hieraus leitet sich, der Logik folgend, die Unvereinbarkeit der Kombination der Gebäudenutzungsart als Einflussvariable mit den Faktoren der *Gebäudegröße*, der *Gebäudehöhe* und des *Ausstattungsstandards* ab, da deren Einflusswirkung gleichfalls, durch die Gewichtungsfaktoren der Gebäudenutzungsart berücksichtigt wird. Die nachgewiesene negative Wirkung auf die Prognosegenauigkeit, wie in Kapitel 5.6.4 beschrieben, stellt somit die logische Folge dar.

Ungeachtet der Unkombinierbarkeit der Gebäudenutzungsart mit den wertkorrelierten Einflussvariablen verbleibt jedoch die Frage, welche Einflussvariablen oder welche Kombination dieser, potenziell zum präzisesten Prognoseergebnis führen. Zur iterativen Abschätzung dieser Fragestellung werden nachfolgend die nach Nutzung geclusterten Realdatenstreuungen in Bezug auf die Einflussgrößen der *Betriebszeit*, der *Gebäudegröße* und der *Gebäudehöhe* analysiert (vgl. Abbildung 5-21).

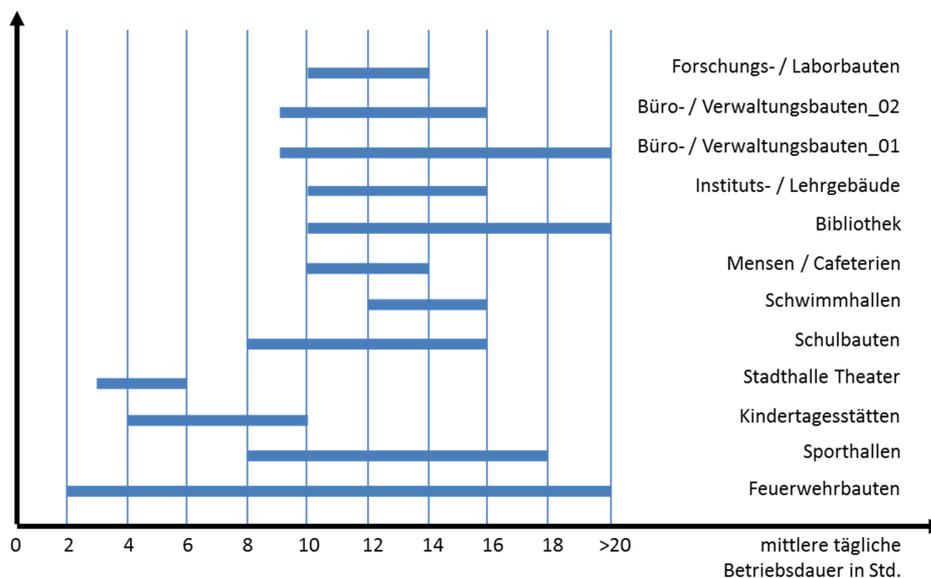


Abbildung 5-21: Nutzungsbezogene Betriebsdauerverteilung

Die Auswertung der clusterbezogenen Betriebsdauerverteilung bestätigt die im Rahmen der bivariaten Korrelationsanalyse festgestellte Problematik der nutzungsbezogenen Einflussüberlagerung. Dies beruht auf der Tatsache, dass nicht alle Gebäudenutzungsarten gleichermaßen die gesamte Skalenbreite der einflussbezogenen Maßskala abdecken. Im Zuge der Ableitung entsprechender Gewichtungsfaktoren kämen somit vor allem zur Ermittlung der unteren (eingeschränkter Betrieb) und oberen (durchgängiger Betrieb) Skalenenden nur einzelne wenige Nutzungsarten zu tragen<sup>148</sup>.

Ein ähnlich inhomogenes Ergebnis offenbart die Auswertung der clusterbezogenen Größenverteilung des Untersuchungsportfolios (vgl. Abbildung 5-22). Hier wird insbesondere das obere Skalenende ausschließlich von wenigen Gebäudenutzungsarten (Büro- / Verwaltungsbauten, Bibliotheken und Forschungs- / Laborbauten) bestimmt.

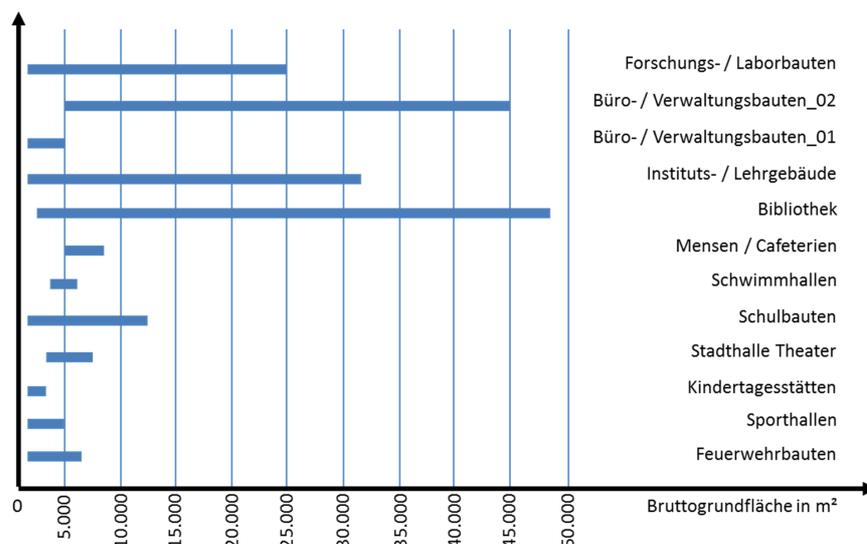


Abbildung 5-22: Nutzungsbezogene Größenverteilung

Und auch die nutzungsbezogene Höenauswertung weist eine entsprechende Ungleichverteilung der Realdaten auf (vgl. Abbildung 5-23).

<sup>148</sup> z. B. die Stadthallen und einzelne kommunale Feuerwehrgelände im Bereich der eingeschränkten Betriebsdauer oder Polizeistationen, Berufsfeuerwehren und Universitätsbibliotheken zur Ermittlung der Instandhaltungsbelastung der durchgängig betriebenen Bauwerke

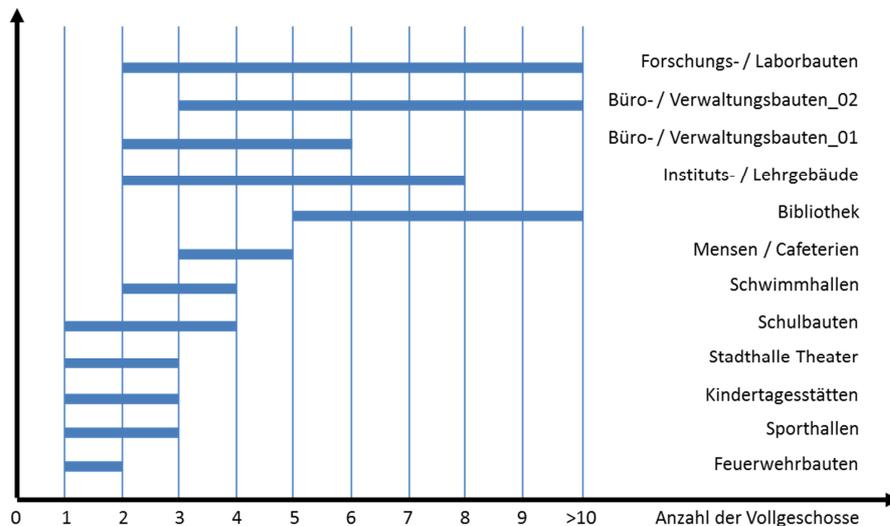


Abbildung 5-23: Nutzungsbezogene Höhenverteilung

Die Ursache der asymmetrischen Verteilungen lässt sich funktional leicht nachzuvollziehen. So ergäbe beispielsweise eine achtgeschossige Ausführung einer Kindertagesstätte, einer Mensa oder einer Schwimmballe schlichtweg aus funktionalen und wirtschaftlichen Gründen keinen Sinn.

Die Ungleichverteilung der *betriebsdauer-*, *größen-* und *höhenbezogenen* Auswertungen basieren demnach nicht auf einer zu geringen Datenquantität oder mangelnder Datenqualität, sondern nachweislich auf nutzungsbedingten Erfordernissen. Wenngleich dies kein grundsätzliches Problem darstellt, kann die ungleiche Verteilung der Realdaten im Rahmen der Ableitung der Gewichtungsfaktoren jedoch zu einem Dilemma führen. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn einzelne Teile der Gewichtungsskala beispielsweise durch wenige, jedoch sehr kostenintensive Cluster bestimmt werden. Aufgrund der mathematischen Funktionsweise der Ableitung der entsprechenden Gewichtungsfaktoren kann ein entsprechend deutlich erhöhter Clusterwert zu einer Beeinträchtigung bzw. Verschiebung der Gewichtungsskala und somit zu einer Verfälschung des Ergebnisses führen. Dieser Effekt ist vorrangig auf die systemimmanente Anfälligkeit der Faktorenableitung auf Ausreißer bzw. Extremwerte zurückzuführen. Im schlimmsten Fall resultiert dies in einer flächendeckenden Über- oder

Unterbudgetierung der Mehrzahl aller Cluster aufgrund eines einzelnen Extremclusters. Es ist daher immer von Vorteil, Einflussfaktoren zu identifizieren und zu verwenden, deren Maßskala in Bezug auf die Gewichtungsfaktoren gleichfalls für alle Untersuchungsgebäude vollumfänglich zum Tragen kommt. Dies trifft insbesondere auf die Einflussgrößen des Gebäude- bzw. Anlagenalters sowie des technischen Ausstattungsstandards zu. Ungeachtet der nutzungsbezogenen Einschränkungen ist hier die Wirksamkeit der gesamten Gewichtungsskalen für alle Untersuchungsgebäude gewährleistet. Dementsprechend finden sich für alle Nutzungsarten Bauwerke verschiedenster Alters- (1- 50 Jahre) und Ausstattungsstufen (niedrig, mittel hoch) im Portfolio wieder. Das Risiko einer Beeinflussung der Gewichtungsfaktoren aufgrund clusterbezogener Extremwerte ist folglich deutlich geringer einzuschätzen als bei den zuvor aufgeführten Einflussgrößen.

### 5.7.2 Auswahl der geeigneten Einflussgrößen

Die vorangegangenen Untersuchungen haben gezeigt, dass die reine Kombination verschiedener als instandhaltungsrelevant<sup>149</sup> identifizierter Einflussvariablen zu einer maßgeblichen Verfälschung des Kalkulationsergebnisses im analytischen Verfahren führen können. Dies wird vorrangig durch die interfaktorische Korrelation der Erklärungsvariablen verursacht. In diesem Zusammenhang konnte eine entsprechende partielle Wechselbeziehung zwischen der Berechnungsgrundlage, dem Wiederbeschaffungswert und den Einflussvariablen, der *Gebäudegröße*, der *Gebäudehöhe* und dem *Ausstattungsstandard* festgestellt werden. Zudem verweisen die Untersuchungen auf eine starke Wechselbeziehung zwischen den eben genannten Erklärungsvariablen und der Einflussgröße der *Gebäudenutzungsart*. Die betriebszeitbezogene Analyse zeigt wiederum eine starke Beeinflussung der Werte durch die jeweilige Gebäudenutzung. Dementsprechend konnte allein das *Gebäude- bzw. Anlagenalter* als gänzlich unabhängig relevante Einflussgröße identifiziert werden.

---

<sup>149</sup> Hierbei zeigt die Einflussgröße eine deutlich positive oder negative Korrelation zu den empirischen Instandhaltungsaufwendungen.

Aufgrund ihrer hohen Korrelation zum *Wiederbeschaffungswert* sowie ihrer in Abbildung 5-22 und Abbildung 5-23 festgestellten unvollständigen nutzungsübergreifenden Skalendurchgängigkeit, macht es keinen Sinn, die *Gebäudegröße* und die *Gebäudehöhe* als Einflussvariablen im Verfahren zu integrieren. Gleiches gilt für den Einflussparameter der mittleren täglichen *Betriebszeit der gebäudetechnischen Anlagen*, dem im Rahmen der Auswertungen, überlagert von nutzungsspezifischen Effekten, kein eindeutiger Einfluss auf die Instandhaltungsaufwendungen nachgewiesen werden konnte. Die Einflussanalyse auf Grundlage verschiedener *Gebäudenutzungsarten* führt hingegen zu einem konträren Ergebnis. Sie spiegelt nicht, wie in der Literatur vermutet, allein die potenzielle Wechselbeziehung zwischen der Nutzerintensität und der Nutzeridentifikation sowie den resultierenden Instandhaltungsaufwendungen wider (vgl. Kapitel 5.4.7), sondern stellt vielmehr eine übergeordnete Einflussgröße dar, die offensichtlich verschiedenste Einflussvariablen wirksam in sich vereint. Diese Eigenschaft macht die *Gebäudenutzungsart* angesichts der immensen Diversifikation des öffentlichen Immobilienbestands zu einer potenziell besonders geeigneten GewichtungsvARIABLE – vorausgesetzt, sie wird nicht mit weiteren hoch korrelierenden Einflussgrößen<sup>150</sup> kombiniert. Durch den vorangegangenen Ausschluss der entsprechenden Variablen scheint dieser Vorsatz gewährleistet, weshalb die *Gebäudenutzungsart* als erste Einflussgröße im neu zu entwickelten analytischen Verfahren integriert wird. Gleichwohl ist hierbei eine gewisse Korrelation der Nutzungsart mit dem Wiederbeschaffungswert der technischen Anlagen nicht gänzlich auszuschließen. In Anbetracht der multifaktoriellen Wirkweise der *Gebäudenutzungsart* ist jedoch anzunehmen, dass die entsprechend unumgängliche Kollinearität vergleichsweise niedrig ausfällt. Als weitere mutmaßlich geeignete Einflussvariable konnte das *Gebäude- bzw. Anlagenalter* identifiziert werden. Dieses verfügt nicht nur über die geforderte Unabhängigkeit von der Berechnungsgrundlage (dem WBW) als auch von der Einflussgröße der *Gebäudenutzungsart*, sondern gewährleistet zudem die nutzungsübergreifende Durchgängigkeit ihrer Gewichtungsskala. Sie wird demzufolge als

---

<sup>150</sup> Hierzu gehören beispielsweise die Gebäudegröße und die Gebäudehöhe sowie die Betriebsdauer der technischen Anlagen.

zweiter Gewichtungsfaktor, neben der Gebäudenutzungsart, im neu zu entwickelnden Budgetierungsverfahren integriert. Als letzte Einflussvariable findet der *technische Ausstattungsstandard* Eingang in die Budgetbestimmung. Ungeachtet seiner, wenngleich nur mäßigen, Korrelation mit der Berechnungsgrundlage, kann der Ausstattungsstandard als maßgeblich unabhängig von den Variablen der Gebäudenutzungsart sowie des Gebäude- bzw. Anlagenalters angesehen werden. Zudem weist seine Gewichtungsskala gleichfalls die vorteilhafte nutzungsübergreifende Durchgängigkeit auf. Seine tatsächlich positive Prognosewirkung auf die resultierenden Instandhaltungsaufwendungen bleibt jedoch noch im Rahmen der abschließenden Verfahrensvalidierung zu bestätigen.

Abgeleitet aus den vorangegangenen Untersuchungen verspricht somit die Kombination der Gewichtungsfaktoren der *Gebäudenutzungsart*, des *Gebäude- bzw. Anlagenalters* sowie des *technischen Ausstattungsstandards* in Verbindung mit dem *Wiederbeschaffungswerts* (als Berechnungsgrundlage) die präziseste Prognose der tatsächlich zu veranschlagenden Instandhaltungsaufwendungen (vgl. Tabelle 5-19).

Tabelle 5-19: Als geeignet identifizierte Gewichtungsfaktoren

Übersicht der ausgewählten Einflussgrößen		
Einflussgröße		Bemerkung
1	Wiederbeschaffungswert	Berechnungsgrundlage mit hoher Korrelation zu den Instandhaltungsaufwendungen
2	Art der Gebäudenutzung	Gewichtungsfaktor $G_N$ mit potenziell geringer Teilkorrelation zur Berechnungsgrundlage
3	Gebäude- bzw. Anlagenalter	Gewichtungsfaktor $G_A$ unabhängig von allen weiteren Einflussgrößen
4	Technischer Ausstattungsstandard	Gewichtungsfaktor $G_S$ mit mäßiger Teilkorrelation zur Berechnungsgrundlage

# 6 Verfahrenvalidierung

## 6.1 Vorbereitung der Verfahrenvalidierung

Die in Kapitel 5.7.2 bestimmte Kombination der maßgeblich geeignetsten Gewichtungsfaktoren aus der *Gebäudenutzungsart*, dem *Gebäude- bzw. Anlagenalter* sowie dem *technischen Ausstattungsstandard* soll abschließend mittels iterativer Budgetberechnungen verifiziert werden. Zur bestmöglichen Umsetzung dieses Vorhabens bedarf es weiterer, umfangreicher Instandhaltungsrealdaten. Eine Neuerhebung vergleichbar qualifizierter Informationen analog derer des originären Untersuchungsportfolios ist allerdings angesichts der in Kapitel 3.3 beschriebenen mangelhaften Datenverfügbarkeit sowie des äußerst hohen Zeit- und Arbeitsaufwands der Datenbeschaffung im Rahmen dieser Arbeit nicht zu gewährleisten. Aus diesem Grund werden in einem ersten Schritt die fünf in Kapitel 5.3.3 definierten Vergleichsportfolien, als extrahierte Teilmengen aus der Gesamtheit des Untersuchungsportfolios, zur Verfahrenvalidierung herangezogen (vgl. Tabelle 6-1).

Tabelle 6-1: Vergleichsportfolien auf Basis des Untersuchungsportfolios

Übersicht der Vergleichsportfolien auf Basis des Untersuchungsportfolios	
Nr.	Vergleichsportfolien: extrahierte Teilmengen des Untersuchungsportfolios
1	Auswahl nach dem Zufallsprinzip (109 Gebäude)
2	Auswahl nach dem Zufallsprinzip (96 Gebäude)
3	Auswahl nach dem Zufallsprinzip (68 Gebäude)
4	Auswahl überwiegend mittlerer und kleiner Bauwerke (69 Gebäude)
5	Auswahl überwiegend mittlerer und großer Bauwerke (74 Gebäude)

Durch die unterschiedliche Kombination der Immobilien bzw. die abweichende Zusammensetzung der Teilmengen, verglichen mit dem Gesamtuntersuchungsportfolio, lassen die fünf Vergleichsportfolien voraussichtlich erste wertvolle Rückschlüsse über die Prognosequalität des neu entwickelten Budgetierungsverfahrens zu.

### 6.1.1 Identifikation eines geeigneten Prüfportfolios

Eine ausschließliche Verfahrensvalidierung auf Grundlage einer weitgehend ursprungsidentischen Datenbasis<sup>151</sup> verfügt grundsätzlich nur über eine eingeschränkte Aussagekraft und ist demnach kritisch zu bewerten. So beinhaltet ein auf Variantenbildung basierender Prüfprozess stets die Gefahr der Nichterkennung verfahrensimmanenter Fehler, die wiederum durch nicht identifizierte Besonderheiten des Untersuchungs- bzw. Entwicklungsportfolios hervorgerufen werden. Bei ungeprüfter Anwendung des Verfahrens auf etwaige Fremdportfolien kann dies zu inkorrekten Ergebnissen und folglich zur Fehlbudgetierung führen. Um die Belastbarkeit der Verfahrensprüfung zusätzlich zu prüfen, bedarf es somit einer Datenbasis, die sich in ihrer Zusammensetzung weitestgehend von der des Untersuchungsportfolios unterscheidet. Eine komplette Neuerhebung einer vergleichbar qualifizierten Datenmenge ist jedoch, wie bereits erwähnt, im Rahmen dieser Arbeit nicht zu bewerkstelligen. Um dennoch eine bestmögliche Einschätzung des Verfahrens zu gewährleisten, wurde daher einer der ursprünglichen Realdatenspender um eine erweiterte Unterstützung des Forschungsvorhabens gebeten. Dieser konnte bereits im Rahmen der Erstdatenerhebung durch eine weit überdurchschnittliche Qualität und Quantität seiner verfügbaren Instandhaltungsinformationen überzeugen. Angesichts der zentralen Zielsetzung, eine größtmögliche Differenzierung der Immobilienzusammensetzung zu gewährleisten sowie eine überproportionale Gewichtung einzelner Realdatenspender im Untersuchungsportfolio zu vermeiden, wurde jedoch im Zuge der Datenbankerstellung lediglich ein vergleichsweise geringer Teil der verfügbaren Gesamtinformationen in die Untersuchungsdatenbank integriert. Diese Tatsache eröffnet nun die Chance, nach der Bereitstellung zusätzlicher gebäudespezifischer Informationen durch den entsprechenden Realdatenspender, dessen Gesamtportfolio als Prüfportfolio zur Verfahrensvalidierung heranzuziehen, da es sich in seiner Zusammensetzung maßgeblich vom dem des Untersuchungsportfolios unterscheidet.

---

<sup>151</sup> Wenngleich die Variantenbildung zu unterschiedlichen Kombinationen der Portfoliozusammensetzung führt, bleiben die verwendeten Eingangsdaten dennoch identisch.

## 6.1.2 Quantifizierung des Prüfportfolios

Entsprechend der erforderlichen Datenqualität und -quantität konnten in Summe 80 Bauwerke<sup>152</sup> sowie deren Instandhaltungsaufwendungen inklusive der Angabe der aktuellen Instandhaltungsdefizite zur Verfügung gestellt werden. Zur besseren Einschätzung des Prüfportfolios wird dieses nachfolgend unter Angabe einzelner Kennwerte beschrieben.

Die Gesamtbruttogrundfläche aller erfassten Bauwerke des Prüfportfolios summiert sich auf ca. 325.000 m<sup>2</sup> und liegt im Durchschnitt bei ca. 4.000 m<sup>2</sup>. Das größte Bauwerk umfasst mehr als 31.000 m<sup>2</sup> BGF, während das kleinste mit ca. 100 m<sup>2</sup> BGF bemessen ist. Der Wiederbeschaffungswert aller gebäude-technischen Anlagen (KG 400) des Prüfportfolios liegt bei ca. 212 Mio. Euro<sup>153</sup>. Dies entspricht einem durchschnittlichen monetären Umfang von etwa 2,65 Mio. Euro je Bauwerk. Die Mehrzahl aller Gebäude wurde im Zeitraum von 1950 bis 2012 errichtet. 8 Bauwerke sind 1938 gebaut worden und stellen mit einem Alter von 74 Jahren somit die ältesten Bestandteile des Prüfportfolios dar. Das jüngste Gebäude war hingegen zum Erfassungszeitpunkt knapp über ein Jahr alt (Fertigstellung 2012). Bezogen auf die Höhenstruktur des Prüfportfolios wird das untere Ende der Skala durch die eingeschossige Ausführungsvariante gebildet, während das obere Ende durch das höchste Bauwerk des Portfolios mit insgesamt 11 Vollgeschossen definiert ist. Bezogen auf die überwiegende Gebäudenutzung bildet das Portfolio insgesamt 11 der 14 untersuchten Nutzungsarten ab<sup>154</sup>. Da der Spender des Prüfportfolios im Sektor der Universitäten und Hochschulen verortet ist, handelt es sich um eine hochschultypische Kombination der Gebäudenutzungsarten. Den Schwerpunkt bilden die Instituts- / Lehrgebäude (20 Stk.) sowie die Forschungs- / Laborgebäude (16 Stk.), gefolgt von den Büro- / Verwaltungsbauten (9 Stk.).

---

<sup>152</sup> Dies beinhaltet zu ca. 65% neue Bauwerke und zu ca. 35% Bauwerke die bereits im Untersuchungsportfolio integriert waren.

<sup>153</sup> Bezogen auf das Basisjahr 2011

<sup>154</sup> Das Portfolio beinhaltet keine Kindertagesstätten, Schulgebäude und Rechenzentren.

Verschiedene Sport- und Schwimmstätten, eine Mensa, eine Bibliothek, Werkstätten, Lager sowie sonstige Bauwerke komplettieren das Prüfportfolio. In Gänze entspricht dieses somit einer beispielhaften Kombination öffentlicher Gebäude und stellt, aufgrund seines Umfangs und seiner Zusammensetzung, eine überaus geeignete Datengrundlage zur Verifizierung des neu entwickelten Budgetierungsverfahrens dar.

Die relevanten Rahmendaten des zur Verfahrensvalidierung generierten Datenpools sind nachfolgend nochmals in tabellarischer Form zusammengefasst (vgl. Tabelle 6-2):

Tabelle 6-2: Rahmendatenübersicht des Realdatenpools

Rahmendaten des Prüfportfolios	
Immobilienbezogene Informationen	Quantifizierung
Anzahl Gebäude	80 Stück
Gebäudenutzungsarten	11 Stück
WBW KG 400 des Gesamtportfolios	ca. 212 Mio. €
WBW KG 400 Ø / Gebäude	ca. 2,65 Mio. €
Bruttogrundfläche Gesamtportfolio	ca. 325.000 m <sup>2</sup> BGF
Bruttogrundfläche Ø / Gebäude	ca. 4.000 m <sup>2</sup> BGF
Immobilienalter	1 – max. 74 Jahre
Immobilienalter Ø / Gebäude	ca. 40 Jahre
Anzahl Vollgeschosse	1 – 11 Stück

### 6.1.3 Verteilung der Instandhaltungsbelastung im Prüfportfolio

Im Anschluss an die erfolgreiche Bildung des Prüfportfolios sind die korrespondierenden Realdaten aller Immobilien, analog der in Kapitel 4.4 beschriebenen Vorgehensweisen, aufzubereiten. Neben der sorgfältigen Plausibilitätsprüfung aller erhaltenen Informationen, beinhaltet dies insbesondere die Berücksichtigung des aktuellen gebäudebezogenen Instandhaltungsdefizits sowie die einheitliche Indizierung aller Kostenwerte auf das Basisjahr 2011. Eine erste Analyse der durchschnittlichen gebäudebezogenen Instandhaltungsaufwendungen pro Jahr (anteilig am WBW der KG 400) zeigt für das Prüfportfolio eine dem originären Untersuchungsportfolios recht ähnliche Verteilung. Auch hier weist die Mehrheit aller Immobilien eine jährliche Instandhaltungsbelastung von 0,5 bis ca. 4% anteilig am WBW der KG 400 auf (vgl. Abbildung 5-3 und Abbildung 6-1).

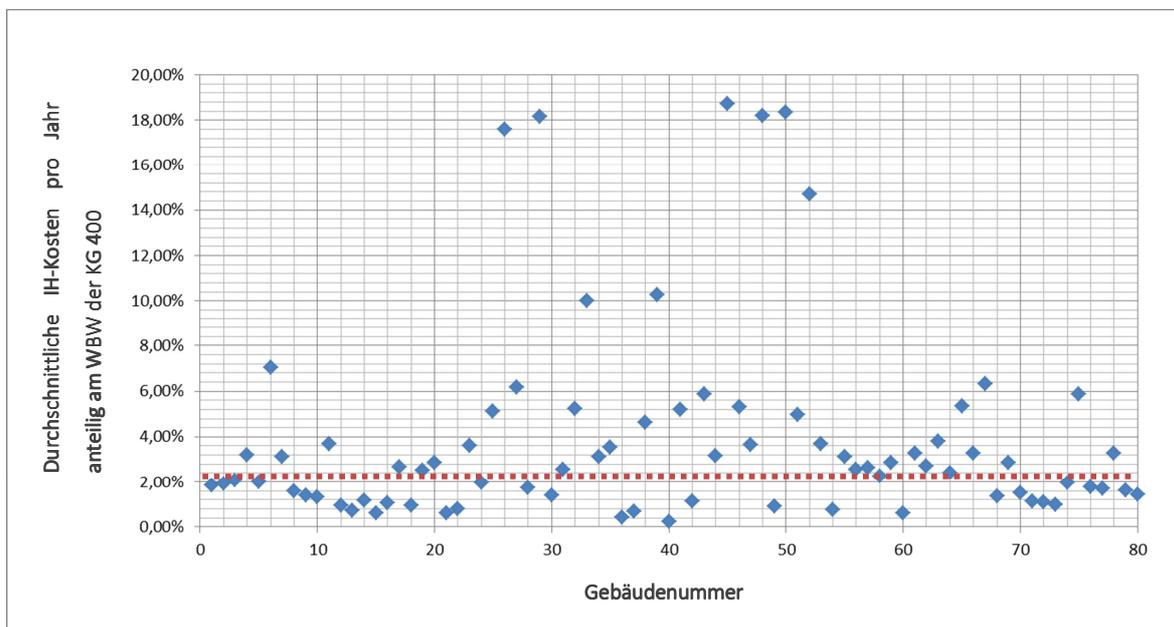


Abbildung 6-1: Auswertung der durchschnittlichen IHK pro Jahr anteilig am WBW der KG 400 für das Prüfportfolio

Aufgrund einzelner Extremwerte von nahezu 20% stellt sich die Gesamtstreuung der Werte im Prüfportfolio dagegen deutlich größer dar, was scheinbar im Widerspruch mit der etwas geringeren Gesamtdurchschnittsbelastung von

2,13% steht. Es ist jedoch anzunehmen, dass die sehr hohen Durchschnittswerte, wie im Untersuchungsportfolio festgestellt, aller Voraussicht nach durch Gebäude mit vergleichsweise niedrigem Wiederbeschaffungswert der gebäudetechnischen Anlagen verursacht werden (vgl. Kapitel 5.3.1). Diese Annahme kann durch die wiederbeschaffungswertbezogene Auswertung der Daten eindeutig bestätigt werden (vgl. Abbildung 6-2).

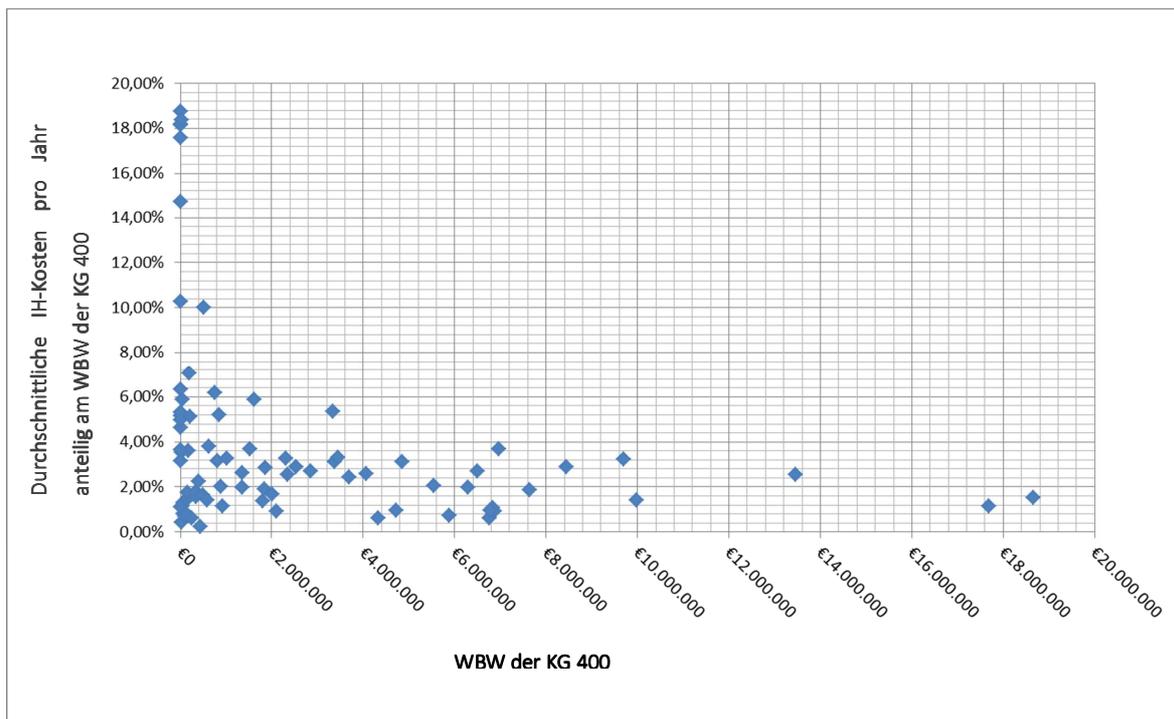


Abbildung 6-2: Auswertung der durchschnittlichen IHK pro Jahr anteilig am WBW der KG 400 in Relation zum WBW der KG 400

Die Gesamtverteilung der gebäudebezogenen Instandhaltungsbelastungen deutet zudem auf den bereits in Kapitel 5.3 untersuchten nichtlinearen Zusammenhang zwischen dem Wiederbeschaffungswert (als Berechnungsgrundlage) und den resultierenden Instandhaltungsaufwendungen hin. So liegen die Durchschnittsbelastungen von Gebäuden mit sehr niedrigem Wiederbeschaffungswerten der KG 400 weit oberhalb des Gesamtdurchschnitts von 2,13%. Bei steigendem Wiederbeschaffungswert sinkt die prozentuale Belastung anteilig am WBW der KG 400 jedoch erst sehr stark, dann zunehmend langsamer im Sinne der postulierten Potenzfunktion ab.

## 6.1.4 Bildung der Prüfportfolien

In Vorbereitung der Verfahrensprüfung werden, analog der Vorgehensweise in Kapitel 5.3.3, aus dem Prüfportfolio verschiedene Teilmengen extrahiert, um eine möglichst aussagekräftige Analyse der Wirkweise und Prognosegenauigkeit der nichtlinearen Kalkulationsmethode zu gewährleisten. Auf Grundlage des Gesamtprüfportfolios (Vergleichsportfolio Nr. 6) erfolgt in einem ersten Schritt die Bildung zweier weiterer Teilmengen (Vergleichsportfolien Nr. 7 und 8). Dafür wird das Prüfportfolio zufällig um 22 bzw. 16 Immobilien reduziert. Ergänzend erfolgt im zweiten Schritt die gezielte Bildung zweier weiterer Teilmengen (Vergleichsportfolien Nr. 9 und 10), die ausschließlich mittlere und kleine bzw. mittlere und große Immobilien beinhalten. Wie die Vergleichsportfolien Nr. 4 und 5 (vgl. Kapitel 5.3.3), stellen die Vergleichsportfolien Nr. 9 und 10 somit gleichfalls bewusst herbeigeführte „Extremportfolien“ dar, auf Grundlage derer insbesondere die Robustheit des Budgetierungsverfahrens untersucht werden soll (vgl. Tabelle 6-3).

Tabelle 6-3: Vergleichsportfolien auf Basis des Prüfportfolios

Übersicht der Vergleichsportfolien auf Basis des Prüfportfolios	
Nr.	Vergleichsportfolien: extrahierte Teilmengen des Prüfportfolios
6	Gesamtprüfportfolio (80 Gebäude)
7	Auswahl nach dem Zufallsprinzip (68 Gebäude)
8	Auswahl nach dem Zufallsprinzip (74 Gebäude)
9	Auswahl überwiegend mittlerer und kleiner Bauwerke (67 Gebäude)
10	Auswahl überwiegend mittlerer und großer Bauwerke (56 Gebäude)

Ergänzt durch die in Tabelle 6-1 aufgeführten Vergleichsportfolien<sup>155</sup> (Nr. 1-5) wird das neu entwickelte Budgetierungsverfahren demnach in Summe auf Basis von 10 verschiedenen Portfoliozusammensetzungen überprüft.

<sup>155</sup> Abgeleitet aus dem originären Untersuchungsportfolio

### 6.1.5 Bestimmung des Gewichtungsfaktors $G_A$

Bevor das neue Budgetierungsverfahren auf die Vergleichsportfolien angewendet werden kann, ist es vorab notwendig, die noch ausstehende Einflussvariable des *Gebäude- bzw. Anlagenalters*, respektive deren korrespondierenden Gewichtungsfaktoren, zu bestimmen. Die Ermittlung erfolgt analog der bereits in Kapitel 5.1 beschriebenen Vorgehensweise und basiert auf den Gesamtinstandhaltungsaufwendungen der Wartungs-, Inspektions- und Instandsetzungsmaßnahmen (vgl. Kapitel 5.4.2).

Die Ermittlung der Gewichtungsfaktoren resultiert in den nachfolgend aufgeführten Werten (vgl. Tabelle 6-4).

Tabelle 6-4: Herleitung der altersbezogenen Gewichtungsfaktoren  $G_A$

Herleitung der altersbezogenen Gewichtungsfaktoren			
Alterscluster (reales bzw. fiktives Alter)	Fallanzahl	IH-Belastung	Gewichtungs- faktor ( $G_G$ )
1 bis 5 Jahre	38	0,80%	0,49
6 bis 10 Jahre	48	1,93%	1,19
11 bis 15 Jahre	61	1,82%	1,12
16 bis 20 Jahre	18	1,31%	0,81
21 bis 25 Jahre	26	3,31%	2,05
26 bis 30 Jahre	26	2,28%	1,41
31 bis 35 Jahre	26	1,51%	0,93
36 bis 40 Jahre	15	1,89%	1,17
<b>Summe / Gesamtschnitt</b>	<b>258</b>	<b>1,62%</b>	

Die Gewichtungsfaktoren spiegeln den unsteten Verlauf der Instandhaltungsbelastung, hervorgerufen durch die charakteristischen Lebens-, Nutzungs- und Austauschzyklen der gebäudetechnischen Anlagen wider (vgl. Kapitel 5.4.2). Ergänzt durch die bereits in Kapitel 5.6.1 und Kapitel 5.6.3 ermittelten Gewichtungsfaktoren des *Ausstattungsstandards*  $G_S$  und der *Gebäudenutzungsart*  $G_N$  liegen nunmehr alle notwendigen Informationen zur Überprüfung und Validierung der neuen nichtlinearen Kalkulationsmethode vor.

## 6.2 Auswertung der mittleren Budgetabweichungen

Die Überprüfung des Verfahrens erfolgt auf Basis der 10 zuvor definierten Vergleichsportfolien. Für jedes der Portfolien wird mittels der nichtlinearen Kalkulationsbasis, erweitert durch die Gewichtungsfaktoren der *Gebäudenutzungsart*, des *Gebäude- bzw. Anlagentalers* sowie des *Ausstattungsstandards* das Gesamtinstandhaltungsbudget berechnet. Im Anschluss daran lässt sich die positive oder negative Gesamtabweichung des jeweiligen Vergleichsportfolios vom tatsächlichen Realbudget<sup>156</sup> leicht ermitteln. Je geringer die Abweichung des Verfahrens ausfällt, desto präziser bildet dieses die tatsächlich notwendigen Instandhaltungsaufwendungen ab. Die absolute Prognoseabweichung lässt somit bereits eine wertvolle Ersteinschätzung der Verfahrensgüte zu. Eine abschließende Bewertung der Prognosequalität kann jedoch nur auf Basis einer zusätzlichen relativen Verfahrenseinordnung erfolgen. Nur der Vergleich der Verfahrensergebnisse mit den Resultaten weiterer Verfahrensvarianten lässt ein abschließendes und belastbares Urteil darüber zu, inwieweit die favorisierte Kombination<sup>157</sup> tatsächlich das beste Prognoseergebnis liefert.

### 6.2.1 Verfahrensvarianten zur vergleichenden Analyse

Zur vergleichenden Untersuchung werden insgesamt 5 Verfahrensvarianten auf Basis der 10 Vergleichsportfolien auf ihre Prognosequalität überprüft. Als erste vergleichende Verfahrensvariante (I) dient die nichtlineare Kalkulationsbasis (vgl. Kapitel 5.3.2) unter Verzicht auf die Berücksichtigung weiterer potenzieller Einflussgrößen. Die zweite Verfahrenskombination (II) setzt sich aus der nichtlinearen Kalkulationsbasis erweitert durch den Gewichtungsfaktor der *Gebäudenutzungsart* zusammen, während die dritte Verfahrensvariante (III) die nichtlineare Kalkulationsbasis mit den Gewichtungsfaktoren der *Gebäudenutzungsart* und des *Gebäude- bzw. Anlagentalers* kombiniert. Die

---

<sup>156</sup> Dies beinhaltet die dokumentierten empirischen Ist-Instandhaltungsaufwendungen inklusive des berücksichtigten Instandhaltungsdefizits

<sup>157</sup> der nichtlinearen Kalkulationsbasis mit den Gewichtungsfaktoren *Gebäudenutzungsart*, *Gebäude- bzw. Anlagentaler* sowie *Ausstattungsstandard*

vierte Variante (IV) entspricht wiederum Variante III erweitert um die Einflussgröße des *Ausstattungsstandards* (entsprechend der in Kapitel 5.7.2 favorisierten Kombination der Gewichtungsfaktoren). Die schrittweise Erweiterung der Verfahrensvarianten soll im Zuge der Auswertungen Rückschlüsse auf die Wirkungen der einzelnen Gewichtungsfaktoren auf das Gesamtbudgetierungsergebnis verdeutlichen. Die fünfte und letzte Verfahrensvariante (V) verknüpft hingegen die nichtlineare Kalkulationsbasis mit den Gewichtungsfaktoren der *Gebäudenutzungsart*, der *Gebäudegröße*, der *Gebäudehöhe* und dem *Ausstattungsstandard*. Sie dient vorrangig der Überprüfung der potenziellen Ergebnisverfälschung, hervorgerufen durch die interfaktorielle Korrelation der Einflussgrößen untereinander (vgl. auch Kapitel 5.6).

## 6.2.2 Auswertungsergebnisse

Tabelle 6-5 führt die Auswertungsergebnisse des favorisierten Verfahrens (IV) sowie der 4 alternativen Verfahrensvarianten (I, II, III und V) für alle 10 vorab definierten Vergleichsportfolien in einer Matrix auf. Wie bereits erläutert, stellen die Vergleichsportfolien Nr. 1-5 Teilmengen des originären Untersuchungsportfolios dar, während die Vergleichsportfolien Nr. 6-10 auf dem neu generierten Prüfportfolio basieren. Ergänzend zu den jeweiligen Einzelauswertungen werden die durchschnittlichen Absolutabweichungen der Vergleichsportfolien Nr. 1-5 (vgl. Gruppe A), der Vergleichsportfolien Nr. 6-10 (vgl. Gruppe B) sowie der Summe aller 10 Portfolien (vgl. Gruppe A/B) bestimmt. Das Analyseresultat ist eindeutig. Bezogen auf das Untersuchungsportfolio (Gruppe A: 2,39%) sowie das Prüfportfolio (Gruppe B: 2,32%) als auch auf alle 10 Vergleichsportfolien in Gänze (Gruppe A/B: 2,36%) liefert die Verfahrensvariante III als Kombination der nichtlinearen Kalkulationsbasis mit den Gewichtungsfaktoren der *Gebäudenutzungsart* sowie des *Gebäude- und Anlagenalters* durchgängig die besten Kalkulationsergebnisse in Form der geringsten Absolutabweichungen.

Tabelle 6-5: Validierung mittels iterativer Budgetbestimmung

Validierung des neu entwickelten Budgetierungsverfahrens						
Nr.	Vergleichsportfolio	Prozentuale Budgetabweichung Soll/Ist				
Gebäudeanzahl (...)	Teilportfolien gebildet auf Basis des Untersuchungsportfolios (Nr.1-5) und des Prüfportfolios (Nr. 6-10)	Verwendete Gewichtungsfaktoren in Kombination mit der nichtlinearen Kalkulationsbasis				
		I	II	III	IV	V
		Ohne Gewichtungsfaktor	$G_N$	$G_N \cdot G_A$	$G_N \cdot G_A \cdot G_S$	$G_N \cdot G_S \cdot G_G \cdot G_H$
A	Untersuchungsportfolio					
1 (109)	Auswahl nach dem Zufallsprinzip	4,25%	3,62%	2,75%	6,11%	12,48%
2 (96)	Auswahl nach dem Zufallsprinzip	2,51%	2,61%	2,41%	1,81%	17,01%
3 (68)	Auswahl nach dem Zufallsprinzip	5,35%	3,35%	3,89%	5,46%	7,44%
4 (69)	Auswahl mittlerer und kleiner Bauwerke	-2,98%	0,48%	0,56%	13,98%	9,62%
5 (74)	Auswahl mittlerer und großer Bauwerke	6,63%	2,44%	2,37%	3,16%	8,66%
B	Prüfportfolio					
6 (80)	Universitäres Gesamtportfolio	15,08%	3,19%	3,03%	-3,85%	-5,19%
7 (58)	Auswahl nach dem Zufallsprinzip	12,78%	3,78%	2,04%	-4,07%	1,64%
8 (64)	Auswahl nach dem Zufallsprinzip	12,55%	1,12%	-0,90%	-3,80%	-0,34%
9 (67)	Auswahl mittlerer und kleiner Bauwerke	9,86%	6,35%	2,10%	-4,96%	-1,61%
10 (56)	Auswahl mittlerer und großer Bauwerke	16,02%	3,79%	3,55%	-3,23%	-4,71%
A	Mittlere absolute Budgetabweichung in Prozent (1-5)	4,34%	2,50%	2,39%	6,10%	11,04%
B	Mittlere absolute Budgetabweichung in Prozent (6-10)	13,26%	3,65%	2,32%	3,98%	2,70%
A/B	Mittlere absolute Gesamtbudgetabweichung in Prozent (1-10)	8,80%	3,07%	2,36%	5,04%	6,87%

Das zweitbeste Gesamtergebnis (A: 2,50% | B: 3,65% | A/B: 3,07%) liefert die Verfahrensvariante II, während die bislang favorisierte Kombination der Gewichtungsfaktoren der Verfahrensvariante IV in Summe lediglich das drittbeste Prognoseergebnis (A: 6,10% | B: 3,98% | A/B: 5,04%) aufweist. Die zusätzliche Integration des *Ausstattungsstandards* als Gewichtungsfaktor wirkt sich nicht positiv auf die Vorhersagegenauigkeit aus. Dies ist vermutlich auf die bereits in Kapitel 5.5.4 festgestellte Teilkorrelation des *Ausstattungsstandards* mit der Berechnungsgrundlage des Wiederbeschaffungswerts zurückzuführen. Die Aufklärungswirkung des Gewichtungsfaktors ist demnach geringer einzuschätzen, als die negative Einflusswirkung der Teilkorrelation. Bei eingehender Betrachtung der Einzelwerte ist die verfälschende Wirkung vor allem bei den Vergleichsportfolien Nr. 4 und 9 (Abweichung 13,98% und -4,96%) festzustellen. Demnach kommt der in Kapitel 5.6 beschriebene Doppelungseffekt insbesondere bei einer Kombination vorwiegend mittlerer und kleiner Bauwerke zu tragen. Ungeachtet dessen weisen jedoch auch die sonstigen Einzelweltergebnisse der Verfahrensvariante IV in der Mehrzahl höhere Abweichungen als die der Variante III auf.

Das Kalkulationsergebnis der Verfahrensvariante I, als Basisvariante ohne Korrekturfaktor<sup>158</sup>, liefert erwartungsgemäß eine deutlich schlechtere Prognosegüte (A: 4,34% | B: 13,26% | A/B: 8,80%) als die drei vorab beschriebenen Varianten (II, III und IV). Auffällig ist insbesondere die große, mittlere Budgetabweichung von 13,26% für das neu generierte Prüfportfolio (Gruppe B), die deutlich über dem korrespondierenden Wert von 4,34% für das Untersuchungsportfolio (Gruppe A) liegt. Dies bestätigt die bereits in Kapitel 1 geäußerte Annahme, dass eine Budgetierung einzig auf Grundlage eines durchschnittsbezogenen Kennwerts<sup>159</sup> nur zu sehr vagen Kalkulationsergebnissen führt. Je nach Zusammenstellung des Portfolios im Vergleich zur ursprünglichen Ermittlungsgrundlage des Durchschnittswerts kann das Kalkulationsergebnis somit aufgrund der extrem hohen Individualität und Diversifikation öffentlicher Immobilienportfolios stark vom tatsächlich adäquaten Sollbudget

---

<sup>158</sup> bzw. Gewichtungsfaktoren

<sup>159</sup> Oder einer durchschnittsabbildenden Funktion

abweichen. Die maßgeblich verbesserte Kalkulationsgenauigkeit der Verfahrensvarianten II und III dokumentiert daher die äußerst positive Prognosewirkung der berücksichtigten Gewichtungsfaktoren der *Gebäudenutzungsart* und des *Gebäude- bzw. Anlagentalers*. Entsprechend der in Tabelle 6-5 aufgeführten Werte verfügt die *Gebäudenutzungsart* als Gemengevariable über die weitaus größte Aufklärungswirkung. So sinkt die mittlere Budgetabweichung in Bezug auf das Prüfportfolio (Gruppe B) von 13,26% unter Berücksichtigung der *Gebäudenutzung* auf 3,65% (vgl. Verfahrensvariante II). Dies entspricht einer verbesserten Kalkulationsgenauigkeit von nahezu 10%. Die zusätzliche Integration des *Gebäude- bzw. Anlagentalers* führt hingegen zu einer vergleichsweise geringen Steigerung der Prognosegüte von ca. 1,3 Prozent auf insgesamt 2,32% (vgl. Variante III). Wenngleich die individuellen Auswirkungen etwas geringer ausfallen, stellt sich die Situation in Bezug auf die Vergleichsportfolien Nr. 1 bis 5 identisch dar. Dem Einflussfaktor des *Ausstattungsstandards* konnte dagegen, wie bereits erläutert, keine positive bzw. kalkulationsverbessernde Aufklärungswirkung nachgewiesen werden.

Die Verfahrensvariante V wurde in den Validierungsprozess integriert, um die potenzielle Ergebnisverfälschung (hervorgerufen durch die interfaktorielle Korrelation verschiedener Einflussgrößen) zu belegen. Das Kalkulationsresultat sollte dementsprechend deutlich unpräziser ausfallen, als das aller anderen Verfahrensvarianten. In Bezug auf die Vergleichsportfolien Nr. 1 bis 5 (Gruppe A) trifft dies unbestritten zu. Mit einer mittleren Absolutabweichung von 11,04% führt die Variante zu einer im Schnitt nahezu 7% ungenaueren Vorhersage der Soll-Aufwendungen als die Basisvariante ohne Berücksichtigung jeglicher Einflussgrößen (A: 4,34%). Der negative Einfluss korrelierender Gewichtungsfaktoren führt folglich zu einer maßgeblichen Verfälschung des Kalkulationsergebnisses. Umso mehr überrascht das Resultat der Auswertungen der Vergleichsportfolien Nr. 6-10 auf Basis des Prüfportfolios. Entgegen aller Erwartungen resultiert die Budgetberechnung mittels der Verfahrensvariante V in diesem Fall in einer Absolutabweichung von lediglich 2,70%. Die Abweichung liegt folglich nur unwesentlich über dem Bestwert von 2,32% der Verfahrensvariante III. In Bezug auf das Prüfportfolio erscheint der in Kapitel

5.6 nachgewiesene Verfälschungseffekt interkorrelierender Einflussgrößen offenbar nicht wirksam. Zur genaueren Untersuchung und Klärung dieses überraschenden Sachverhalts sowie zur weiteren Verifizierung der in Tabelle 6-5 aufgeführten Ergebnisse wird daher eine vertiefte Analyse vorgenommen.

Im Zentrum des Interesses stehen insbesondere die durchschnittlichen Streuungen der gebäudebezogenen Prognosewerte bzw. deren Abweichungen vom Ist-Wert. Eine möglichst geringe Streuung der gebäudebezogenen Budgetabweichungen impliziert in der Regel eine präzisere und belastbarere Prognosequalität als Kalkulationsergebnisse mit vergleichbar größeren Ergebnisspannen. Aus diesem Grund werden die in Tabelle 6-5 aufgeführten Kalkulationsergebnisse (der Gruppen A, B und A/B) in Tabelle 6-6 durch die Angabe zweier Streuungsmaße ergänzt. Hierzu gehört zum einen die Spannweite der Gesamtstreuung, die aus der Differenz der größten und kleinsten Ausprägung der gebäudebezogenen Einzelbudgetabweichungen abgeleitet wird [[Arre12] S.120]. Die Spannweite berücksichtigt demnach 100% der Verteilung und wird vielfach durch Extremwerte in Form von Ausreißern beeinflusst. Des Weiteren erfolgt die Bestimmung des so genannten (Inter-) Quartilsabstands, der wiederum aus der Differenz des oberen ( $Q_{0,75}$ ) und unteren Quartils ( $Q_{0,25}$ ) gebildet wird [[Arre12] S.117]. Der Wert umfasst folgerichtig im Gegensatz zur Spannweite nur 50 % der Verteilung. Er gilt als weitestgehend unabhängig gegenüber Ausreißern und bildet daher eine sehr robuste und belastbare Größe zur Einschätzung der Prognosegüte. Die Analyse der entsprechend hergeleiteten Streuungsmaße bestätigt die auf Grundlage der Tabelle 6-5 abgeleitete Rangfolge der Vorhersagequalität der verschiedenen Verfahrensvarianten. So führt die Kombination der nichtlinearen Kalkulationsbasis mit den Gewichtungsfaktoren der *Gebäudenutzungsart* und des *Gebäude- bzw. Anlagenalters* (siehe Variante III) nicht nur zum jeweils präzisesten Budgetergebnis (siehe Gruppe A, B und A/B), sondern verfügt ferner über die geringsten Spannweiten und Interquartilsabstände aller untersuchten Verfahrensvarianten (vgl. Tabelle 6-6).

Tabelle 6-6: Analyse der Streuungswerte im Rahmen der Budgetprognose

Validierung des neu entwickelten Budgetierungsverfahrens						
Nr.	Vergleichsportfolio	Prozentuale Budgetabweichung Soll/Ist				
Gebäudeanzahl (...)	Teilportfolien gebildet auf Basis des Untersuchungsportfolios (Nr.1-5) und des Prüfportfolios (Nr. 6-10)	Verwendete Gewichtungsfaktoren in Kombination mit der nichtlinearen Kalkulationsbasis				
		I	II	III	IV	V
		Ohne Gewichtungsfaktor	$G_N$	$G_N \cdot G_A$	$G_N \cdot G_A \cdot G_S$	$G_N \cdot G_S \cdot G_G \cdot G_H$
A	Untersuchungsportfolio					
	Mittlere absolute Budgetabweichung in Prozent (Nr. 1-5)	4,34%	2,50%	2,39%	6,10%	11,04%
	Gesamtspannweite der mittleren absoluten Budgetabweichung (Nr. 1-5) in Euro	580.134 €	436.908 €	416.349 €	511.926 €	860.743 €
	Interquartilsabstand ( $Q_{0,75}-Q_{0,25}$ ) der mittleren absoluten Budgetabweichung (Nr. 1-5) in Euro	38.580 €	32.468 €	32.235 €	33.207 €	37.377 €
B	Prüfportfolio					
	Mittlere absolute Budgetabweichung in Prozent (Nr. 6-10)	13,26%	3,65%	2,32%	3,98%	2,70%
	Gesamtspannweite der mittleren absoluten Budgetabweichung (Nr. 6-10) in Euro	251.327 €	229.927 €	212.635 €	263.186 €	390.579 €
	Interquartilsabstand ( $Q_{0,75}-Q_{0,25}$ ) der mittleren absoluten Budgetabweichung (Nr. 6-10) in Euro	18.388 €	22.384 €	17.198 €	22.668 €	27.990 €
A/B	Untersuchungs- + Prüfportfolio					
	Mittlere absolute Budgetabweichung in Prozent (1-10)	8,80%	3,07%	2,36%	5,04%	6,87%
	Gesamtspannweite der mittleren absoluten Budgetabweichung (Nr. 1-10) in Euro	275.862 €	242.790 €	225.075 €	262.745 €	433.542 €
	Interquartilsabstand ( $Q_{0,75}-Q_{0,25}$ ) der mittleren absoluten Budgetabweichung (Nr. 1-10) in Euro	28.484 €	27.426 €	24.717 €	27.938 €	32.684 €

Auf Basis dieses Resultats kann davon ausgegangen werden, dass mit der Ausführungsvariante III die weitaus belastbarste und präziseste Budgetbestimmung möglich ist. Ihre Eigenschaft, die gebäudebezogenen Einzelbudgets in der Mehrheit deutlich genauer zu bestimmen, als alle anderen untersuchten Verfahrensvarianten, führt zu einer entscheidend erhöhten Robustheit. Diese kommt insbesondere bei der Budgetbestimmung abweichender Portfoliozusammensetzungen zum Tragen. Diese Aussage wird gestützt, da die Ausführungsvariante III auch für die Extremvergleichsportfolien überwiegend mittlerer und kleiner (Nr. 4 und 9) sowie mittlerer und großer Bauwerke (Nr. 5 und 10) im Gegensatz zu den anderen Verfahrensvarianten nur geringe mittlere Budgetabweichungen (Nr.4: 0,56%, Nr. 9: 2,10%, Nr.5: 2,37%, Nr.10: 3,55%) aufweist (vgl. Tabelle 6-5). Die Auswertung der Streuungsmaße der Spannweite sowie des Quartilsabstands bestätigt somit eindeutig die besondere Eignung der Verfahrensvariante III als bestmögliche Budgetierungsmethode.

Die in Tabelle 6-6 aufgeführten Streuungsmaße ermöglichen zudem eine weiterführende Bewertung der auffällig geringen Budgetabweichung von 2,70% der Verfahrensvariante V in Bezug auf das Prüfportfolio (Gruppe B). Während sich die Ergebnisse der Budgetkalkulation von Verfahrensvariante III (2,32%) und Variante V (2,70%) nur leicht unterscheiden, lassen sich bei Betrachtung der korrespondierenden Streuungsmaße signifikante Differenzen feststellen. So liegen die Werte der Gesamtspannweite<sup>160</sup> als auch des Quartilsabstands<sup>161</sup> der Verfahrensvariante III mit 212.635 € und 17.198 € deutlich unter denen der Variante V mit 390.579 € bzw. 27.990 €. Ungeachtet ihres guten Gesamtbudgetergebnisses, weist Variante V sogar die mit Abstand größten Streuungsmaße aller Verfahrensvarianten auf (vgl. Abbildung 6-3).

---

<sup>160</sup> Dargestellt in Form blauer Balken

<sup>161</sup> Dargestellt mittels grüner Punkte

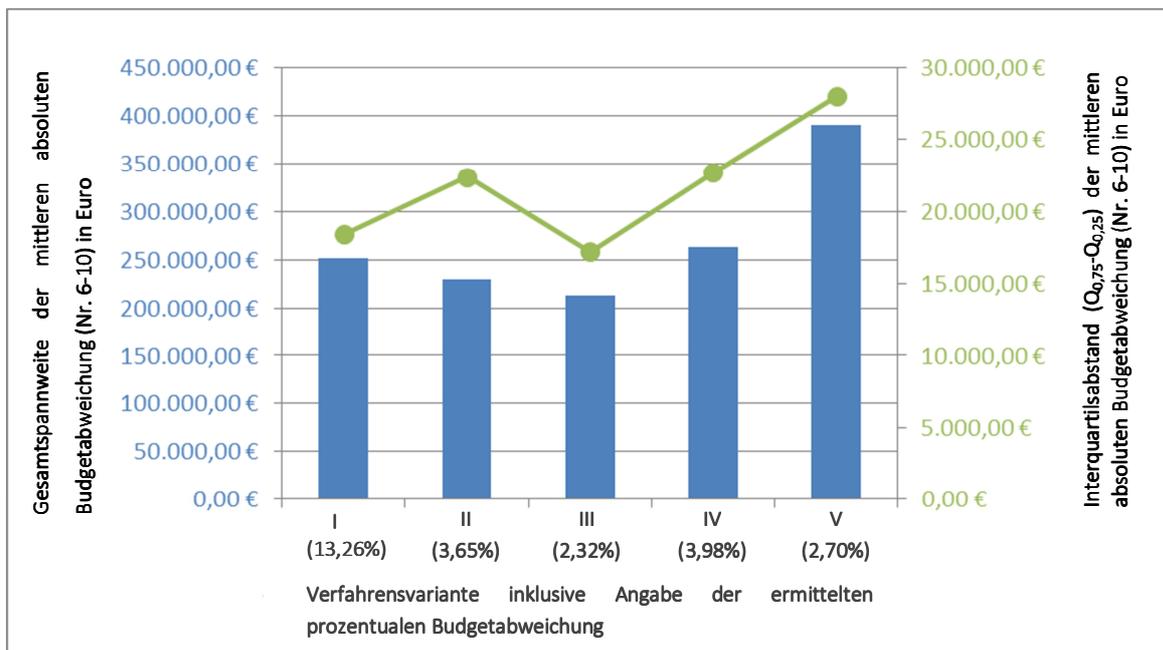


Abbildung 6-3: Streuungsmaße der Prüfportfolio Verfahrensvarianten

Der in Kapitel 5.5.3 beschriebene Verfälschungseffekt korrelierender Einflussvariablen, der sich unter anderem in Form deutlich erhöhter Einzelwertstreuungen bemerkbar macht, wird an dieser Stelle bestätigt. So bewirkt die doppelte Berücksichtigung wirkidentischer Zusammenhänge vielfach eine übermäßige Anhebung oder Reduktion der gebäudebezogenen Budgets, was zu einer deutlich erhöhten Differenz im Soll/Ist-Vergleich der entsprechenden Einzelbudgetwerte und folgerichtig zu einer signifikanten Anhebung der korrespondierenden Streuungsmaße führt. In der Regel resultiert die unpräzise Kalkulation der Einzelbudgets wiederum in einer nachhaltigen Verfälschung der Gesamtbudgetbestimmung. Hierbei spielt die Zusammensetzung des Portfolios eine entscheidende Rolle. Beinhaltet dieses eine Mehrheit an Immobilien, bei denen mehrere korrelierende Gewichtungsfaktoren mit kostenreduzierender Wirkung zum Einsatz kommen, wird das ermittelte Gesamtbudget der Logik folgend im Resultat eine deutliche Unterbudgetierung aufweisen. Setzt sich das Portfolio dagegen mehrheitlich aus Immobilien zusammen, deren Spezifika mit wirkidentischen, aufwandserhöhenden Gewichtungsfaktoren belegt sind, wird das Berechnungsergebnis weit oberhalb

des tatsächlich adäquaten Instandhaltungsaufwands liegen<sup>162</sup>. Im seltenen Fall der wirkbezogenen Ausgeglichenheit<sup>163</sup> einer Portfoliozusammensetzung neutralisieren sich die beschriebenen Doppelungseffekte. Die Kalkulation des Gesamtbudgets kann somit in Ausnahmefällen, ungeachtet der maßgeblich in ihrer Höhe verfälschten Einzelbudgetbestimmungen und der damit verbundenen großen Streuungsmaße, in Summe dennoch zu einem vergleichsweise präzisen Gesamtergebnis führen. Die geringe Budgetabweichung der Verfahrensvariante V von lediglich 2,70% stellt folglich eine der seltenen beschriebenen Ausnahmen dar. Bei Anwendung des Verfahrens auf ein andersgeartetes Portfolio, dessen wirkidentische Doppelungseffekte sich nicht ausgleichen, ist aufgrund der nachhaltig verfälschten Einzelbudgetbestimmung mit einem deutlich unpräziseren Gesamtergebnis zu rechnen.

### 6.3 Die NAKIGA - Budgetierungsmethode

Auf Basis der Analyseergebnisse der iterativen Budgetbestimmung (vgl. Tabelle 6-5) sowie der korrespondierenden Streuungsmaße (vgl. Tabelle 6-6 und Abbildung 6-3) hat sich die Kombination der nichtlinearen Kalkulationsbasis mit den Gewichtungsfaktoren der *Gebäudenutzungsart* und des *Gebäude- bzw. Anlagentalers* (Verfahrensvariante III) als die weitaus präziseste und belastbarste Kalkulationsmethode erwiesen.

Abgeleitet aus den Untersuchungsergebnissen, ist folgerichtig davon auszugehen, dass die Verfahrensvariante III, als **nichtlineare, analytische Kalkulationsmethode zur Instandhaltungsbudgetierung gebäudetechnischer Anlagen**, die beste Prognose der Instandhaltungsaufwendungen öffentlicher Immobilienportfolien ermöglicht. Für den vereinfachten Umgang in der Praxis bietet es sich an, analog bereits bestehender Kalkulationsmethoden, aus den Anfangsbuchstaben der Gesamtverfahrensbezeichnung mit „**NAKIGA**“ eine verwendungsfreundlichere Kurzform als endgültigen Titel der Verfahrensvariante III

---

<sup>162</sup> vgl. Untersuchungsportfolio Gruppe A in Tabelle 6-5

<sup>163</sup> Die aufwandserhöhenden und -reduzierenden Effekte halten sich die Waage.

abzuleiten. Die Struktur des neuen NAKIGA - Verfahrens setzt sich somit, wie nachfolgend dargestellt, aus der bereits in Kapitel 5.3 definierten Kalkulationsbasis sowie dem Korrekturfaktor, bestehend aus den zwei oben genannten Gewichtungsfaktoren zusammen:

$$B_{IH} = \sum_{i=1}^n WBW \cdot \left[ \frac{10,85 \cdot WBW_i^{-0,0955}}{100} \right] \cdot KF_{I,W,IS} \quad (6.1)$$

$B_{IH}$	Instandhaltungsbudget in Euro
$WBW$	Wiederbeschaffungswert in Euro
$KF$	Korrekturfaktor
$n$	Anzahl der Immobilien
$i$	Laufindex über die Immobilien
$I, W, IS$	Inspektion, Wartung, Instandsetzung nach DIN 31051

$$KF_{I,W,IS} = G_N \cdot G_A \quad (6.2)$$

$KF$	Korrekturfaktor
$I, W, IS$	Inspektion, Wartung, Instandsetzung nach DIN 31051
$G_N$	Gewichtungsfaktor für die Gebäudenutzung
$G_A$	Gewichtungsfaktor für das Gebäude- / Anlagenalter

Zur praktischen Anwendung der NAKIGA - Kalkulationsmethode bedarf es ferner der korrespondierenden Gewichtungsfaktoren der beiden Einflussparameter, deren Produkt den in Formel 6.2 definierten Korrekturfaktor ( $KF_{I,W,IS}$ ) bestimmt. Die dafür notwendigen Gewichtungsfaktoren werden in der nachfolgenden Tabelle 6-7 zur Übersicht aufgeführt.

Tabelle 6-7: Übersicht der NAKIGA - Gewichtungsfaktoren

Werte der Gewichtungsfaktoren		
Einfluss	Gewichtungsfaktoren	
Nutzung	<i>Gewichtungsfaktor <math>G_N</math></i>	<i>Faktor</i>
	<i>Instituts- / Lehrgebäude</i>	<i>0,80</i>
	<i>Büro- / Verwaltungsgebäude_01</i>	<i>1,39</i>
	<i>Büro- / Verwaltungsgebäude_02</i>	<i>1,60</i>
	<i>Forschungs- / Laborgebäude</i>	<i>0,90</i>
	<i>Schulgebäude</i>	<i>1,14</i>
	<i>Sportbauten</i>	<i>1,15</i>
	<i>Feuerwehrgebäude</i>	<i>1,21</i>
	<i>Kindertagesstätten</i>	<i>0,87</i>
	<i>Bibliotheken</i>	<i>0,95</i>
	<i>Stadthalle / Theater</i>	<i>1,84</i>
	<i>Mensa / Cafeteria</i>	<i>0,91</i>
	<i>Schwimmhalle</i>	<i>0,68</i>
Alter	<i>Gewichtungsfaktor <math>G_A</math></i>	<i>Faktor</i>
	<i>1-5 Jahre</i>	<i>0,49</i>
	<i>6-10 Jahre</i>	<i>1,19</i>
	<i>11-15 Jahre</i>	<i>1,12</i>
	<i>16-20 Jahre</i>	<i>0,81</i>
	<i>21-25 Jahre</i>	<i>2,05</i>
	<i>26-30 Jahre</i>	<i>1,41</i>
	<i>31 bis 35 Jahre</i>	<i>0,93</i>
	<i>36 bis 40 Jahre</i>	<i>1,17</i>

Mit der Berechnungsformel und den korrespondierenden Gewichtungsfaktoren stehen den Instandhaltungsverantwortlichen der öffentlichen Hand alle Informationen für eine erfolgreiche Budgetbestimmung zur Verfügung. Bei der Verfahrensanwendung gilt es jedoch zu beachten, dass die aufgeführten Gewichtungsfaktoren die im Rahmen der Untersuchung abgeleiteten aktuellen Kostenstrukturen widerspiegeln. Sollten sich diese zukünftig durch politische, wirtschaftliche oder sonstige Einflüsse erheblich ändern, empfiehlt sich eine Neubestimmung bzw. Anpassung der Faktoren.

## 6.4 Einordnung der NAKIGA - Budgetierung im Vergleich zu bestehenden Kalkulationsmethoden

Die Instandhaltungsverantwortlichen bedienen sich bislang verschiedener Methoden zur Budgetbestimmung großer Immobilienportfolien (vgl. [Bahr08] S.30-60]), die sich in Bezug auf ihren Ermittlungsaufwand, ihre Aussagekraft und ihre Belastbarkeit erheblich unterscheiden. Zur abschließenden Einordnung der NAKIGA - Budgetierung werden an dieser Stelle die relevanten Charakteristika der verschiedenen Verfahren zusammenfassend aufgeführt:

Tabelle 6-8: Verfahrensvergleich relevanter Charakteristika

Verfahrensvergleich				
Verfahrensart	Kalkulationsbasis	Berücksichtigung gebäudespezifischer Einflussfaktoren	Vorteile	Nachteile
Historienorientiert	Investition des vergangenen Jahres, die auf Basis der subjektiven Einschätzung des Verantwortlichen angepasst wird	Überwiegend abhängig vom Sachverstand und der Erfahrung des Verantwortlichen	Geringer kalkulatorischer Aufwand	Subjektiv und risikobehaftet, insbesondere bei fehlendem Sachverstand oder mangelnder Erfahrung des Budgetverantwortlichen
Kennzahlbasiert	Kennzahl z. B. in Form eines flächenbezogenen Kostenwerts	Nein, keine über die Fläche hinausgehenden Gebäudebezüge	Geringer kalkulatorischer Aufwand	Hoch risikobehaftet und nur zu geringem Maß belastbar
Wertbasiert	Prozentualer Anteil am Gebäudewert	Nein, keine über den Gebäudewert hinausgehenden Gebäudebezüge	Mäßiger kalkulatorischer Aufwand	Risikobehaftet und nur bedingt belastbar
Analytisch mit linearer Kalkulationsbasis	Kennzahl- oder wertbasierte Basis, ergänzt durch einen gebäudespezifischen Korrekturfaktor	Ja, je nach Verfahren werden verschiedene Einflüsse (z.B. Alter, Technikanteil etc.) berücksichtigt	Belastbareres Kalkulationsergebnis	Erhöhter kalkulatorischer Aufwand, Gefahr von Multikollinearität

Analytisch mit nichtlinearer Kalkulationsbasis	Wertbasierte Basis, ergänzt durch einen gebäudespezifischen Korrekturfaktor	Ja, in Form der Gebäudenutzungsart und des Gebäudealters	Maßgeblich belastbareres Kalkulationsergebnis durch verbesserte nichtlineare Kalkulationsbasis und Vermeidung von Multikollinearität	Erhöhter kalkulatorischer Aufwand
--	---	--	--	-----------------------------------

Im Vergleich zu den bestehenden Budgetierungsmethoden liegen die Stärken der NAKIGA – Budgetierungsmethode in der Einführung einer nichtlinearen Kalkulationsbasis, dem Ausschluss des Risikos interkorrelierender Einflussfaktoren und der hieraus resultierenden erhöhten Belastbarkeit des Budgetierungsergebnisses. Durch die Reduktion der Einflussfaktoren auf die maßgeblich relevanten Parameter wird zudem der kalkulatorische Aufwand zur angemessenen Budgetbemessung so gering wie möglich gehalten.

## 7 Zusammenfassung, Fazit und Ausblick

Die Instandhaltungsverantwortlichen der öffentlichen Hand stehen Jahr für Jahr vor der großen Herausforderung, die notwendigen monetären Investitionen in den Erhalt ihres Gebäudebestandes und den damit verbundenen technischen Anlagen adäquat zu prognostizieren. Ungeachtet der beträchtlichen Finanzmittel, die in der jüngeren Vergangenheit für die Instandhaltung aufgewendet wurden, leiden die öffentlichen Immobilienportfolien vielerorts unter einem immensen Instandhaltungsrückstau und einer rasant ansteigenden Schadensfolgekostenentwicklung. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass der Instandhaltung in der Vergangenheit nicht die gebührende Beachtung geschenkt wurde oder sich deren Mittelbereitstellung schlichtweg inkorrekt gestaltete. Häufig wurden die Investitionen in den Bestand in den vergangenen Jahren bzw. Jahrzehnten vernachlässigt. Dies ist nicht verwunderlich. Insbesondere aufgrund fehlender wissenschaftlich fundierter und belastbarer Budgetierungshilfen mit gebäudetechnischem Bezug gelingt es vielen Instandhaltungsverantwortlichen bis heute nicht, eine korrekte Bestimmung des adäquaten Instandhaltungsbudgets ihrer technischen Gebäudeausrüstungen durchzuführen und / oder dieses gegenüber den Budgetgebern wirkungsvoll durchzusetzen.

Die korrekte Budgetbestimmung und die Forderungsdurchsetzung der notwendigen Investitionen stellen für die Verantwortlichen ein hochbrisantes und risikobehaftetes Unterfangen dar. Das Budget darf weder zu hoch noch zu niedrig bestimmt werden, um gleichzeitig die öffentlichen Kassen zu schonen und den optimalen Werterhalt und Betrieb der Bestandsgebäude und ihrer Anlagen unter Vermeidung möglicher Folgeschädigungen zu gewährleisten. Als entscheidende Unterstützung der öffentlichen Instandhaltungsverantwortlichen, bot sich folgerichtig die Entwicklung einer Berechnungshilfe in Form eines wissenschaftlich fundierten und speziell auf die Instandhaltung gebäudetechnischer Anlagen ausgerichteten Budgetierungsverfahrens an.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde der beschriebene Handlungsbedarf aufgegriffen und mit der Entwicklung des NAKIGA - Budgetierungsverfahrens ein erster Beitrag zur weiteren Verbesserung der Instandhaltungsbudgetierung gebäudetechnischer Anlagen geleistet. In Anlehnung an den typischen Entwicklungsprozess analytischer Budgetierungsmethoden basiert das NAKIGA - Verfahren auf umfangreichen Realdatenanalysen empirischer Kostendaten. Unter Verwendung eines quantitativen Forschungsansatzes wurden zunächst bereits existierende Realdatenquellen auf ihre Eignung als potenzielle Forschungsgrundlage untersucht. Die eingehende Analyse der entsprechenden Datenbasen offenbarte eine vielfach mangelhafte Qualität und Quantität der erhältlichen Informationen, die unter anderem auf missverständliche Begriffsdefinitionen, uneinheitliche Erhebungsstandards, unklare Kostenabgrenzungen und mangelhafte Stichprobenspezifikationen zurückzuführen waren. Zudem verfügte keine der untersuchten Datenbasen über eine Überprüfung der ergebnisorientierten Angemessenheit der dokumentierten Instandhaltungsaufwendungen (vgl. Kapitel 3.3). Wenngleich mit der „Geislinger Konvention“ und der DIN 15221 bereits erste Schritte zur Vereinheitlichung entsprechender Datenerhebungen unternommen wurden (vgl. Kapitel 2.6.1), offenbarte die Analyse die Notwendigkeit einer kontinuierlichen Verbesserung der Standardisierung und Qualitätsorientierung der Erhebungsprozesse sowie der korrespondierenden Datenaufbereitung. Die beschriebenen Defizite der untersuchten Datenbanken bedingten eine umfassende, qualitativ hochwertige Realdatenneuerhebung, in deren Zuge es gelang, insgesamt 21 öffentliche Datenspender aus 11 verschiedenen Bundesländern zur Projektunterstützung zu gewinnen. Dank des Engagements der Institutionen konnten so insgesamt etwa 9.700 instandhaltungsrelevante Datensätze zu 136 öffentlichen Gebäuden in einer neu entwickelten und verifizierten Datenbasis integriert, geprüft und analysiert werden. Aus statistischer Sicht wäre im Rahmen der vorliegenden Arbeit eine größere Datenmenge wegen ihrer vergleichsweise höheren Aussagekraft bezüglich statistischer Signifikanzen und ihrer geringeren Anfälligkeit gegenüber Extremwerten wünschenswert gewesen. Ungeachtet größter Anstrengungen war dies jedoch nicht zu realisieren. Dennoch stellt die Datengrundlage eine wertvolle Forschungsbasis

dar, die aufgrund ihrer hohen Datenqualität und des berücksichtigten Instandhaltungsdefizits eine unvergleichliche Eignung zur angestrebten gebäudetechnikspezifischen Verfahrensentwicklung beinhaltet. Es gilt auch zukünftig, die Verfügbarkeit, Quantität und Qualität instandhaltungsbezogener Informationen weiter entscheidend zu steigern. Dies trifft nicht nur auf die bereits beschriebenen Datenbanken professioneller Anbieter, sondern insbesondere auch auf das Datenmanagement öffentlicher Verwaltungen und großer privater Immobilieneigentümer zu. So konnten im Rahmen der Datenspenderansprache und der darauffolgenden Datenerhebung große Unterschiede in der Qualität und Quantität der verfügbaren Instandhaltungsinformationen festgestellt werden. Die vergleichsweise geringe Gesamtspenderanzahl ist auch darauf zurückzuführen, dass die Mehrzahl der kontaktierten öffentlichen Institutionen die geforderte Qualität der notwendigen Kostendaten nicht bereitstellen konnte. Ein zukünftig angemessener Umgang mit dem öffentlichen Gebäudebestand in Form eines professionalisierten Instandhaltungsmanagements verlangt demnach eine stetige Verbesserung der Datenverfügbarkeit und Datenpflege.

Zur Identifikation der relevanten Einflussgrößen auf die Instandhaltung der gebäudetechnischen Anlagen wurden die Daten umfangreichen Korrelations- und Clusteranalysen unterzogen. Hierbei konnte die nichtlineare Wechselbeziehung zwischen dem Wiederbeschaffungswert als Berechnungsgrundlage und dem Bemessungsparameter als Maß der durchschnittlichen Instandhaltungsbelastung aufgezeigt werden. In der Kalkulationsbasis des NAKIGA - Budgetierungsverfahrens wurde daher erstmals ein nichtlinearer Bemessungsparameter in Form einer Potenzfunktion anstelle des bislang verwendeten konstanten Prozentsatzes verankert. Der Aufwand der Budgetbestimmung ändert sich hierdurch nur unwesentlich, ermöglicht es aber, die durchschnittliche Instandhaltungsbelastung präziser abzubilden. Wenngleich die nichtlineare Wechselbeziehung mit weiteren Untersuchungen zu verifizieren ist, bedingt sie unweigerlich die Notwendigkeit einer kritischen Auseinandersetzung mit dem bisherigen Aufbau analytischer Verfahren.

Ein Risiko der analytischen Kalkulationsmethode liegt in der Berücksichtigung mehrere nahezu wirkidentischer Einflussgrößen in Form korrelierender Gewichtungsfaktoren. Je höher die Wechselbeziehung bzw. die Korrelation zweier Variablen ausfällt, desto signifikanter beeinflussen sie die Streuung der Prognosewerte und folglich auch die Gesamtprognosegüte des Verfahrens. Der Korrekturfaktor im analytischen Budgetierungsverfahren, gebildet aus dem Produkt entsprechender Gewichtungsfaktoren, wird hierdurch in seiner Wirkweise im Positiven wie im Negativen irrtümlich überhöht. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden Interkorrelationen zwischen verschiedenen Einflussvariablen ermittelt und deren verfälschende Wirkung auf das Prognoseergebnis nachgewiesen. Bei der Identifikation geeigneter Einflussvariablen im analytischen Verfahren ist es somit von größter Bedeutung, neben der Instandhaltungsrelevanz insbesondere die interfaktorielle Unabhängigkeit der integrierten Einflussgrößen sicher zu stellen. Unter Berücksichtigung dieser Prämisse schränkt sich die Anzahl geeigneter Parameter stark ein. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden die in der Literatur aufgeführten potenziellen Einflussgrößen auf Basis der entsprechenden Untersuchungen auf zwei Variablen reduziert. Demnach liefert das NAKIGA - Verfahren als Kombination der nichtlinearen Kalkulationsbasis in Verbindung mit den Einflussgrößen der *Gebäudenutzungsart* und des *Gebäude- bzw. Anlagenalters* das beste Prognoseresultat.

Wenngleich das positive Ergebnis und die Verifizierung durch insgesamt 10 Vergleichsportfolien auf eine grundsätzliche Verfahrenseignung zur Anwendung auch auf weitere Realportfolien hinweist, muss die allgemeine Übertragbarkeit der NAKIGA - Kalkulationsmethode zunächst in Form weiterer wissenschaftlicher Untersuchungen geprüft werden. Diese Notwendigkeit gilt gleichermaßen für die im Rahmen der Forschungsarbeit abgeleitete Berechnungsbasis sowie die korrespondierenden Gewichtungsfaktoren. So bedarf es zukünftig einer sukzessiven Erweiterung der im Rahmen des Forschungsprojekts erstellten Realdatenbasis mittels neuer repräsentativer Datensätze<sup>164</sup>, um auf diesem Wege die Belastbarkeit der Kalkulationsmethode zu prüfen, zu

---

<sup>164</sup> Auf Basis weiterer Neuerhebungen oder verbesserter Bestandsdatenquellen (vgl. Kapitel 3.2)

bestätigen oder gar weiter zu steigern. Eine zukünftige Fortschreibung der Datenbankinhalte stellt zudem die Berücksichtigung potenzieller Veränderungen in der Instandhaltungspraxis bzw. der Instandhaltungskostenstruktur sicher. Verändern sich die Kostenstrukturen erheblich, beispielsweise durch politische, wirtschaftliche, marktspezifische oder sonstige Einflüsse, empfiehlt es sich dringend, die Kalkulationsbasis sowie die Gewichtungsfaktoren des Verfahrens zu überprüfen und, sofern notwendig, neu zu bestimmen. Jegliche Neubestimmung sollte gleichwohl ausschließlich unter Berücksichtigung des festgestellten Instandhaltungsdefizits stattfinden, um eine verfahrensimmanente Fehlfunktion der Berechnungsmethode auszuschließen<sup>165</sup>.

Wie in Kapitel 5.1 beschrieben, wurde, aufbauend auf der Forschungshistorie des Instituts, der Wiederbeschaffungswert als Berechnungsgrundlage zur Instandhaltungsbemessung herangezogen. Die Verwendung einer alternativen Berechnungsgrundlage wie z. B. der Gebäudefläche (in m<sup>2</sup> BGF) wäre denkbar. Der korrespondierende Korrelationskoeffizient der Fläche und der ermittelten empirischen Instandhaltungsaufwendungen liegt mit 0,844 leicht über dem des Wiederbeschaffungswerts von 0,819. Erste überschlägige Berechnungen im Rahmen dieser Arbeit weisen jedoch darauf hin, dass die Verwendung der Gebäudefläche als Berechnungsgrundlage kein deutlich präziseres Budgetierungsergebnis als die Verwendung des Wiederbeschaffungswerts erwarten lässt. Vielmehr weisen beide Größen verfahrensimmanente Vor- und Nachteile auf, die sich in der Gesamtschau weitestgehend ausgleichen. Dennoch könnte eine vertiefte Untersuchung alternativer Berechnungsgrundlagen (z. B. Bruttogrundfläche BGF, Nutzfläche NF, Brutto-rauminhalt BRI o. Ä.) sinnvoll sein, um die Verfahrensdurchführung zukünftig weiter zu erleichtern. Dies setzt voraus, dass die alternative Berechnungsgrundlage mindestens eine identische oder gar verbesserte Prognosegüte gewährleistet. Die Ergebnisse in Bezug auf die Wirksamkeit und Unabhängigkeit der geeigneten Einflussgrößen auf die Instandhaltung sollten unabhängig von der verwendeten Berechnungsgrundlage weiterhin ihre Gültigkeit besitzen.

---

<sup>165</sup> vgl. Kapitel 4.4.4

Über die Untersuchungsergebnisse hinaus sieht der Autor weiteren Forschungsbedarf in der Identifikation geeigneter Instandhaltungsstrategiemixe im Sinne eines wirtschaftlichen Betriebs und bestmöglichen Erhalts der gebäudetechnischen Anlagen. In diesem Zusammenhang wäre der mutmaßlich positive Effekt regelmäßiger Wartungs- und Inspektionsmaßnahmen auf die Höhe der notwendigen Instandsetzungskosten der Gebäudetechnik ein interessanter, abschließend zu klärender Forschungsaspekt. In Anbetracht der unüberschaubar großen Anzahl technischer und gesetzlicher Regelwerke und Normen stellt ferner die systematische Erarbeitung einer einheitlichen Handlungsempfehlung zur Instandhaltung gebäudetechnischer Anlagen einen weiteren wichtigen Schritt zur Professionalisierung des ganzheitlichen Immobilienmanagements dar.

Abschließend bleibt darauf hinzuweisen, dass das neue NAKIGA - Verfahren einen durchschnittlichen, gebrauchstauglichen Instandhaltungszustand der Gebäudetechnik<sup>166</sup>, einen praxistypischen Strategiemix sowie eine markttypische Instandhaltungsqualität voraussetzt und ausschließlich für die Anwendung auf große Immobilienportfolien entwickelt wurde. Da die Funktionsweise des Berechnungsverfahrens im Grundsatz auf Durchschnittswerten basiert, kann die gebäudebezogene Einzelbudgetbestimmung, aufgrund extremwertbasierter Effekte, in seltenen Fällen vom tatsächlich adäquaten Budget abweichen. Eine Verfahrensanwendung zur Einzelbudgetbestimmung ist demnach nicht zielführend. Der Verfälschungseffekt sinkt jedoch bei steigender Portfoliengröße stetig, da sich die anteilige Wirkung einzelner Ausreißer reduziert und sich etwaige positive wie negative Extremwerte ausgleichen.

---

<sup>166</sup> Sollte bei Einführung des Verfahrens ein Instandhaltungsrückstau Bestand haben, muss dieser monetär separat berücksichtigt und baldmöglichst beseitigt werden.

# Literaturverzeichnis

- [ADAM89] ADAM, Sarwat: Optimierung der Anlageninstandhaltung, Verfügbarkeitsanforderung, Ausfallfolgekosten und Ausfallverhalten als Bestimmungsgrößen wirtschaftlich sinnvoller Instandhaltungsstrategien. Berlin : Erich Schmidt Verlag, 1989
- [AGI08] Richtlinie AGI W5: *Kennzahlen für Technikkosten und Investitionen während der Nutzungsphase von Büro- und Laborgebäuden*. Arbeitsgemeinschaft Industriebau e.V. (AGI); Merching : FORUM Zeitschriften- und Spezialmedien GmbH, 2008
- [Alca00] ALCALDE RASCH, Alejandro: Erfolgspotential Instandhaltung: Theoretische Untersuchung und Entwurf eines ganzheitlichen Instandhaltungsmanagements. Berlin : Erich Schmidt Verlag, 2000
- [AMEV06] Richtlinie AMEV: *Wartung, Inspektion und damit verbundene kleine Instandsetzungsarbeiten von technischen Anlagen und Einrichtungen in öffentlichen Gebäuden : Wartung 2006*. Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen; Berlin : AMEV, 2006
- [AMEV11] Richtlinie AMEV (Entwurf): *TGA-Kosten Betreiben 2011 – Ermittlung der Kosten für das Betreiben von technischen Anlagen in öffentlichen Gebäuden*. Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen; Berlin : AMEV, 2010
- [Arre12] ARRENBURG, Jutta: *Wirtschaftsstatistik - Skript zur Vorlesung*. Fakultät für Wirtschaftswissenschaften; Köln : Fachhochschule Köln, 2012
- [Back61] BACKHAUS, Otto: Kosten der Instandhaltung bei Wohnungsbauten; Gutachten erstattet im Auftrag des Gesamtverbandes gemeinnütziger Wohnungsunternehmen e. V Köln. , Hamburg: Hammonia-Verlag GmbH, 1961
- [Bahr08] BAHR, Carolin: *Realdatenanalyse zum Instandhaltungsaufwand öffentlicher Hochbauten : Ein Beitrag zur Budgetierung*; Doktorarbeit an der Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften der Universität Karlsruhe (TH), veröffentlicht in der Karlsruher Reihe Bauwirtschaft, Immobilien und Facility Management – Band 2, Hrsg. Prof. Dr.-Ing. Dipl. Wi.-Ing. Kunibert Lennerts : Karlsruhe, 2008
- [BaLe09] BAHR, Carolin; Lennerts, Kunibert: *Berechnung der Instandhaltungsaufwendungen von Altbauten*. In: Tagungsband Facility Management Messe und Kongress Frankfurt (MESADO), Berlin : Offenbach, VDE Verlag GmbH, 2009
- [BBSR11] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen: Struktur der Bestandsinvestitionen; BBSR-Berichte KOMPAKT 12/2011, Bonn : Bundesamt für Raumordnung (BBR), 2011
- [Behr94] BEHRENBECK, Klaus: *DV-Einsatz in der Instandhaltung: Erfolgsfaktoren und betriebswirtschaftliche Gesamtkonzeption*. Wiesbaden : Deutscher Universitätsverlag, 1994

- [BEPW11] BACKHAUS, Klaus; ERICHSON, Bernd; PLINKE, Wulff; WEIBER, Rolf: *Multivariate Analysemethoden – Eine anwendungsorientierte Einführung*. 13. Überarbeitete Auflage, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 2011
- [BHKS08] Bundesindustrieverband Heizungs-, Klima-, Sanitärtechnik/Technische Gebäudesysteme e. V.: *Die Deutsche Bauwirtschaft 1998-2007*. Bonn, 2008
- [Bied85] BIEDERMANN, Hubert: *Erfolgsorientierte Instandhaltung durch Kennzahlen : Führungsinstrument für die Instandhaltung*. Köln : Verlag TÜV Rheinland, 1985
- [Bieh05] BIEHLIG, Carsten: *Haustechnik : für Verwalter, Vermieter und Makler*. München : Haufe, 2005
- [BKI10] BAUKOSTENINFORMATIONSZENTRUM: *BKI Objektdaten – NK1 Nutzungskosten von Bestandsimmobilien*. Stuttgart : BKI, 2010
- [BKI11] BAUKOSTENINFORMATIONSZENTRUM: *BKI Objektdaten – NK2 Nutzungskosten von Bestandsimmobilien*. Stuttgart : BKI, 2011
- [BKI12a] BAUKOSTENINFORMATIONSZENTRUM: *BKI Objektdaten – NK3 Nutzungskosten von Bestandsimmobilien – Sonderausgabe Kindertagesstätten*. Stuttgart : BKI, 2012
- [BKI12b] BAUKOSTENINFORMATIONSZENTRUM: *BKI Objektdaten – NK4 Nutzungskosten von Bestandsimmobilien*. Stuttgart : BKI, 2012
- [BKI12c] BAUKOSTENINFORMATIONSZENTRUM: *BKI Objektdaten – G3 Technische Gebäudeausrüstung*. Stuttgart : BKI, 2012
- [BKI12d] BAUKOSTENINFORMATIONSZENTRUM: *BKI Baukosten Gebäude 2012 – Statistische Kostenkennwerte für Gebäude*. Stuttgart : BKI, 2012
- [BKMU08] BÖDEKER, Klaus; KINDERMANN, Robert; MATZ, Friedhelm; UHLIG, Hans-Peter: *Wiederholungsprüfungen nach DIN VDE 0105 : elektrische Gebäudeinstallationen und ihre Betriebsmittel*. 2., neu bearbeitete und erweiterte Auflage München ; Heidelberg : Hüthig & Pflaum, 2008
- [BMBa89] Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau – BMBau, Bonn (Spon.); GEWOS Institut für Stadt-, Regional- und Wohnforschung GmbH: *Optimierung von Investitions- und Instandhaltungskosten*, Stuttgart : IRB Verlag, 1989
- [BoBL13] BOSSMANN, Jens, BAHR, Carolin, LENNERTS, Kunibert: *Kosten- und Personalbedarf für das Betreiben von technischen Anlagen*, Abschlussbericht Forschungsinitiative „Zukunft Bau“, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), August 2013
- [BoDo03] BORTZ, Jürgen; DÖRING, Nicola: *Forschungsmethoden und Evaluation für Human und Sozialwissenschaftler*, 3., überarbeitete Auflage, Berlin, Hamburg, New York : Springer Verlag, 2003
- [BoRa11] BOSSMANN, Jens, RAPP, Erich, LENNERTS, Kunibert: *Instandhaltungsbudgetierung von Sakralgebäude*. In: Tagungsband Facility Management Messe und Kongress Frankfurt (MESAGO), Berlin : Offenbach, VDE Verlag GmbH, 2011, Seite 289-300
- [BSV02] Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV): *Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes*. Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, 2002

- [Buer04] BÜRCEL-GOODWIN, Ebba: Vergleichende Studie zur Erneuerung, Unterhalt und Betrieb von Bestandsgebäuden auf Bauteilebene, Diplomarbeit an der Universität Karlsruhe (TH), Fakultät für Architektur, Institut für industrielle Bauproduktion, 2004
- [Buri73] BURIANEK, Peter: *Folgekosten bei Gebäuden*, Dissertation an der technischen Universität München, Fakultät für Bauwesen, 1973
- [ChPr95] CHATTERJEE, S.; PRICE, B.: *Praxis der Regressionsanalyse*. Lehr- und Handbücher der Statistik, 2. Auflage. München, Wien : R. Oldenbourg Verlag, 1995
- [CoMa80] COHEN, L.; MANION, L.: *Research Methods in Education*. London : Croom Helm, 1980
- [Dest13] DESTATIS: *Zensus 2011 : Ausgewählte Ergebnisse*, Tabellenband zur Pressekonferenz am 31.05.2013 in Berlin, Wiesbaden : Statistisches Bundesamt, 2013
- [Dest14] DESTATIS: *Inlandsproduktberechnung, Detaillierte Jahresergebnisse 2013*, Fachserie 18 Reihe 1.4, Wiesbaden : Statistisches Bundesamt, erschienen am 05. März 2014
- [Died78] DIEDERICHS, Claus, Jürgen: Kostenstrukturen und Kosteneinflussfaktoren im Hochbau, in: *DBZ Forschung und Praxis*, Ausgabe 11/78, 1978, Seiten 1575-1583
- [Dilg91] DILGER, Frank: Budgetierung als Führungsinstrument : Budgetierungselemente und ihre spezifischen Anwendungsgebiete, Köln : Müller Botemann Verlag, 1991
- [DIN 276] NORM DIN 276-1:2008-12: *Kosten im Bauwesen – Teil 1: Hochbau*. Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin : Beuth, 2008
- [DIN 277] NORM DIN 277-3:2005-04: *Grundflächen und Rauminhalte von Bauwerken im Hochbau*. Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin : Beuth, 2008
- [DIN13269] Norm DIN EN 13269:2006: *Instandhaltung : Anleitung zur Erstellung von Instandhaltungsverträgen*. Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin : Beuth, 2006
- [DIN13306] NORM DIN EN 13306:2010: *Instandhaltung : Begriffe der Instandhaltung*. Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin : Beuth, 2010
- [DIN15221] NORM DIN EN 15221-7:2013-0: Facility Management – Teil 7: Leitlinien für das Leistungs-Benchmarking; Deutsche Fassung EN 15221-7:2012 : Berlin : Beuth, 2013
- [DIN15331] NORM DIN EN 15331:2005 (Vornorm): *Kriterien für Entwicklung, Leitung und Überwachung von Instandhaltungsdienstleistungen von Gebäuden*. Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin : Beuth, 2005
- [DIN15341] NORM DIN EN 15341:2007: *Instandhaltung : Wesentliche Leistungskennzahlen für die Instandhaltung*. Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin : Beuth, 2007
- [DIN18960] NORM DIN 18960:2008-02: *Nutzungskosten im Hochbau*. Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin : Beuth, 2008
- [DIN31051] NORM DIN 31051:2012-09: *Grundlagen der Instandhaltung*. Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin : Beuth, 2012
- [DIN45020] NORM DIN EN 45020:2007-03: *Normung und damit zusammenhängende Tätigkeiten – Allgemeine Begriffe (ISO/IEC Guide 2:2004); Dreisprachige Fassung*. Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin : Beuth, 2007

- [DIN60300] Norm DIN EN 60300-3-14:2004: *Zuverlässigkeitsmanagement, Anwendungsleitfaden Instandhaltung und Instandhaltungsunterstützung*. Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin : Beuth, 2004
- [Enge03] ENGELS-LINDEMANN, Marcus: *Optimierung von Programm- und Budgetentscheidungen der betrieblichen Instandhaltung*. Heimsheim, Universität Stuttgart, Dissertation : Jost-Jetter, 2003
- [ERS11] EICK, Christoph; REICHEL, Jens; SCHMIDT, Paul: *Instandhaltung des Kapitalstocks in Deutschland – Rolle und volkswirtschaftliche Bedeutung*. Frankfurt am Main : VDI, 2011
- [Fuec70] FÜCHSLE, Gerhard: *Planung von Verwaltungsgebäuden*. Dissertation an der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, 1970
- [Gabl09] GABLER *Wirtschaftslexikon: Die ganze Welt der Wirtschaft : Betriebswirtschaft, Volkswirtschaft, Wirtschaftsrecht, Recht und Steuern*. Wiesbaden : Gabler Verlag, 2009
- [GEFMA108] Richtlinie GEFMA 108:1998-04 (Entwurf): *Betrieb-Instandhaltung-Unterhalt von Gebäuden und gebäudetechnischen Anlagen : Begriffsbestimmungen*. GEFMA e. V. Deutscher Verband für Facility Management; 1998
- [GEFMA122] Richtlinie GEFMA 122:1996-12 (Entwurf): *Betriebsführung von Gebäuden, gebäudetechnischen Anlagen*. GEFMA e. V. Deutscher Verband für Facility Management; 1996
- [GEFMA190] Richtlinie GEFMA 190:2004-01: *Betreiberverantwortung im Facility Management*. GEFMA e. V. Deutscher Verband für Facility Management; 2004
- [GEFMA220] Richtlinie GEFMA 220-2:2010-09 (Entwurf): *Lebenszykluskosten-Ermittlung im FM – Anwendungsbeispiel*. GEFMA e. V. Deutscher Verband für Facility Management; 2004
- [GeHo91] GEIBEL, Wilfried; HOFMANN, Peter et al.: *Instandhaltungsmethoden und -systeme an Ventilatoren und Verdichtern*. Ehningen bei Böblingen : expert-Verlag, 1991
- [Gerd12] GERDES, Gina: *FM.Benchmarking Bericht 2011/12 : Die Technik und ihr Betrieb sind teurer geworden*. Immobilien Zeitung (IZ) – Nr. 19, Mai 2012
- [Grün72] GRÜNEIS, Horst: *Investitions- und Folgekosten von Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen*. Dissertation an der Fakultät für Bauwesen der Technischen Braunschweig : Hochschule Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, 1972
- [Hamp86] HAMPE, Karl-Heinz: *Vergleich des Einflusses unterschiedlicher Konstruktionen, Baustoffe und Ausstattungen bei sonst gleichen Gebäuden auf die Herstellungs- und Baunutzungskosten, im Auftrag des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, bearbeitet am Institut für Bauforschung e. V., Stuttgart : IRB Verlag, 1986*
- [Hard10] HARDKOP, Guido: *Methodenentwicklung zur Spezifizierung der kalkulatorischen Lebensdaueransätze Gebäudetechnischer Komponenten : Entwicklung einer Methodik zur Berücksichtigung elementarer Einflussgrößen auf die technische Lebensdauer von gebäudetechnischen Komponenten als Instrument zur Optimierung der Kalkulation und Planung der Lebenszykluskosten*; Doktorarbeit an der RWTH Aachen, Aachen : Shaker Verlag, 2010

- [Heck80] HECK, Karlheinz: *Bestimmungsfaktoren und Struktur des Prozesses der Planung der Instandhaltungskosten*. Dissertation an der Universität Dortmund, Dortmund : Abteilung Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, 1980
- [HeKI04] HENNING, P und KLAPPROTH, T.: *Integration der Wartung und Instandhaltung von Gebäuden in der Planungsphase*. In: Facility Management, 2004
- [Hell06] HELLERFORTH, Michaela: *Handbuch Facility Management für Immobilienunternehmen*. Berlin ; Heidelberg [u.a.] : Springer, 2006
- [Hoel91] HÖLZGEN, Michael: *Erhaltungskosten von Brücken – ein Strategiemodell und ein Verfahren zur Berechnung der Kosten auf der Grundlage einer objektbezogenen Bedarfsermittlung*. Dissertation an der TH Darmstadt, Fortschrittsberichte VDI Reihe 4, Nr. 101, Düsseldorf : VDI-Verlag, 1991
- [Homa98] HOMANN, Klaus: *Instandhaltungsmanagement von Gebäuden*. In: *Handbuch Corporate Real Estate Management*; S. 309-344. Hrsg.: Schulte, Karl-Werner; Schäfers, Wolfgang. Köln: Rudolf Müller, 1998
- [IfB01] Institut für Bauforschung e. V.: *Bauunterhaltungskosten beanspruchter Bauteile in Abhängigkeit von Baustoffen und Baukonstruktionen*; Forschungsbericht, Hannover, 2001
- [IFMA04] International Facility Management Association: *Benchmarking Report*. Berlin : IFMA Deutschland e. V. 2004
- [IFMA05] International Facility Management Association: *Benchmarking Report*. Berlin : IFMA Deutschland e. V. 2005
- [JaLa13] JANSSEN, J.; LAATZ, W.: „Statistische Datenanalyse mit SPSS : Eine anwendungsorientierte Einführung in das Basissystem und das Modul exakte Tests“. 8. Auflage, Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2013
- [Jehl89] JEHLE, Peter: *Ein Instandhaltungsmodell für Hochbauten*. Dissertation, Universität – Gesamthochschule Essen, Essen : Fachbereich Bauwesen, 1989
- [JLLS11] JONES LANG LASALLE: *OSCAR – Büronebenkostenanalyse*. Frankfurt : Jones Lang LaSalle, 2011
- [JLLS12] JONES LANG LASALLE: *OSCAR – Büronebenkostenanalyse*. Frankfurt : Jones Lang LaSalle, 2012
- [Kalu04] KALUSCHE, Wolfdietrich: *Technische Lebensdauer von Bauteilen und wirtschaftliche Nutzungsdauer eines Gebäudes*; in: Held, Hans; Marti, Peter (Hrsg.): *Bauen, Bewirtschaften, Erneuern – Gedanken zur Gestaltung der Infrastruktur* : Festschrift zum 60. Geburtstag von Prof. Dr. Hans-Rudolf Schalcher. Zürich : vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich, 2004, p. 55-71
- [Kalu91] KALUSCHE, Wolfdietrich: *Gebäudeplanung und Betrieb : Einfluss der Gebäudeplanung auf die Wirtschaftlichkeit von Betrieben*. Berlin : Springer Verlag, 1991
- [KaOe03] KALUSCHE, Wolfdietrich; OELSNER, Uta: *Instandhaltung von Gebäuden und ihre Finanzierung*. In: *Forum der Forschung – Heft 16*, Hrsg. BTU Cottbus, 2003
- [Kell95] KELLER, S.: *Baukostenplanung für Architekten, Norm und praxisgerechte Kostenermittlung nach DIN 276 : Kalkulation und Finanzierung*. 2 überarbeitete Auflage; Wiesbaden : Bauverlag, 1996

- [KGSt09] Kommunale Gemeinschaftsstelle für Verwaltungsmanagement (KGSt): *Instandhaltung kommunaler Gebäude. Budgets ermitteln und Aufwand für Folgejahre planen (B 7)*, Verband für kommunales Management, 2009
- [Klin07] KLINGENBERGER, Jörg: *Ein Beitrag zur systematischen Instandhaltung von Gebäuden*. Darmstadt, Technische Universität, Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie, Dissertation 2007
- [KOEHO2] KRIMMLING, Jörn; OELSCHLEGEL, Joachim; HÖSCHELE, Viktor: *Technisches Gebäudemanagement : Instrumente zur Kostensenkung in Unternehmen und Behörden*. Renningen : Expert, 2002
- [KöSc88] KÖNIG, Herbert; SCHNOOR, Carsten: *Bestandserhaltung von Hochschulgebäuden : Untersuchung zu den Rechtsgrundlagen, den Einflussgrößen und dem zukünftigen Mittelbedarf*. Hochschulplanung, Band 66, Hannover : Hochschul-Informationssystem GmbH, 1988
- [KREIS13] KUCKARTZ, Udo; RÄDIKER, Stefan; EBERT, Thomas; SCHEHL, Julia: *Statistik : eine verständliche Einführung*. 2., überarbeitete Auflage, Wiesbaden : Springer Fachmedien, 2013
- [Krim05] KRIMMLING, Jörn: *Facility Management : Strukturen und methodische Instrumente*. Stuttgart : Fraunhofer Irb Stuttgart, 2005
- [KSS06] KUHN, Axel., SCHUH, Günter und STAHL, Beate: *Nachhaltige Instandhaltung – Trends, Potenziale und Handlungsfelder Nachhaltiger Instandhaltung*. Frankfurt am Main : VDMA Verlag, 2006
- [Lang06] LANG, Willibald: *Fristgemäßes Prüfen und Warten von elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln : Organisationshilfen für ein optimales Sicherheits- und Instandhaltungsmanagement*. München ; Heidelberg : Hüthig & Pflaum, 2006
- [Mark06] MARKMANN, Sven: *Evaluierung der Schulbauförderrichtlinien der einzelnen Bundesländer und Erarbeitung einer Fördermethode, welche die öffentliche Hand in einer lebenszyklusorientierten und optimierten Instandhaltung von Schulgebäuden unterstützt*. Diplomarbeit am Institut für Technologie und Management im Baubetrieb, Abteilung Facility Management, Karlsruhe, 2006
- [MBO08] Richtlinie MBO: Musterbauordnung. Fassung November 2002, zuletzt geändert durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom Oktober 2008
- [MeFr04] MEIßNER, Jörg-D.; FREIDANK, Carl-Christian: *Statistik verstehen und sinnvoll nutzen – Anwendungsorientierte Einführung für Wirtschaftler*. München, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2004
- [MHHR08] Richtlinie MHHR: *Muster-Richtlinie über den Bau und Betrieb von Hochhäusern - Muster-Hochhaus-Richtlinie*, Fachkommission Bauaufsicht, Fassung April 2008
- [Nabe02] NABER, Sabine: *Planung unter Berücksichtigung der Baunutzungskosten als Aufgabe des Architekten im Feld des Facility Management*, Peter Land GmbH, Frankfurt : Europäischer Verlag der Wissenschaften, 2002
- [OsPa03] OSWALD, Rainer; PALAND, Silke: *Systematische Instandsetzung und Modernisierung im Wohnungsbestand*. Stuttgart, AIBau – Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik GmbH, Aachen : Fraunhofer-IRB-Verlag, 2003

- [Peit80] PEITZ, F.: Kostenplanung und Budgetierung von Instandhaltungskosten, In: VDI-Berichte 380: Praxisorientierte Instandhaltung, Essen : VDI Verlag, 1980
- [PfbL07] PRÜNDER, Uwe; BAHR, Carolin; LENNERTS, Kunibert: *"Lebenszyklusorientierte Strategie zur Instandhaltung öffentlicher Immobilien - Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt BEWIS"*. In: Tagungsband Facility Management Messe und Kongress 2007; Berlin, Offenbach : VDE Verlag GmbH, 2007
- [Pfru10] PFRÜNDER, Uwe: *Empiriegestützte, lebenszyklusorientierte Instandhaltungsstrategien für Immobilien der öffentlichen Hand*, Doktorarbeit an der Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften der Universität Karlsruhe (TH): Karlsruhe, 2010
- [Real08] RealisBench: Immobilien Benchmarking für die öffentliche Hand 2008 – Ergebnisbericht Teil 2: Ergebnisse auf Teilnehmerebene, Sparkasse Finanzgruppe / Bayern FM, 2008
- [Rein06] REINBOTH, Christian: *Multivariate Analyseverfahren in der Marktforschung*. Skript zur Vertieferrichtung Marktforschung, Hochschule Harz – Fachbereich Wirtschaftswissenschaften, Morrisville : LuLu-Verlagsgruppe, 2006.
- [RICS05] Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS): Building Maintenance Information (BMI): Review of Maintenance Costs. Serial 341 BMI Special Report; London : RICS, 2005
- [Rieg04] RIEGEL, Gert: Ein softwaregestütztes Berechnungsverfahren zur Prognose und Beurteilung der Nutzungskosten von Bürogebäuden. Dissertation im Fachbereich Bauingenieurwesen und Geodäsie der Technischen Universität Darmstadt, Darmstadt, 2004
- [RMM09] REICHEL, Jens; MÜLLER, Gerhard; MANDELARTZ, Johannes (Hrsg.): *Betriebliche Instandhaltung*. Berlin ; Heidelberg : Springer, 2009
- [Roet01] RÖTZEL, Adolf: *Instandhaltung : Eine betriebliche Herausforderung*. 2. Auflage Berlin ; Offenbach : VDE Verlag, 2001
- [Rote11] ROTERMUND, Uwe: FM Benchmarking Bericht 2010/2011. Höxter : Prof. Uwe Rotermund Ingenieurgesellschaft mbH & Co. KG, 2010
- [Sche10] SCHENK, Michael: *Instandhaltung technischer Systeme : Methoden und Werkzeuge zur Gewährleistung eines sicheren und wirtschaftlichen Anlagenbetriebs*. Berlin ; Heidelberg : Springer, 2010
- [Schn96] SCHNEIDER, Hermann: *Outsourcing von Gebäude- und Verwaltungsdiensten : Unternehmenspolitik – Projektmanagement – Vertragsarbeit*. Stuttgart : Schäffer-Poeschel Verlag, 1996
- [Schr05] SCHRÖDER, Mario: *Der Wartungsvertrag : Vertragsgestaltung der Inspektion – Wartung – Instandsetzung von baulichen Anlagen und Rechtsfolgen*. DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Berlin ; Wien ; Zürich : Beuth Verlag, 2005
- [ScKa88] SCHULTE, Wilfried; KALAITZIS Dimitrios (Hrsg.): *Fundament erfolgreicher Instandhaltung - Wartung u. Inspektion*. Köln : Verlag TÜV Rheinland, 1988.
- [ScSt85] SCHUB, A., STARK, K.: *Life Cycle Cost von Bauobjekten, Methoden zur Planung von Folgekosten*; Schriftenreihe der Gesellschaft für Projektmanagement, Köln : Verlag TÜV Rheinland, 1985

- [Sieb02] SIEBER, Hannu: *Geplante Instandhaltung für Gebäude – Die Bedeutung der Instandhaltung für die Projektplanung und das Objektmanagement. Bearbeitet am Beispiel eines Schul-Neubaus*. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Planungs- und Bauökonomie, Fakultät für Architektur, Bauingenieurwesen und Stadtplanung, BTU Cottbus, 2002
- [SiHS87] SIMONS, Klaus; HIRSCHBERGER, H.; STÖLTING, D.: *Lebensdauer von Bauteilen und Baustoffen*. Abschlussbericht einer Forschungsarbeit im Auftrage des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau; Braunschweig : Institut für Bauwirtschaft und Baubetrieb der Technischen Universität Braunschweig, 1987
- [SiSa80] SIMONS, Klaus; SAGER, Rainer: *Berechnungsmethode für Baunutzungskosten*; Schriftenreihe Bau- und Wohnungsforschung des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Bonn, 1980
- [SiWo77] SIEGEL, Curt; WÖNNEBERG, Rudolf: *Bau- und Betriebskosten von Büro- und Verwaltungsbauten – Eine Auswertung der Daten von 110 ausgeführten und in Betrieb genommenen Gebäuden*. Wiesbaden : Bauverlag GmbH, 1977
- [SpOs00] SPILKER, R. und OSWALD, R.: *Konzepte für die praxisorientierte Instandhaltungsplanung im Wohnungsbau*. Bauforschung für die Praxis Band 55, Fraunhofer IRB Verlag, 2000
- [StBo13] STOLLWERK, Robert; BOSSMANN, Jens: *"Instandhaltungsbudgetierung von Büro-, Werkstatt- und Laborgebäuden am Beispiel des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)"*. In: Tagungsband Facility Management Messe und Kongress Frankfurt (MESAGO), Berlin : Offenbach, VDE Verlag GmbH, 2013
- [ToRF95] TOMM, Arwed; RENTMEISTER, Oswald; FINKE, Heinz: *Geplante Instandhaltung – Ein Verfahren zur systematischen Instandhaltung von Gebäuden*, Aachen, Landesinstitut für Bauwesen und angewandte Bauschadensforschung NRW, 1995
- [UsBr04] USEMANN, Klaus W.; BREUER, Stefan: *Technischer Gebäudeausrüstung : Problemstellungen, Aufgaben und Lösungen*. Stuttgart : W. Kohlhammer, 2004
- [VDI2067] Richtlinie VDI 2067 – Blatt 1 (Entwurf): *Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen : Grundlagen und Kostenberechnung*. VDI – Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik; Düsseldorf : Verein Deutscher Ingenieure VDI – Verlag, 2010
- [VDI2890] Richtlinie VDI 2890: *Planmäßige Instandhaltung : Anleitung zur Erstellung von Wartungs- und Inspektionsplänen*. VDI – Gesellschaft Produktionstechnik; Düsseldorf : Verein Deutscher Ingenieure VDI – Verlag, 1986
- [VDI2893] Richtlinie VDI 2893: *Auswahl und Bildung von Kennzahlen für die Instandhaltung*. VDI – Gesellschaft Produktionstechnik; Düsseldorf : Verein Deutscher Ingenieure VDI – Verlag, 2006
- [VDI2895] Norm VDI 2895: *Organisation der Instandhaltung : Instandhalten als Unternehmensaufgabe*. VDI – Gesellschaft Produktionstechnik; Düsseldorf : Verein Deutscher Ingenieure VDI – Verlag, 1996
- [VDI2896] Norm VDI 2896: *Instandhaltung-Controlling innerhalb der Anlagenwirtschaft*. VDI – Gesellschaft Produktionstechnik; Düsseldorf : Verein Deutscher Ingenieure VDI – Verlag, 1996

- [VDI3810-1] Norm VDI 3810 Blatt 1: *Betreiben und Instandhalten von gebäudetechnischen Anlagen : Grundlagen*. VDI – Gesellschaft Produktionstechnik; Düsseldorf : Verein Deutscher Ingenieure VDI – Verlag, 2012
- [VDI3810-1.1] Norm VDI 3810 Blatt 1.1: *Betreiben und Instandhalten von gebäudetechnischen Anlagen : Betreiberverantwortung*. VDI – Gesellschaft Produktionstechnik; Düsseldorf : Verein Deutscher Ingenieure VDI – Verlag, 2013
- [VDMA14] VDMA: AIG-Info Nr. 9.2 *Gebäudemanagement, Facility Management, Anlagenbetrieb*, Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbau e.V. - Arbeitsgemeinschaft Instandhaltung Gebäudetechnik (AIG); Frankfurt am Main: VDMA, 2014
- [WeCi08] WERNER, Ralf; CICHOWSKI, Rüdiger (Hrsg.): *Instandhaltung, Wartung, Verbesserung, Instandsetzung, Inspektion*. 2. Auflage Berlin ; Frankfurt am Main : VDE-Verlag; VWEW-Energieverlag, 2008
- [ZDB12] ZENTRALVERBAND DEUTSCHES BAUGEWERBE: *Analyse und Prognose : Bauwirtschaftlicher Bericht 2011/12*. Zentralverband des deutschen Baugewerbes e. V.; Berlin : Ludwig Austermeier Offsetdruck, 2012

# Internetverzeichnis

- [BimSchG12] Bundesministerium für Justiz (Hrsg.): *Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immisionsschutzgesetz – Bim-SchG)*, Verfügbar unter <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/bimSchG/gesamt.pdf>, Version 2012, Abruf 27.11.2012
- [BMVI14] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Online Source: [http://www.bmvi.de/DE/BauenUndWohnen/EnergieeffizienteGebaeude/energieeffiziente-gebaeude\\_node.html](http://www.bmvi.de/DE/BauenUndWohnen/EnergieeffizienteGebaeude/energieeffiziente-gebaeude_node.html), Abruf 29.04.2014
- [Dest12] DESTATIS: „Baupreisindex – Was beschreibt der Indikator?“ Online Quelle: <https://www.destatis.de/DE/Meta/AbisZ/Baupreisindex.html>, Stand 2012
- [GefStoffV11] Bundesministerium für Justiz (Hrsg.): *Verordnung zum Schutz vor Gefahrenstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV)*, Verfügbar unter [http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/gefStoffV\\_2010/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/gefStoffV_2010/gesamt.pdf), Version 2010, Abruf 27.11.2012
- [HfWU13] Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen. Online Quelle: <http://www.hfwu.de/de/geislinger-konvention/arbeitskreis.html>
- [iScore13] iScore: *Benchmarking*.  
Online-Quelle: <http://www.iscore.de/index.html>
- [LuMa13] LUDDWIG-MAYERHOFER, Wolfgang: *Konfidenzintervalle so einfach wie möglich erklärt*. Fachbereich 1 – Soziologie, Universität Siegen, Siegen : vorlesungsbegleitendes Skript als Onlinesource; [http://www.uni-siegen.de/phil/sozialwissenschaften/soziologie/mitarbeiter/ludwig-mayerhofer/statistik/statistik\\_downloads/konfidenzintervalle.pdf](http://www.uni-siegen.de/phil/sozialwissenschaften/soziologie/mitarbeiter/ludwig-mayerhofer/statistik/statistik_downloads/konfidenzintervalle.pdf), 2013
- [OnVe10] Online Verwaltungslexikon: Beitrag im Online-Verwaltungslexikon olev.de, Version 1.21. Online Quelle : <http://www.olev.de/a/anschaffwert.htm>, Stand 2010
- [Real13] RealisBench: Immobilien Benchmarking für die öffentliche Hand. Online Quelle: <http://www.bayern-facility-management.de>
- [Rey14] Rey, G.-D.: *Methoden der Entwicklungspsychologie – Datenerhebung und Datenauswertung*, Online Quelle: <http://www.methodenpsychologie.de/impressum.html>
- [Ritt11] RITTER, Falko: *Die Bedeutung von DIN-Normen im Rechtsalltag*. Fachartikel von Anwältinnen und Anwälten; Online-Source unter [www.Anwalt-Seiten.de](http://www.Anwalt-Seiten.de), 2011
- [UZH13] UNIVERSITÄT ZÜRICH: *Methodenberatung*, Online-Source unter <http://www.methodenberatung.uzh.ch/index.html>, 2013
- [VBV12] Staatliche Vermögens- und Hochbauverwaltung Baden-Württemberg: *PLAKODA© - Nutzungskosten*. Online-Source unter [www.vbv.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1313781/PLAKODA\\_Nutzungskosten.pdf](http://www.vbv.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1313781/PLAKODA_Nutzungskosten.pdf)

- [WHG09] Bundesministerium für Justiz (Hrsg.): *Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG)*, Verfügbar unter [http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/whg\\_2009/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/whg_2009/gesamt.pdf), Version 2012, Abruf 27.11.2012
- [WoCo13] WohnCom GmbH: Benchmarking. Online Quelle: <http://www.wohncom.de/bench/instandhaltungs-benchmarking.html>

# Anlage 1: Technische Regelwerke zur Instandhaltung

Tabelle 7-1: Auswahl technischer Regelwerke zur Instandhaltung

Dokument	Ausgabe	Titel
<b>DIN-EN Normen (Europanorm)</b>		
Übergeordnete DIN-EN Normen		
DIN EN 13269	2006-10	Instandhaltung – Anleitung zur Erstellung von Instandhaltungsverträgen
DIN EN 13306	2010-12	Begriffe der Instandhaltung
DIN EN 13460	2009-08	Instandhaltung – Dokumente für die Instandhaltung
DIN EN 15221-1	2007-01	Facility Management – Teil 1: Begriffe
DIN EN 15221-2	2007-01	Facility Management – Teil 2: Leitfaden zur Ausarbeitung von Facility Management Vereinbarungen
DIN EN 15221-3	2011-12	Facility Management – Teil 3: Leitfaden zur Qualität im Facility Management
DIN EN 15221-4	2011-12	Facility Management – Teil 4: Taxonomie, Klassifikation und Strukturen im Facility Management
DIN EN 15221-5	2011-12	Facility Management – Teil 5: Leitfaden für Facility Management Prozesse
DIN EN 15221-6	2011-12	Facility Management – Teil 6: Flächenbemessung im Facility Management
DIN EN 15221-7	2013-01	Facility Management – Teil 7: Leitfaden für das Leistungs-Benchmarking
DIN EN 15341	2007-06	Instandhaltung – Wesentliche Leistungskennzahlen für die Instandhaltung

<b>Dokument</b>	<b>Ausgabe</b>	<b>Titel</b>
<b>DIN-EN Normen (Europanorm)</b>		
DIN EN 12056-5	2001-01	Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden – Teil 5: Installation und Prüfung, Anleitung für Betrieb, Wartung und Gebrauch
DIN EN 13015	2008-12	Instandhaltung von Aufzügen und Fahrtreppen; Regeln für Instandhaltungsanweisungen
DIN EN 15161	2007-02	Anlagen zur Behandlung von Trinkwasser innerhalb von Gebäuden – Einbau, Betrieb, Wartung und Reparatur
<b>DIN Taschenbücher</b>		
DIN-TAB 255-1	geplant 2014-06	Instandhaltung Gebäudetechnik – Normen, Technische Regeln
DIN-TAB 255-2	geplant 2014-06	Gebäude- und Facility Management – Normen, Technische Regeln
<b>DIN CEN/TS Normen (Comité Européen de Normalisation / Technical Specifications)</b>		
DIN CEN/TS 15331	2006	Kriterien für Entwicklung, Leitung und Überwachung von Instandhaltungsdienstleistungen von Gebäuden
<b>DIN-Normen (Deutsches Institut für Normung e. V.)</b>		
<b>Übergeordnete DIN Normen</b>		
DIN 31051	2012-09	Grundlagen der Instandhaltung
DIN 18960	2008-02	Nutzungskosten im Hochbau
<b>Auswahl anlagenspezifischer DIN Normen</b>		
DIN 1986-3	2004-11	Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke – Teil 3: Regeln für Betrieb und Wartung
DIN 1989-1	2002-04	Regenwassernutzungsanlagen – Teil 1: Planung, Ausführung, Betrieb und Wartung
DIN 2000	2000-10	Zentrale Trinkwasserversorgung – Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Versorgungsanlagen; Technische Regel des DVGW

<b>Dokument</b>	<b>Ausgabe</b>	<b>Titel</b>
<b>DIN-Normen (Deutsches Institut für Normung e. V.)</b>		
DIN 2001-1	2007-05	Trinkwasserversorgung aus Kleinanlagen und nicht ortsfesten Anlagen – Teil 1: Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Anlagen; Technische Regel des DVGW
DIN 2001-2	2009-04	Trinkwasserversorgung aus Kleinanlagen und nicht ortsfesten Anlagen – Teil 2: Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Anlagen; Technische Regel des DVGW
DIN 14676	2012-09	Rauchmelder für Wohnhäuser, Wohnungen und Räume mit wohnungsähnlicher Nutzung – Einbau, Betrieb und Instandhaltung
<b>BMVBS Veröffentlichungen (Bundesministerium für Verkehr, Bau &amp; Stadtentwicklung)</b>		
RBBau	2005-11	Richtlinien für die Durchführung von Bauaufgaben des Bundes im Zuständigkeitsbereich der Finanzbauverwaltungen
<b>TRBS (Technische Regeln für Betriebssicherheit)</b>		
TRBS 1112	2010-08	Technische Regeln für Betriebssicherheit – Instandhaltung
<b>VDI Normen (Verein Deutscher Ingenieure)</b>		
VDI 2067	2010-09	Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Grundlagen und Kostenberechnung
VDI 2246 – Blatt 1	2001-03	Konstruieren instandhaltungsgerechter technischer Erzeugnisse – Grundlagen
VDI 2246 – Blatt 2	2001-03	Konstruieren instandhaltungsgerechter technischer Erzeugnisse – Anforderungskatalog
VDI 2884	2005-12	Beschaffung, Betrieb und Instandhaltung von Produktionsmitteln unter Anwendung von Life Cycle Costing (LCC)
VDI 2885	2003-12	Einheitliche Daten für die Instandhaltungsplanung und Ermittlung von Instandhaltungskosten – Daten und Datenermittlung

Dokument	Ausgabe	Titel
<b>VDI Normen (Verein Deutscher Ingenieure)</b>		
VDI 2886	2003-09	Benchmarking in der Instandhaltung
VDI 2887	1998-03	Qualitätsmanagement der Instandhaltung
	Entwurf	
VDI 2888	1999-12	Zustandsorientierte Instandhaltung
VDI 2889	1998-04	Einsatz wissensbasierter Diagnosemethoden und –systeme in der Instandhaltung
VDI 2890	1999-12	Planmäßige Instandhaltung – Anleitung zur Erstellung von Wartungs- und Inspektionsplänen
VDI 2891	2008-11	Instandhaltungskriterien bei der Beschaffung von Investitionsgütern
VDI 2892	2006-06	Ersatzteilwesen der Instandhaltung
VDI 2893	2006-05	Auswahl und Bildung von Kennzahlen für die Instandhaltung
VDI 2894	1987-11	Personalplanung im Instandhaltungsbereich
(zurückgezogen)		
VDI 2895	2012-12	Organisation der Instandhaltung – Instandhaltung als Unternehmensaufgabe
	Entwurf	
VDI 2896	1994-10	Instandhaltungs-Controlling innerhalb der Anlagenwirtschaft
	Entwurf	
VDI 2897	1995-12	Instandhaltung – Handhabung von Schmierstoffen im Betrieb, Aufgaben und Organisation
VDI 2898	1996-10	DV-Einsatz in der Instandhaltung – Anforderungen und Kriterien
VDI 2899	1996-12	Entscheidungsfindung für Eigenleistung oder Fremdvergabe von Instandhaltungsleistungen
VDI 3423	2002-01	Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen – Begriffe, Definitionen, Zeiterfassung und Berechnung
VDI 3810-1	2012-05	Betreiben und Instandhalten von gebäudetechnischen Anlagen - Grundlagen
VDI 3810-1.1	2013-08	Betreiben und Instandhalten von Gebäuden und gebäudetechnischen Anlagen - Grundlagen – Betreiberverantwortung

<b>Dokument</b>	<b>Ausgabe</b>	<b>Titel</b>
<b>VDI Normen (Verein Deutscher Ingenieure)</b>		
VDI 3810-2	2010-05	Betreiben und Instandhalten gebäudetechnischer Anlagen – Sanitärtechnische Anlagen
VDI 3810-3	unveröffentlicht	Betreiben und Instandhalten gebäudetechnischer Anlagen - Wärme/Heiztechnische Anlagen
VDI 3810-4	2013-12	Betreiben und Instandhalten von Gebäuden und gebäudetechnischen Anlagen - Raumlufttechnische Anlagen
VDI 3810-5	unveröffentlicht	Betreiben und Instandhalten gebäudetechnischer Anlagen - Elektrotechnische Anlagen
VDI 3810-6	2013-11	Betreiben und Instandhalten von gebäudetechnischen Anlagen, Aufzüge
VDI 3814-3	2007-06	Gebäudeautomation (GA) – Hinweise für das Gebäudemanagement – Planung, Betrieb und Instandhaltung
VDI 3814-3.1	2012-09	Gebäudeautomation (GA) – Hinweise für das Gebäudemanagement – Planung, Betrieb und Instandhaltung – Schnittstelle zum Facility Management
VDI 3970	2010-08 Entwurf	Leitfaden für die Aufstellung eines Instandhaltungsplans für Stetigförderer
VDI 4004-3	1986-09	Kenngrößen der Instandhaltbarkeit
VDI 6022 – Blatt 6	2012-05 Entwurf	Raumlufttechnik, Raumluftqualität – Luftbefeuchtung über dezentrale Geräte – Planung, Bau, Betrieb, Instandhaltung
VDI 6023 – Blatt 1	2006-07	Hygiene in Trinkwasser-Installationen – Anforderungen an Planung, Ausführung, Betrieb und Instandhaltung
VDI 6024 – Blatt 1	2008-09	Wassersparen in Trinkwasser-Installationen – Anforderungen an Planung, Ausführung, Betrieb und Instandhaltung

<b>Dokument</b>	<b>Ausgabe</b>	<b>Titel</b>
<b>GEFMA Richtlinien (German Facility Management Association)</b>		
GEFMA 108 (nicht weiter verfolgt)	1998-04 Entwurf	Betrieb – Instandhaltung – Unterhalt – Begriffsbestimmungen
GEFMA 122 (Neufassung seit 2010 in Bearbei- tung)	1996-12 2002 zurück- gezogen	Betriebsführung im FM
GEFMA 126 (Bearbeitung ruht seit 2005)	Arbeits- papier	Instandhaltungsmanagement
GEFMA 200	2004-07 Entwurf	Kosten im Facility Management
GEFMA 220-1	2006-06	Lebenszykluskostenrechnung im FM
<b>IFMA Richtlinien (International Facility Management Association)</b>		
IFMA	2002-01	Instandhaltungsstrategie für nutzer- und praxisorientiertes Facility Management
IFMA	2006-02	Betrieb und Instandhaltung von Liegenschaften
<b>AMEV Empfehlungen (Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen)</b>		
AMEV TGA-Kosten Betreiben 2013	2013	TGA-Kosten Betreiben 2013 – Ermittlung der Kosten für das Betreiben von technischen Anlagen in öffentlichen Gebäuden
AMEV Wartung	2006	Wartung, Inspektion und damit verbundene kleine Instandsetzungsarbeiten von techn. Anlagen und Einrichtungen in öffentlichen Gebäuden
AMEV KLAR-TGA	2005	Hinweise für Kosten- und Leistungsrechnungen der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA) in den öffentlichen Bauverwaltungen
AMEV TGM 2001	2001	Technisches Gebäudemanagement als Teilaufgabe des Facility Managements, Schwerpunkt: Technische Gebäudeausrüstung TGA

<b>Dokument</b>	<b>Ausgabe</b>	<b>Titel</b>
<b>AMEV Empfehlungen (Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen)</b>		
AMEV Instandhaltung	2006	Vertragsmuster für Instandhaltung (Wartung, Inspektion, Instandsetzung) von technischen Anlagen und Einrichtungen in öffentlichen Gebäuden
AMEV Instandhaltung Aufzüge	2010	Vertragsmuster für Instandhaltung sowie andere Leistungen für Aufzugsanlagen in öffentlichen Gebäuden
AMEV Instandhaltung GMA	2005	Vertragsmuster für Instandhaltung von Gefahrenmeldeanlagen (Brand, Einbruch, Überfall etc.) in öffentlichen Gebäuden
AMEV TK Service	2003	Vertragsmuster für Inspektion, Instandsetzung sowie andere Leistungen für Telekommunikationsanlagen und Einrichtungen in öffentlichen Gebäuden
AMEV Gasanlagen	2007	Instandhaltung von Leitungsanlagen für Erd- und Flüssiggas auf öffentlichen Liegenschaften
AMEV Bedienung/RLT	2008	Bedienen von raumlufttechnischen Anlagen in öffentlichen Gebäuden
AMEV BMA	2008	Planung, Ausführung und Betrieb von Brandmeldeanlagen in öffentlichen Gebäuden
AMEV EMA/ÜMA	2012	Planung, Bau und Betrieb von Gefahrenmeldeanlagen für Einbruch, Überfall und Geländeüberwachung in öffentlichen Gebäuden
AMEV Gebäudeautom.	2005	Hinweise für Planung, Ausführung und Betrieb der Gebäudeautomation in öffentlichen Gebäuden
AMEV Bedienung/ Sanitär	1990	Bedienen von Sanitäreanlagen in öffentlichen Gebäuden
AMEV Heizbetrieb	2001	Hinweise für das Bedienen und Betreiben von heiztechnischen Anlagen in öffentlichen Gebäuden
AMEV Kälte	2005	Planung Ausführung und Betrieb der Kälteanlagen in öffentlichen Gebäuden

<b>Dokument</b>	<b>Ausgabe</b>	<b>Titel</b>
<b>VDMA Empfehlungen (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V)</b>		
VDMA 15304	2002-10	Instandhaltung von Aufzugsanlagen
VDMA 24177	2007-01	Inspektion von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden
VDMA 24186-0	2007-01	Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden, Teil 0: Übersicht, Gliederung, Nummernsystem, Allgemeine Hinweise
VDMA 24186-1	2002-09	Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden, Teil 1: Lufttechnische Geräte
VDMA 24186-2	2002-09	Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden, Teil 2: Heiztechnische Geräte
VDMA 24186-3	2002-09	Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden, Teil 3: Kältetechnische Geräte und Anlagen zu Kühl- und Heizzwecken
VDMA 24186-4	2002-09	Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden, Teil 4: MSR-Einrichtungen und Gebäudeautomationssysteme
VDMA 24186-5	2002-09	Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden, Teil 5: Elektrotechnische Geräte und Anlagen
VDMA 24186-6	2002-09	Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden, Teil 6: Sanitärtechnische Geräte und Anlagen
VDMA 24186-7	2002-09	Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden, Teil 7: Brandschutztechnische Geräte und Anlagen

<b>Dokument</b>	<b>Ausgabe</b>	<b>Titel</b>
<b>VDMA Empfehlungen (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V)</b>		
VDMA 24186-100	2002-09	Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden
VDMA 24657	2012-10	Technische Ausrüstung für Anlagen der zentralen Regenwasserbehandlung und –rückhaltung – Hinweise für Betrieb, Instandhaltung und Erneuerung
VDMA 34160	2007-03	Prognosemodell für die Lebenszykluskosten von Maschinen und Anlagen
<b>VDMA-AIG Instandhaltungsinformationen</b>		
VDMA-AIG 1	2004-10	Leitfaden zur Vergabe von Instandhaltungsleistungen für technische Gebäudeausrüstung
VDMA-AIG 9	2006-06	Zusammenstellung Instandhaltungsrelevanter Normen, Richtlinien und Veröffentlichungen für die Gebäudetechnik
<b>BHKS Publikationen (Bundesindustrieverband Technische Gebäudeausrüstung e. V.)</b>		
BHKS Regel 3.001	1999	Wartung Heiztechnischer Anlagen
BHKS Regel 5.004	1996	Wartung Sanitärtechnischer Anlagen
<b>DVGW Richtlinien (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches)</b>		
DVGW W 202	2010-03	Technische Regeln Wasseraufbereitung (TRWA) – Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von Anlagen zur Trinkwasseraufbereitung
DVGW W 300	2005-06	Wasserspeicherung – Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von Wasserbehältern in der Trinkwasserversorgung
DVGW W 300-2	2013-11	Trinkwasserbehälter – Teil 2: Betrieb und Instandhaltung
DVGW W 312	1993-11	Wasserbehälter – Maßnahmen zur Instandhaltung
DVGW W 396	2011-02	Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten an Wasserrohrleitungen mit asbesthaltigen Bauteilen oder Beschichtungen

<b>Dokument</b>	<b>Ausgabe</b>	<b>Titel</b>
<b>DVGW Richtlinien (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches)</b>		
DVGW W 400-3	2006-09	Technische Regeln Wasserverteilungsanlagen (TRWV) – Teil 3: Betrieb und Instandhaltung
DVGW W 402	2010-09	Netz- und Schadenstatistik – Erfassung und Auswertung von Daten zur Instandhaltung von Wasserrohrnetzen
DVGW W 409	2007-01	Auswirkungen von Bauverfahren und Bauweise auf die Wirtschaftlichkeit von Betrieb und Instandhaltung (operative Netzkosten) der Wasserverteilungsanlagen
DVGW W 495	2006-07	Gasanlagen – Instandhaltung; Arbeitsblatt
DVGW W 614	2001-02	Instandhaltung von Förderanlagen
DVGW G 621	2009-11	Gasinstallationen in Laborräumen und naturwissenschaftlichen Unterrichtsräumen – Planung, Erstellung, Änderung, Instandhaltung und Betrieb
DVGW G 638-1	2003-11	Heizungsanlagen mit Heizstrahlern ohne Gebläse – Planung – Installation – Betrieb und Instandsetzung
DVGW G 1020	2010-01	Qualitätssicherung für Planung, Erstellung, Änderung, Instandhaltung und Betrieb von Gasinstallationen
<b>RAL-GZ Richtlinien (RAL – Gütezeichen)</b>		
RAL-GZ 961	2012-04	Herstellung und Instandhaltung von Abwasserleitungen und –kanälen – Gütesicherung Kanalbau
RAL-GZ 967	2006-11	Planung der Instandhaltung von Betonbauwerken – Gütesicherung
RAL-GZ 973	2009-10	Instandhaltung Feuerlöschgeräte – Gütesicherung
RAL-GZ 519	2004-10	Instandsetzung von Betonbauwerken

\* Anmerkung: Die dargestellte Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Vergleiche hierzu auch [VDMA14]

# Anlage 2: Baupreisindex (BPI) Statistisches Bundesamt Deutschland

Statistisches Bundesamt  
Deutschland

**DI**STATIS  
wissen. nutzen.

Pressemitteilung Nr.004 vom 06.01.2012

## Baupreisindex für Wohngebäude im November 2011: + 2,9 % gegenüber Vorjahr

WIESBADEN – Der Preisindex für den Neubau konventionell gefertigter Wohngebäude (Bauleistungen am Bauwerk, einschließlich Umsatzsteuer) in Deutschland stieg im November 2011 gegenüber November 2010 um 2,9 %. Wie das Statistische Bundesamt (Destatis) weiter mitteilt, hatte der Preisanstieg im August 2011 im Jahresvergleich ebenfalls 2,9 % betragen. Von August 2011 auf November 2011 erhöhte sich der Preisindex um 0,3 %.

Die Preise für Rohbauarbeiten stiegen von November 2010 bis November 2011 um 2,8 %, für Ausbauarbeiten erhöhten sie sich um 3,0 %. Die höchsten Preisanstiege unter den Bauarbeiten an Wohngebäuden gab es bei den Klempnerarbeiten sowie bei den Gas-, Wasser- und Entwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden (jeweils + 4,2 %). Bei den Zimmer- und Holzbauarbeiten und bei den Nieder- und Mittelspannungsanlagen stiegen die Preise um jeweils 3,9 %. Die niedrigsten Preisanstiege gab es bei Naturwerksteinarbeiten (+ 1,3 %), Parkettarbeiten (+ 1,4 %) und bei Tapezierarbeiten (+ 1,5 %). Preisrückgänge gab es unter den Bauarbeiten an Wohngebäuden keine.

Die Preise für Instandhaltungsarbeiten an Wohngebäuden (Mehrfamiliengebäude ohne Schönheitsreparaturen) nahmen gegenüber dem Vorjahr um 3,1 % zu.

Bei den Nichtwohngebäuden erhöhten sich die Baupreisindizes gegenüber November 2010 für Bürogebäude um 2,9 % und für gewerbliche Betriebsgebäude um 3,1 %.

Im Straßenbau stiegen die Preise binnen Jahresfrist um 3,4 %.

### Baupreisindizes <sup>1</sup>

2005 = 100

Jahr Monat		Wohn- gebäude <sup>2</sup>	Büro- gebäude <sup>2</sup>	Gewerbliche Betriebs- gebäude <sup>2</sup>	Straßen- bau	Instandhaltung an Wohngebäuden <sup>3</sup>
<b>Index</b>						
2007 Jahresdurchschnitt		108,7	109,2	109,6	110,5	108,4
2008 Jahresdurchschnitt		111,8	112,6	113,6	115,2	111,3
2009 Jahresdurchschnitt		112,8	113,8	114,9	117,8	113,1
2010 Jahresdurchschnitt		113,9	115,0	116,0	118,7	114,8
2011 Jahresdurchschnitt		117,0	118,2	119,6	121,8	118,0
2010	Februar	113,0	114,1	114,8	118,1	114,1
	Mai	113,7	114,8	115,7	118,6	114,5
	August	114,2	115,3	116,4	118,9	115,0
	November	114,6	115,7	116,9	119,0	115,4
2011	Februar	115,9	117,1	118,4	120,0	116,9
	Mai	116,8	117,9	119,4	121,5	117,7
	August	117,5	118,6	120,2	122,7	118,5
	November	117,9	119,0	120,5	123,1	119,0

<sup>1</sup> Einschließlich Umsatzsteuer.

<sup>2</sup> In konventioneller Bauart.

<sup>3</sup> Mehrfamiliengebäude ohne Schönheitsreparaturen.

Jahr Monat	Wohn- gebäude <sup>2</sup>	Büro- gebäude <sup>2</sup>	Gewerbliche Betriebs- gebäude <sup>2</sup>	Straßen- bau	Instandhaltung an Wohngebäuden <sup>3</sup>	
Veränderung gegenüber dem entsprechenden Vorjahreszeitraum in %						
2007 Jahresdurchschnitt	6,7	7,0	7,1	6,6	6,5	
2008 Jahresdurchschnitt	2,9	3,1	3,6	4,3	2,7	
2009 Jahresdurchschnitt	0,9	1,1	1,1	2,3	1,6	
2010 Jahresdurchschnitt	1,0	1,1	1,0	0,8	1,5	
2011 Jahresdurchschnitt	2,7	2,8	3,1	2,6	2,8	
2010	Februar	0,2	0,3	-0,2	0,3	1,1
	Mai	1,0	1,0	0,7	0,9	1,3
	August	1,2	1,3	1,3	0,8	1,6
	November	1,6	1,6	1,8	0,8	1,8
2011	Februar	2,6	2,6	3,1	1,6	2,5
	Mai	2,7	2,7	3,2	2,4	2,8
	August	2,9	2,9	3,3	3,2	3,0
	November	2,9	2,9	3,1	3,4	3,1

<sup>1</sup> Einschließlich Umsatzsteuer.

<sup>2</sup> In konventioneller Bauart.

<sup>3</sup> Mehrfamiliengebäude ohne Schönheitsreparaturen.

>>> Methodische Kurzbeschreibung

>>> weitere Daten und Informationen zum Thema

Detaillierte Daten können kostenfrei über die Tabellen zu den Baupreisindizes (61261) in der Datenbank GENESIS-Online abgerufen werden.

Weitere Auskünfte unter:

Telefon: +49 611 75 2440,

[www.destatis.de/Kontakt](http://www.destatis.de/Kontakt)

Herausgeber:  
© Statistisches Bundesamt  
Pressestelle, Verbreitung mit  
Quellenangabe erwünscht

Kontakt:  
Telefon: +49 (0)611 / 75-3444  
Telefax: +49 (0)611 / 75-3976  
[presse@destatis.de](mailto:presse@destatis.de)  
[www.destatis.de](http://www.destatis.de)

Servicezeiten:  
Mo - Do: 8.00 - 17.00 Uhr  
Fr: 8.00 - 15.00 Uhr

Postanschrift:  
65180 Wiesbaden  
Deutschland

Abbildung 7-1: Baupreisindex des Statistischen Bundesamts [Dest12]

# Anlage 3: Datenspender Vorab-Fragebogen

## 1. Fragebogen Realdatenspender

**Institution:** .....

**Ansprechpartner:** .....

### Allgemeine

**Bemerkungen:** .....

.....

.....

## Fragenkatalog

A	Allgemeine / einleitende Fragen	Antwort
1	Sind Sie grundsätzlich bereit die Realkosten der Instandhaltung Ihres Portfolios (für Wartung, Inspektion und Instandsetzung) der technischen Gebäudeausstattung (Kostengruppe 400 gem. DIN 276) zu Forschungszwecken zur Verfügung zu stellen?	
2	Wollen Sie ggfs. als offizieller „Datenspender“ (Logo + Institution) im Projekt geführt und veröffentlicht werden? (beispielsweise bei Kongressen oder Fachvorträgen)	
3	Wünschen Sie, dass die zur Verfügung gestellten Daten und deren Auswertungsergebnisse gegebenenfalls bei Veröffentlichungen etc. anonymisiert werden?	
4	Verfügen Sie über entsprechende Kapazitäten die notwendigen Daten aufzubereiten und zur Verfügung zu stellen? (Die Datenerfassung und der Austausch erfolgt voraussichtlich im Zeitraum von Januar bis April 2012. Der zeitl. Aufwand pro Datenspender hängt maßgeblich von der Datenmenge ab.)	

<b>B</b>	<b>Allgemeine Fragen zur Datenerfassung</b>	<b>Antwort</b>
5	Gibt es ein zentrales Erfassungssystem, das die Kosten der Instandhaltung (gem. DIN 31051) der technischen Gebäudeausstattung (KG 400 gem. DIN 276) erfasst?	
6	Von wem werden die entsprechenden Systeme mit Kostendaten gespeist? (Beispielsweise Buchhaltung, Handwerker, Projektleiter o.Ä.)	
7	Sind die Daten in Form von Excel Tabellen auszulesen und übertragbar?	
8	In welcher Form (Brutto / Netto) liegen die Kostendaten vor?	
<b>C</b>	<b>Dezidierte Fragen zur Datenerfassung</b>	<b>Antwort</b>
9	Über welche Zeitspanne liegen Kostendaten vor? (Beispielsweise rückwirkend für 5 Jahre oder seit 2009...)	
10	Sind die Daten der jeweiligen Maßnahme (Wartung, Inspektion oder Instandsetzung) zugeordnet?	
11	Werden hierbei Kosten für Material, Arbeitszeit und Fremdvergabe differenziert aufgelistet?	
12	Gibt es allgemeine, über Umlage zu berücksichtigende Kosten? (Beispielsweise für zentrale Energieversorgung, gemeinsam genutzte Hebeanlagen etc.)	
13	Wurden die Instandhaltung aller technischen Anlagen eines Gebäudes oder eines Standorts komplett bzw. pauschal-fremdvergeben?	
14	Sind entsprechende „pauschale“ Fremdvergaben im System dokumentiert und als solche (Pauschalvertrag / Paketvergabe) gekennzeichnet?	

<b>C</b>	<b>Deziierte Fragen zur Datenerfassung</b>	<b>Antwort</b>
15	Wie hoch ist der prozentuale Anteil fremdvergebener Maßnahmen in Bezug auf das Gesamtportfolio?	
16	Sind die Kostendaten der Instandhaltung im Erfassungssystem gemäß den Kostengruppen der DIN 276 zuzuordnen?	
17	Sind die Kostendaten der Instandhaltung im Erfassungssystem gebäudescharf, also dem jeweiligen Bauwerk zuzuordnen?	
18	Sind die Kostendaten der Instandhaltung im Erfassungssystem anlagenscharf, also der jeweiligen technischen Anlage (z. B. Heizungsanlage) zuzuordnen?	
19	Gibt es eine definierte Kostengrenze zwischen Instandsetzungsmaßnahmen (W/I/IS) und den sogenannten Verbesserungsmaßnahmen mit Projektcharakter?	
<b>D</b>	<b>Angaben zum Immobilienportfolio</b>	<b>Antwort</b>
20	Wie viele Gebäude (überschlägige Angabe) umfasst das von Ihnen betreute Gesamtportfolio?	
21	Zu wie vielen Gebäuden (überschlägige Angabe) liegen entsprechende Kostendaten der Instandhaltung vor?	
22	Bis zu welcher Anzahl an Gebäuden sind Sie bereit Realdaten für die Untersuchung beizusteuern?	
23	Sind im Portfolio geeignete Gebäude für die Untersuchung? Wenn ja in welcher Anzahl? <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hochschul- bzw. Lehrgebäude / Schulbauten</li> <li>- Büro- und Verwaltungsbauten</li> <li>- Kindertagesstätten/ Kindergärten</li> <li>- Sportbauten (Sporthallen, Schwimmhallen)</li> <li>- Mensen</li> </ul>	<p>..... Stück</p> <p>..... Stück</p> <p>..... Stück</p> <p>..... Stück</p> <p>..... Stück</p>

<b>D</b>	<b>Angaben zum Immobilienportfolio</b>	<b>Antwort</b>
	<p>Sonstige relevante Gebäudetypen, die in Ihrem Portfolio maßgebliche Instandhaltungskosten verursachen?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ...</li> <li>- ...</li> <li>- ...</li> </ul>	<p>..... Stück</p> <p>..... Stück</p> <p>..... Stück</p>
<b>E</b>	<b>Sonstige Fragen</b>	<b>Antwort</b>
24	Liegen die Herstellungs- und / oder Wiederbeschaffungswerte der zur Untersuchung geeigneten Gebäude vor?	
25	Liegen die Herstellungs- und / oder Wiederbeschaffungswerte einzelner technischen Anlagen vor?	
26	Sind die Baujahre der Bauwerke und / oder das Erstellungsdatum der jeweiligen technischen Anlage dokumentiert?	
27	Liegt eine allgemeine aktuelle Zustandsbewertung der Gebäude bzw. Anlagen im Portfolio vor?	
28	Gibt es eine strategische Festlegung / Vorgabe der Instandhaltungsintensität und/oder Qualität im Unternehmen?	
29	<p>Können folgende erforderliche allgemeine Gebäuderahmendaten zur Verfügung gestellt werden?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Art der überwiegenden Gebäudenutzung</li> <li>- Gebäude- / Anlagenalter</li> <li>- Bruttorauminhalt (BRI)</li> <li>- Bruttogrundfläche (BGF)</li> <li>- Nutzfläche (NF)</li> <li>- Angabe zum Dienstbetrieb</li> </ul>	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

E	Sonstige Fragen	Antwort
30	<p>Wie wird das Jahresbudget zur Instandhaltung bislang ermittelt?</p> <p>mittels:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erfahrungswertbasierter Methode</li> <li>- Zustandsorientierte Methode</li> <li>- Wertbasierte Methode</li> <li>- Analytische Budgetierungsmethode</li> <li>- Sonstiger Methode</li> <li>.....</li> </ul>	
31	<p>In welcher Höhe bewegt sich das jährliche Instandhaltungsbudget derzeit?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inkl. Verbesserung (nur Technik)</li> <li>- Exkl. Verbesserung (nur Technik)</li> <li>- Inkl. Verbesserung (Gesamtbau)</li> <li>- Exkl. Verbesserung (Gesamtbau)</li> </ul>	<p>..... Euro</p> <p>..... Euro</p> <p>..... Euro</p> <p>..... Euro</p>

# Anlage 4: Definition der Entscheidungsregeln

Tabelle 7-2: Gebäude- und kostendatenbezogene Entscheidungsregeln

Gebäuderahmendatenbezogene Entscheidungsregeln		
Nr.	Problemstellung	Entscheidung / Prozess
1.	Das Bauwerk verfügt über mehr als nur eine Gebäudenutzungsart.	Die im Gebäude überwiegend vertretende Nutzungsart (>50% der Gesamtfläche) wird als Gebäudenutzung übernommen. Sollte keine Nutzungsart ein eindeutiges Übergewicht (<50%) haben, wird das Gebäude von der Untersuchung ausgeschlossen.
2.	Es liegen mehrere Baujahre zu verschiedenen Bauabschnitten eines Gebäudes vor.	Sollten mehr als 80% der Baumasse eindeutig einem Erbauungsjahr zugeordnet werden können, wird dieses als Baujahr herangezogen. Ist dies nicht der Fall, wird das Gebäude von der Untersuchung ausgeschlossen.
3.	Es liegen keine Baujahre zu den einzelnen technischen Anlagen bzw. deren Kostengruppen (2. Ebene) vor.	Das Baujahr des Gebäudes oder das Jahr der letzten Gesamtanierung bzw. des Anlagenaustauschs wird als Substitut für das Erstellungsjahr der technischen Anlagen angenommen.
4.	Das Bauwerk verfügt über eine variierende Geschossanzahl.	Eingang findet die maximale Anzahl der Vollgeschosse (inkl. UG).
5.	Es liegt keine Angabe bezüglich der genauen durchschnittlichen Betriebszeit des Bauwerks vor.	Die Betriebszeit wird entsprechend der Gebäudenutzungsart einer der vier Untersuchungscluster zugeordnet.
6.	Es liegen keine Angaben zum Ausstattungsstandard vor.	Der Ausstattungsstandard wird auf Basis des Verhältniswerts der Fläche zum Wiederbeschaffungswert abgeleitet.
7.	Es liegt nur eine Angabe über die Nutzfläche (NF) vor.	Ermittlung der BGF über statistische Durchschnittswerte des BKI.
8.	Es liegt kein Bildmaterial zum Bauwerks vor.	Beschaffung fehlender Informationen via Internetrecherche oder Eigenbilderstellung.
9.	Es liegt kein Herstellungswert bzw. Wiederbeschaffungswert vor.	Bestimmung des Wiederbeschaffungswerts über flächenbezogene BKI Werte Durchschnittswerte (€/m <sup>2</sup> BGF).
10.	Es liegt nur der Herstellungswert des Gebäudes vor.	Herleitung des Wiederbeschaffungswerts über Indizierung des Herstellungswerts mit Hilfe der Listen des Statistischen Bundesamts.
11.	Es liegt keine Angabe über den Wiederbeschaffungswert (WBW) der Kostengruppe 400 (1. Ebene) vor.	Herleitung des WBW der Kostengruppe 400 (1. Ebene) über den Gesamtgebäude WBW mit Hilfe statistischer Durchschnittswerte nach BKI und Gebäudetyp.
12.	Es liegen keine Angaben über den Wiederbeschaffungswert (WSW) der Kostengruppen 410-490 (2. Ebene) vor.	Herleitung der WBWs der Kostengruppen 410 - 490 (2. Ebene) über den WBW der Kostengruppe 400 mit Hilfe statistischer Durchschnittswerte nach BKI und Kostengruppe.

Gebäuderealkostendatenbezogene Entscheidungsregeln - allgemein			
Nr.	Problemstellung	Entscheidung / Prozess	Bemerkung
1.	Allgemeine Kosten, die nicht direkt einer einzelnen Kostengruppe zuzuordnen sind, müssen berücksichtigt werden.	Berücksichtigung der Kosten auf Grundlage statistischer Durchschnittswerte des BKI (Herstellungskosten der Kostengruppen 410-490)	siehe Liste BKI
2.	Allgemeine Kosten der KG 400, die nicht direkt einer einzelnen Kostengruppe zuzuordnen sind, müssen berücksichtigt werden.	Berücksichtigung der Kosten auf Grundlage statistischer Durchschnittswerte des BKI (Herstellungskosten der Kostengruppen 410-490)	siehe Liste BKI
3.	Allgemeine Kosten der Eigenerledigung (Personalaufwand Hausmeister + Material), die nicht direkt einer einzelnen Kostengruppe zuzuordnen sind, müssen berücksichtigt werden.	Berücksichtigung der Kosten auf Grundlage statistischer Durchschnittswerte des BKI (Herstellungskosten der Kostengruppen 410-490)	siehe Liste BKI
4.	Allgemeine Overhead Kosten (Personalaufwand Verwaltung - Ingenieure), die nicht direkt einer einzelnen Kostengruppe zuzuordnen sind, müssen berücksichtigt werden.	Keine Umlage auf die Kostengruppen 410-490. Erfassung als separate Kostengruppe	
5.	Es liegen Pauschalvergaben von Instandhaltungsleistungen einzelner Gebäude vor.	Separate Erfassung der Daten. Voraussichtlich werden die Daten jedoch nicht für die Auswertungen herangezogen!	
6.	Die aufgeführten Kosten können nicht der entsprechenden Instandhaltungsmaßnahme (W, I, IS) zugeordnet werden.	Zuordnung der Kosten zu den Maßnahmen (W+I) oder IS auf Grundlage statistischer Durchschnittswerte (z. B. BKI).	
7.	Es liegen keine Angaben zu den "operativen" Personalkosten für Hausmeister, Gebäudetechniker o.Ä. auf Grundlage einer internen LKR vor.	Annäherung: Anzahl der operativen Personen mit Angabe der entsprechenden Tarifgruppe und Entgeltstufe. Angabe des prozentualen Zeitanteils am Jahresstundenaufwand, der für die Beaufsichtigung und/oder Durchführung von Instandhaltungsmaßnahmen aufgewendet wurde.	
8.	Es liegen keine Angaben zu den "administrativen" Personalkosten für Ingenieure und Verwaltungsmitarbeiter vor, die Ausschreibung, Beauftragung, Vergabe und Nachverfolgung etc. von Instandhaltungsmaßnahmen aufgewendet wurde.	Annäherung über die Anzahl der administrativen Personen - Ingenieure und Verwaltungsangestellte, die direkt der Instandhaltung zuzuordnen sind und der Angabe der entsprechenden Tarifgruppe und Entgeltstufe. Angabe des Prozentualen Zeitanteils am Jahresstundenaufwand der für die Ausschreibung, Beauftragung und Koordination von Instandhaltungsmaßnahmen aufgewendet wurde. Abschließend Berücksichtigung der Sozialabgaben in Form eines 29%igen Aufschlags.	
9.	Es liegen Kostenangaben zu den "operativen" und "administrativen" Kosten vor, jedoch nur für das Jahr 2011, nicht aber für vorausgegangene Jahre.	Die angegebenen Kosten für das Jahr 2011 werden für die vorangegangenen Jahre mit Hilfe des Baupreisindex des BKI rückwirkend indiziert. Bsp.: Kosten 2011 = 10.000 €, Kosten 2010 gem. BKI Faktor = $10.000 \text{ €} * 0,9698 \rightarrow 9698 \text{ €}$ .	siehe Liste BKI

Gebäuderealkostendatenbezogene Entscheidungsregeln – je Kostengruppe			
Nr.	Problemstellung	Entscheidung / Prozess	Bemerkung
1.	Keine Kostengruppenangabe	Die Spalte der Kostengruppe muss immer mit einer entsprechenden Angabe der ersten, zweiten und dritten Ebene ausgefüllt werden.	
2.	Kostengruppe 400 /400	KG "400" in der 3. Ebene kennzeichnet allgemeine Kosten der Instandhaltung der gebäudetechnischen Anlagen, die nur als Jahressumme angegeben wurden und keiner der vorhergehenden Kostengruppen zugeordnet werden konnten.	
3.	Kostengruppe 400 /401	KG "401" in der 3. Ebene kennzeichnet operative Eigenpersonalkosten beispielsweise von Hausmeistern, Gebäudetechnikern etc.	Administrative Personalkosten
4.	Kostengruppe 400 /402	KG "402" in der 3. Ebene kennzeichnet administrative Eigenpersonalkosten (Overhead) beispielsweise von Ingenieuren, Verwaltungsangestellten und Facility Managern etc.	Overhead
5.	Kostengruppe 400 /403	KG "403" in der 3. Ebene kennzeichnet operative Materialkosten.	Materialkosten
6.	Kostengruppe 410 / 410	KG "410" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der sanitären Anlagen, die nicht näher zu spezifizieren sind	
7.	Kostengruppe 410 / 411	KG "411" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der sanitären Anlagen, die den Abwasseranlagen zuzuordnen sind.	Hebeanlage, Abscheideranlagen
8.	Kostengruppe 410 / 412	KG "412" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der sanitären Anlagen, die den Frischwasseranlagen zuzuordnen sind.	Legionellenprüfung, Sanitärobjekte
9.	Kostengruppe 410 / 413	KG "413" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der sanitären Anlagen, die den Gasanlagen zuzuordnen sind.	
10.	Kostengruppe 420 / 420	KG "420" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Wärmeversorgungsanlagen, die nicht näher zu spezifizieren sind.	
11.	Kostengruppe 420 / 421	KG "421" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Wärmeversorgungsanlagen, die den Wärmeerzeugungsanlagen zuzuordnen sind.	Kessel
12.	Kostengruppe 420 / 422	KG "422" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Wärmeversorgungsanlagen, die den Wärmeverteilnetzen zuzuordnen sind.	Leitungen
13.	Kostengruppe 420 / 422	KG "423" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Wärmeversorgungsanlagen, die den Raumheizflächen zuzuordnen sind.	Heizkörper
14.	Kostengruppe 430 / 430	KG "430" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Lufttechnischen Anlagen, die nicht näher zu spezifizieren sind.	

Gebäuderealkostendatenbezogene Entscheidungsregeln – je Kostengruppe			
Nr.	Problemstellung	Entscheidung / Prozess	Bemerkung
15.	Kostengruppe 430 / 431	KG "431" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Lufttechnischen Anlagen, die den Lüftungsanlagen zuzuordnen sind.	
16.	Kostengruppe 430 / 434	KG "434" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Lufttechnischen Anlagen, die den Kälteanlagen zuzuordnen sind.	
17.	Kostengruppe 430 / 439	KG "439" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Lufttechnischen Anlagen, die näher spezifiziert sind jedoch weder der KG 431 noch der KG 434 zuzuordnen sind.	Abgasabsauganlage
18.	Kostengruppe 440 / 440	KG "440" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Starkstromanlagen, die nicht näher zu spezifizieren sind.	
19.	Kostengruppe 440 / 441	KG "441" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Starkstromanlagen, die den Hoch- und Mittelspannungsanlagen zuzuordnen sind.	Schaltanlagen, Transformatoren
20.	Kostengruppe 440 / 442	KG "442" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Starkstromanlagen, die den Eigenstromversorgungsanlagen zuzuordnen sind.	Stromerzeugungsaggregate, Batterieanlagen, Photovoltaik
21.	Kostengruppe 440 / 444	KG "444" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Starkstromanlagen, die den Niederspannungsinstallationsanlagen zuzuordnen sind.	Kabel, Leitungen, Installationsgeräte
22.	Kostengruppe 440 / 445	KG "445" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Starkstromanlagen, die den Beleuchtungsanlagen zuzuordnen sind.	Ortsfeste Leuchten, Sicherheitsbeleuchtung
23.	Kostengruppe 440 / 446	KG "446" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Starkstromanlagen, die den Blitzschutz- und Erdungsanlagen zuzuordnen sind.	Blitzschutz
24.	Kostengruppe 450 / 450	KG "450" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Fernmelde- und Informationstechnische Anlagen, die nicht näher zu spezifizieren sind.	
25.	Kostengruppe 450 / 451	KG "451" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Fernmelde- und Informationstechnische Anlagen, die Telekommunikationsanlagen zuzuordnen sind.	
26.	Kostengruppe 450 / 454	KG "454" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Fernmelde- und Informationstechnische Anlagen, die Elektroakustischen Anlagen zuzuordnen sind.	
27.	Kostengruppe 450 / 456	KG "456" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Fernmelde- und Informationstechnische Anlagen, die Gefahrenmelde- und Alarmanlagen zuzuordnen sind.	EMA, ELA, BMA etc.
28.	Kostengruppe 450 / 457	KG "457" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Fernmelde- und Informationstechnische Anlagen, die Übertragungsnetzen zuzuordnen sind.	

Gebäuderealkostendatenbezogene Entscheidungsregeln – je Kostengruppe			
Nr.	Problemstellung	Entscheidung / Prozess	Bemerkung
29.	Kostengruppe 460 / 460	KG "460" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Förderanlagen, die nicht näher zu spezifizieren sind.	
30.	Kostengruppe 460 / 461	KG "461" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Förderanlagen, die den Aufzugsanlagen zuzuordnen sind.	Aufzüge aller Art
31.	Kostengruppe 460 / 465	KG "465" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Förderanlagen, die den Krananlagen zuzuordnen sind.	
32.	Kostengruppe 470 / 470	KG "470" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Nutzungsspezifischen Anlagen, die nicht näher zu spezifizieren sind.	
33.	Kostengruppe 470 / 473	KG "473" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Nutzungsspezifischen Anlagen, die den Medienversorgungsanlagen zuzuordnen sind.	Druckluft,
34.	Kostengruppe 470 / 475	KG "475" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Nutzungsspezifischen Anlagen, die den Feuerlöschanlagen zuzuordnen sind.	Sprinkleranlagen, Löschwasserleitungen, Feuerlöscher, Wandhydranten, sowie sonstige Brandschutzvorrichtungen wie Rauchmelder, RWA etc.
35.	Kostengruppe 470 / 477	KG "477" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Nutzungsspezifischen Anlagen, die den Prozesswärme-, Kälte- und -luftanlagen zuzuordnen sind.	Wärme-, Kälte- und Kühlwasserversorgung
36.	Kostengruppe 480 / 480	KG "480" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der Gebäudeautomation, die nicht näher zu spezifizieren sind.	
37.	Kostengruppe 490 / 490	KG "490" in der 3. Ebene kennzeichnet Kosten der sonstigen Maßnahmen für technische Anlagen, die nicht näher zu spezifizieren sind.	
38.	Kostengruppe 490 / 499	KG "499" in der 3. Ebene kennzeichnet allgemeine Kosten der Instandhaltung der gebäudetechnischen Anlagen, die keiner der vorhergehenden Kostengruppen zugeordnet werden konnten.	allgemeine IH-Kosten, nicht zuzuordnen