FORSCHUNGSINITIATIVE Zukunft BAU

F 2861

Henning Balck

Methoden und Instrumente für das LifeCycle Benchmarking für Gebäude und Technische Anlagen

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung

Fraunhofer IRB Verlag

F 2861

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlußberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2013

ISBN 978-3-8167-9017-4

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag
Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00
Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

www.irb.fraunhofer.de/bauforschung

Forschungsprojekt

„Methoden und Instrumente für das LifeCycle Benchmarking für Gebäude und Technische Anlagen“

Endbericht – April 2013

Vorgelegt von Prof. Henning Balck
IPS – Institut für Projektmethodik und Systemdienstleistungen

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.

Forschungspartner:
AUDI Neckarsulm
Fraport Frankfurt am Main
Universitätsklinikum Leipzig

Wissenschaftliche Begleitung:
Prof. Dr. Thomas Lützkendorf, IEU Weimar

Begleitende Arbeitsgruppe
Prof. Dr. Martin Becker, Hochschule Biberach
Prof. Dr. Thorsten Beckers, TU Berlin
Prof. Dr. Elmar Bollin, Fachhochschule Offenburg

Wissenschaftliche Betreuung im BBR / ZukunftBAU

Dr. Michael Brüggemann

IPS – Institut für Projektmethodik und Systemdienstleistungen
Obere Neckarstraße 21
69117 Heidelberg
Tel.: 06221-5025 89-0
Mail: info@ips-institut.de

Beteiligte des Forschungsprojektes

IPS-Forschungsgruppe

Professor Henning Balck – Wissenschaftliche Leitung

Dipl.-Ing. (FH) Gerhard Kuder - LifeCycle Engineering

Dipl.-Ing. Werner Schwind – Energieoptimierung / Building Automation

Diplom-Immobilienfachwirt Andreas Kirbach - Softwaregestützte Analysen

Betreuung BBR / ZukunftBAU

Dr. Michael Brüggemann

Mitwirkung

Friedhelm Meermann – Unterstützung bei Wirtschaftsanalysen für Aufzüge

Alfred Wieser – Bachelorarbeit Nachhaltiges Betreiben und Instandhalten am Beispiel Aufzüge für Fraport

Forschungspartner

Thomas Scheib – Leiter Gebäudemanagement Audi AG Neckarsulm

Rüdiger Budai – Auswertungen Instandhaltungssoftware MAXIMO, Audi AG

Matthias Müller – Leiter Planung und technische Gebäudeverwaltung,

Universitätsklinikum Leipzig

Christian Pohlenz – Universitätsklinikum Leipzig Energiekosten Aufzüge

Alexander Reintsch – Universitätsklinikum Leipzig Instandhaltungsmodul FAMOS (Aufwertungen

Peter Bommersheim Fraport AG – Zentrales Infrastrukturmanagement / Leiter Bestandsmanagement

Virom Subash Fraport AG – Zentrales Infrastrukturmanagement / Bestandsmanagement

Klaus Balthes – Loy & Hutz AG

Wissenschaftliche Begleitung / Strategische Beratung

Prof. Dr. Thomas Lützkendorf, IEU Weimar

Begleitende wissenschaftliche Arbeitsgruppe

Prof. Dr. Martin Becker, Hochschule Biberach

Prof. Dr. Thorsten Beckers, TU Berlin

Prof. Dr. Elmar Bollin, Fachhochschule Offenburg

Inhaltsverzeichnis

Beteiligte des Forschungsprojektes II

Inhaltsverzeichnis III

Abbildungen im Text VIII

Tabellen im Text X

Abbildungen im Anhang XI

Tabellen im Anhang XVII

Abkürzungsverzeichnis XVIII

1 Zusammenfassung 1

2 Forschungsaufgabe und Mitwirkung der Forschungspartner 9

2.1 Ziele des LifeCycle Benchmarking 9
2.2 Weiterentwicklung des Benchmarking 10
2.3 Mitwirkung der Forschungspartner 11
2.3.1 Forschungspartner AUDI AG Neckarsulm 11
2.3.2 Forschungspartner Fraport AG 12
2.3.3 Forschungspartner UKL Leipzig 12

3 Methodik Teil 1 – Lebenszyklusobjekte und Produkte 13

3.1 Objekte des Bauens in der Lebenszyklus-Perspektive 13
3.1.1 Der Projektgegenstand – Objektfokus des Projekthandelns 13
3.1.2 Phasenübergang vom Projektgegenstand zu Nutzungs- und Betriebsobjekten 15
3.1.3 Bauwerkbezogene Lebenszyklusobjekte 17
3.2 Systemaspekt der Lebenszyklusobjekte – methodisches Rückgrat des LifeCycle Benchmarking 19
3.2.1 Räumliche und Technische Lebenszyklusobjekte 19
3.2.2 Kostenelemente der Investition ermöglichen genaue Abgrenzungen von Lebenszyklusobjekten 20
3.2.3 Lebenszyklusobjekte in systemtechnischer Sicht 21
3.2.4 Bauwerke als Konfigurationen produktgenerierter Bestandteile 24
3.3 Zeitperspektive der Lebenszyklusobjekte und Produkte 26
3.3.1 Zeitintervalle und Zyklen 26
3.3.2 Das Lebenszyklusobjekt als verschachteltes Zeitmuster paralleler und aufeinanderfolgender Lebensdauern von Bestandteilen 30
3.4 Objektlebenswege und Produktlebenswege 30
3.4.1 Technologische Betrachtung der Produktlebenswege 30
3.4.2 Das Y-Modell der Überlagerung von bauwerkbezogenen Objektlebenswegen und Produktlebenswegen 32

3.4.3 Eingrenzung der Untersuchung auf Lebenszyklusobjekte im Bestand 33

4 Methodik Teil 2 – Folgeprozesse und Folgekosten der Investition 35

4.1 Veränderung der Beschaffungsmuster in der Prozesskette des Investierens, Betreibens und Instandhaltens....35
4.1.1 Langzeitverantwortung – ein Strukturproblem....35
4.1.2 Veränderung der Organisationsformen im Lebenszyklusansatz....36
4.2 Folgeprozesse und Folgekosten der Investition....37
4.2.1 Betreiben und Instandhalten – Entwicklung der Terminologie....37
4.2.2 Instandhaltung und Energiemanagement – (noch) getrennte Welten auf dem Weg zur Synergie....40
4.3 Investition und Folgeprozesse....43
4.3.1 Investitionskosten und Folgekosten....43
4.3.2 Erneuerungen....46
4.3.3 Instandsetzungen oder Ersatzinvestitionen – Erhaltungsaufwand oder Investitionen....47
4.4 Die Prozesskette des Technischen Facility Management: Nutzerprozesse – Technische Konditionierung – Betreiben und Instandhalten....49

5 Methodik Teil 3 – Ermittlung von LifeCycle Benchmarks....51

5.1 Anforderungen an LifeCycle Benchmarks....51
5.2 Benchmarking nach Strategischen Kostengruppen und Bauteilen....53
5.2.1 Strategische Kostengruppen im Bestand....53
5.2.2 Investitionsbezogene Benchmarks....57
5.2.3 Kenngrößen und Kennwerte in Relevanzbäumen darstellen....59
5.2.4 Differenzierung von Benchmarks des LifeCycle Benchmarking....61

6 Methodik Teil 4 – Ermittlung von LifeCycle Benchmarks für Technische Anlagen....65

6.1 Leitmuster für Folgekosten Technischer Anlagen....65
6.1.1 Entwicklungsstand der Kennwerte in den AMEV-Regelwerken und der VDI 2067....65
6.1.2 Methodische Anwendung und Weiterführung der Ermittlungsverfahren von Kennwerten nach AMEV und VDI 2067....67
6.1.3 Abgleich von Instandhaltungsintensität und Energieeffizienz - Datenprobleme und zukünftige LifeCycle Benchmarks....68
6.1.4 Probleme der Erfassung von Energieverbräuchen....70
6.2 Benchmarking als Grundlage für Erneuerungen – Innovative Produkte begünstigen proaktive Instandsetzungen....73

6.2.1 LifeCycle Benchmarks machen Kostentreiber der Bestandsverbesserung erkennbar ... 73
6.2.2 Marktverfügbarkeit innovativer Produkte – Messlatten für Erneuerungen ... 75

7 LC-Auswertungen - Standortspezifische Kosten der Instandhaltung ... 79

7.1 Standortprofile der Instandhaltung von lokal zusammenhängenden Liegenschaften ... 79
7.2 Standortspezifisches Kostenprofil der Instandhaltung bei Fraport ... 80
7.3 Standortspezifisches Kostenprofil der Instandhaltung beim Universitätsklinikum Leipzig UKL ... 84
7.4 Standortspezifisches Kostenprofil der Instandhaltung bei Audi Neckarsulm ... 86
7.5 Abgleich zwischen IH-Standortprofil und Investitionsprofil ... 87

8 LC-Auswertungen - LifeCycle Benchmarks ausgewählter technischer Anlagen ... 92

8.1 Vergleich des Alters von RLT-Anlagen und Aufzügen mit Lebensdauertabellen ... 93
8.2 Energieeffizienzklassen und Verbrauchswerte von Technischen Anlagen ... 94
8.2.1 Probleme der Verknüpfung von IH-Kennwerten und Energiekennwerten bei Technischen Anlagen ... 94
8.2.2 Bewertung Technischer Anlagen nach Energieeffizienzklassen ... 96
8.3 Bewertung Lüftungstechnischer Anlagen und Aufzüge nach Energieeffizienzklassen ... 96
8.4 Ermittelte LifeCycle Benchmarks von RLT-Anlagen auf Basis ausgewerteter Instandhaltungskosten bei Fraport ... 98
8.4.1 Abhängigkeit der Instandhaltungskosten vom Alter der Anlagen ... 98
8.4.2 Folgekosten-Faktoren von RLT Anlagen ... 100
8.4.3 Instandhaltungskosten von Aufzügen ... 104
8.4.4 Folgekosten-Faktoren von Aufzügen ... 106
8.4.5 Vorgehensmodell der Ermittlung von LifeCycle Benchmarks für Aufzüge ... 108

9 Softwareentwicklung für das LifeCycle Benchmarking - Probleme und Potenziale ... 111

9.1 Schlüsselfragen zu informationstechnischen Prozess-Schnittstellen des Bauens, Betreibens und Bewirtschaftens ... 111
9.2 Möglichkeiten der Datenerfassung für das LifeCycle Benchmarking in der Betreiberpraxis – Erfahrungen der Forschungspartner ... 112

9.3 Anforderungen an die Dokumentation im Bauvorhaben als Datenbasis für softwaregestütztes LifeCycle Benchmarking 115
9.4 Rahmenvorgaben für ein Pflichtenheft des softwaregestützten LifeCycle Benchmarking 118
9.4.1 Anforderungen an die Strukturierung der Lebenszyklusobjekte 118
9.4.2 Kontenklassen für Instandhaltungsaufträge 120
9.4.3 Auswertungsanforderungen nach Prozessklassen des Betreibens (ohne Energiemanagement) 122
9.4.4 Anforderungen an Auswertungen von Energiedaten 123
9.5 Anforderungsprofile für LifeCycle Benchmarks Technischer Anlagen 124
9.5.1 Anforderungsprofile für LifeCycle Benchmarks Raumlufttechnischer Anlagen 124
9.5.2 Anforderungsprofile für LifeCycle Benchmarks von Aufzügen 126
9.6 Softwaregestütztes technisch wirtschaftliches Controlling – Ausblick 126

QUELLEN 128

ANHANG 137

ANHANG 1: Nutzungsdauer von Bauteilen 137

ANHANG 2-1: Gesamtdarstellung Fraport 142

ANHANG 2-2: IH-Kosten auf Anlagenebene, Fraport 147

ANHANG 2-3: IH-Kosten auf Bauteilebene, Fraport 152

ANHANG 2-4: IH-Kosten für Aufzüge, Fraport 172

ANHANG 2-5: Energiekosten Aufzüge, Fraport 176

ANHANG 2-6: Lebenszykluskosten Fraport 178

ANHANG 3-1: Gesamtdarstellung Audi 186

ANHANG 3-2: IH-Kosten auf Bauteilebene, Audi 189

ANHANG 3-3: IH-Kosten für Aufzüge, Audi 195

ANHANG 4-1: Gesamtdarstellung UKL 196

ANHANG 4-2: IH-Kosten für Aufzüge, UKL 197

ANHANG 4-3: Lebenszykluskosten UKL (Aufzüge) 200

ANHANG 5: Vergleich der Ergebnisse der 3 Forschungspartner 204

ANHANG 6: Bauteilbezogenes Lebenszyklus-Kostenprofil 206

ANHANG 7: Beispiel für einen erweiterten Kostengruppenschlüssel nach DIN 276 208

ANHANG 8: Leitlinie LZ-Einkauf 210

ANHANG 9: Leitlinie Performance Wettbewerb 218

ANHANG 10: Ökodesign-Richtlinie 223

Abbildungen im Text

Abb. 1-1: LifeCycle Benchmarking – Verhältniswerte zwischen Folgekosten und Investitionskosten © Prof. H. Balck. 1
Abb. 1-2: Standortprofil der Instandhaltung – Audi (Quelle: Audi Neckarsulm) 3
Abb. 1-3: Standortprofil der Instandhaltung – Fraport (Quelle: Fraport) 3
Abb. 1-4: Standortprofil der Instandhaltung – Universitätsklinikum Leipzig UKL (Quelle: UKL) 4
Abb. 1-5: Prozess-Systematik der VDI 3810 Betreiben und Instandhalten von gebäudetechnischen Anlagen – gültig ab 2012 – © H. Balck 4
Abb. 1-6: Koppelung von Benchmarks für Instandhaltungskosten und Energiekosten bei gleichen Lebenszyklusobjekten 5
Abb. 1-7: Lebenszykluskosten und LZK-Faktor für eine RLT-Anlage im Betrachtungszeitraum 30 Jahre (Quelle IPS / Fraport) 8
Abb. 2-1: Gebäudebestand Audi Neckarsulm – Quelle: Audi 2011 11
Abb. 2-2: Aufgaben des Gebäudemanagement – Quelle: Audi 2011 11
Abb. 4-1: VDI 3801 Betreiben von RLT Anlagen bis – gültig von 1982- 2005 – © H. Balck 38
Abb. 4-2: Prozess-Systematik der VDI 3810 Betreiben und Instandhalten von gebäudetechnischen Anlagen – gültig ab 2012 – © H. Balck 39
Abb. 4-3: Investitionen im Kontext der Folgeprozesse – eingebunden in das Netzwerk der verantwortlichen Akteure und ihrer Organisationen 43
Abb. 4-4: Investitionskosten und Folgekosten als wirtschaftliches Abbild der 2-teiligen Prozesskette des Investierens und der Folgeprozesse im Betrieb – © H. Balck 45
Abb. 4-5: Prozesskette der unterstützenden Prozesse am Beispiel Raumlufttechnische Anlagen - © H. Balck 50
Abb. 5-1: Auswertung der Instandhaltungskosten für Entstörungen / Instandsetzungen einer Klinik – Zuordnung zu den Investitionskosten der DIN 276 (Quelle: IPS 2004) 53
Abb. 5-2: Reparaturaufträge an einem Klinikstandort (ca. 40 Gebäude) 1999 – 2007 Zuordnung zu den Investitionskosten der DIN 276 (Quelle IPS 2005) 54
Abb. 5-3: Folgekosten der Instandhaltung von Bahnhöfen für Baukonstruktionen und Technische Anlagen innerhalb deren Nutzungsdauern Zuordnung zu den Investitionskosten der DIN 276 (Quelle IPS / DB Forschung ZukunftBAU 2011) 55
Abb. 5-4: Vergleich der Investitionskosten für KG 300 und KG 400 nach DIN 276 - Auswertung von 40 BKI Bürogebäuden - IPS-Darstellung / BKI (2008) 56
Abb. 6-1: Koppelung von Benchmarks für Instandhaltungskosten und Energiekosten bei gleichen Lebenszyklusobjekten 69

Abb. 6-2: Optimierungsansätze für RLT Anlagen durch Verknüpfung der Verbesserung von Energieeffizienz und Reduzierung von Instandhaltungskosten (IH-Kosten) 74
Abb. 6-3: Beitrag zum Nachhaltigkeitsmanagement durch Instandhaltungs- und Energiemanagement 75
Abb. 7-1: IH-Kostenprofil aller Fraport-Liegenschaften am Standort Flughafen Frankfurt/ Main (Quelle: Fraport) 82
Abb. 7-2: IH-Kostenprofil aller Fraport-Liegenschaften am Standort Flughafen Frankfurt/ Main sortiert nach Standard Aktivitäten – Auszug / %-Werte gerundet (Quelle: Fraport) 82
Abb. 7-3: IH-Kostenprofil bei UKL nach DIN 276, 2. KG-Stelle (Quelle: UKL) 84
Abb. 7-4: IH-Kostenprofil bei Audi nach DIN 276, 2. KG-Stelle (Quelle: IPS / Audi) .. 86
Abb. 7-5: Vergleich IH-Kosten Fraport zu Investitionskosten Referenzprojekt (Quelle: Fraport / IPS) 88
Abb. 7-6: IH-Relevanz-Faktoren eines Gedankenexperiments (Quelle: Fraport / Prof. Balck) 89
Abb. 8-1: IH Kosten als Badewannenkurve im Zeitverlauf 99
Abb. 8-2: Lebenszykluskosten und LZK-Faktor für eine RLT-Anlage im Betrachtungszeitraum 30 Jahre (Quelle IPS / Fraport) 101
Abb. 8-3: Lebenszykluskosten und LZK-Faktor für 15 RLT-Anlage im Betrachtungszeitraum 30 Jahre (Quelle IPS / Fraport) 102
Abb. 8-4: Lebenszykluskosten und durchschnittlicher LZK-Faktor für 15 RLT-Anlagen im Betrachtungszeitraum Ermittelte LifeCycle-Benchmarks von Aufzügen 103
Abb. 8-5: Lebenszykluskosten und LZK-Faktor für einen 5 Jahre alten Seilaufzug in 30 Jahren (Quelle IPS / Fraport) 108
Abb. 8-6: Lebenszykluskosten und LZK-Faktor für 49 Seilaufzüge in 30 Jahren (Quelle IPS / Fraport) 108
Abb. 8-7: Energie- und IH-Stückkosten je Anlage / Verhältnis Energie zu IH je Anlage (Quelle: IPS / Fraport) 110
Abb. 9-1: Absteigende Sortierung der IH-Kosten nach Klassen (Quelle: Fraport) ... 114

Tabellen im Text

Tab. 1: Folgekosten-Faktoren für RLT Anlagen in Abhängigkeit vom Alter der Anlagen – (Quelle Fraport)..... 7
Tab. 2: Auswertung von Nutzungsdauerdaten für RLT Anlagen aus verfügbaren gültigen Tabellen (Quelle IPS) 93
Tab. 3: Auswertung von Nutzungsdauerdaten für Aufzugsanlagen aus verfügbaren gültigen Tabellen (Quelle IPS) 94
Tab. 4: Energieverbrauchskennwerte von Gebäudeclustern (Quelle: Fraport) 96
Tab. 5: Energiebedarfsklassen Stillstand und Fahren (Quelle: VDI 4707-1).....98
Tab. 6: Folgekosten-Faktoren für RLT Anlagen in Abhängigkeit vom Alter der Anlagen – (Quelle Fraport).....100
Tab. 7: Merkmalprofil zur Ermittlung der Investitionskosten von Aufzügen.....104
Tab. 8: IH-Folgekosten und IH-Folgekosten-Faktoren für Aufzugsarten in Abhängigkeit vom Alter der Anlagen – (Quelle IPS / Fraport.....107

Abbildungen im Anhang

Abb. A 1: IH-Kosten 2010, sortiert nach Anlagenklassen und Bauteilarten (Quelle: IPS / Fraport 142
Abb. A 2: IH-Kosten 2009-2010, sortiert nach standardisierten Prozessklassen (Quelle: IPS / Fraport) 143
Abb. A 3: Standortprofil der Instandhaltungskosten 2007-2010 bei Fraport (Quelle: IPS / Fraport) 144
Abb. A 4: Darstellung eines „Datenexperimentes“: Korrespondierende Kostengruppen der Investition mit den Kostengruppen des Standortprofils für Instandhaltungskosten bei Fraport (Quelle: IPS / Fraport). 144
Abb. A 5: Standortprofil der Instandhaltungskosten 2010 bei Fraport (Quelle: IPS / Fraport) 145
Abb. A 6: IH-Kosten für Terminals 2007-2010 bei Fraport (Quelle: IPS / Fraport) ... 145
Abb. A 7: IH-Kosten lufttechnischer Anlagen 2009-2010, sortiert nach standardisierten Prozessklassen (Quelle: IPS / Fraport) 147
Abb. A 8: IH-Kosten Gefahrenmelde- und Alarmanlagen 2009-2010, sortiert nach standardisierten Prozessklassen (Quelle: IPS / Fraport) 147
Abb. A 9: IH-Kosten Baukonstruktionen 2009-2010, sortiert nach standardisierten Prozessklassen (Quelle: IPS / Fraport) 148
Abb. A 10: IH-Kosten Niederspannungsinstallationsanlagen 2009-2010, sortiert nach standardisierten Prozessklassen (Quelle: IPS / Fraport) 148
Abb. A 11: IH-Kosten Innentüren und -fenster 2009-2010, sortiert nach standardisierten Prozessklassen (Quelle: IPS / Fraport) 149
Abb. A 12: IH-Kosten Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen 2009-2010, sortiert nach standardisierten Prozessklassen (Quelle: IPS / Fraport) 149
Abb. A 13: IH-Kosten Beleuchtung 2009-2010, sortiert nach standardisierten Prozessklassen (Quelle: IPS / Fraport) 150
Abb. A 14: IH-Kosten Feuerlöschanlagen 2009-2010, sortiert nach standardisierten Prozessklassen (Quelle: IPS / Fraport) 150
Abb. A 15: IH-Kosten Befahranlagen 2009-2010, sortiert nach standardisierten Prozessklassen (Quelle: IPS / Fraport) 151
Abb. A 16: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Entrauchungsventilatoren (Quelle: IPS / Fraport) 152
Abb. A 17: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Entrauchungsventilatoren / Differenzierung nach IH-Vorgangsarten (Quelle: IPS /Fraport) 152
Abb. A 18: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Entrauchungsventilatoren / Differenzierung nach Gebäudearten (Quelle: IPS / Fraport) 153

Abb. A 19: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Entrauchungsventilatoren / Differenzierung nach Gebäudearten und IH-Vorgangsarten (Quelle: IPS / Fraport) 153
Abb. A 20: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Entrauchungsventilatoren / Differenziert nach Nutzungsarten innerhalb der Gebäudeklasse Service-, Verwaltungsgebäude (Quelle: IPS / Fraport) 154
Abb. A 21: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Entrauchungsventilatoren / Differenzierung nach Nutzungsarten innerhalb der Gebäudeklasse Service-, Verwaltungsgebäude / Differenzierung nach IH-Vorgangsarten (Quelle: IPS / Fraport).....154
Abb. A 22: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Kanalrauchmelder (Quelle: IPS / Fraport) 155
Abb. A 23: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Kanalrauchmelder / Differenzierung nach IH-Vorgangsarten (Quelle: IPS / Fraport) 155
Abb. A 24: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Kanalrauchmelder / Differenzierung nach Gebäudearten (Quelle: IPS / Fraport) 156
Abb. A 25: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Kanalrauchmelder / Differenzierung nach Gebäudearten und IH-Vorgangsarten (Quelle: IPS / Fraport).....156
Abb. A 26: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Kanalrauchmelder / Differenziert nach Nutzungsarten innerhalb der Gebäudeklasse Service-, Verwaltungsgebäude (Quelle: IPS / Fraport)....157
Abb. A 27: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Kanalrauchmelder / Differenzierung nach Nutzungsarten innerhalb der Gebäudeklasse Service-, Verwaltungs-Gebäude / Differenzierung nach IH-Vorgangsarten (Quelle: IPS / Fraport) 157
Abb. A 28: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Entrauchungsklappen (Quelle: IPS / Fraport).....158
Abb. A 29: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Entrauchungsklappen / Differenzierung nach IH-Vorgangsarten (Quelle: IPS / Fraport).....158
Abb. A 30: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Entrauchungsklappen / Differenzierung nach Gebäudearten (Quelle: IPS / Fraport).....159
Abb. A 31: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Entrauchungsklappen / Differenzierung nach Gebäudearten und IH-Vorgangsarten (Quelle: IPS / Fraport) 159
Abb. A 32: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Entrauchungsklappen / Differenziert nach Nutzungsarten innerhalb

der Gebäudeklasse Service-, Verwaltungsgebäude (Quelle: IPS / Fraport) 160
Abb. A 33: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Entrauchungsklappen / Differenzierung nach Nutzungsarten innerhalb der Gebäudeklasse Service-, Verwaltungsgebäude / Differenzierung nach IH-Vorgangsarten (Quelle: IPS / Fraport) 160
Abb. A 34: Befahranlagen, differenziert nach Komponenten (Quelle: IPS / Fraport).. 161
Abb. A 35: Abwasseranlagen / Benzinabscheider mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / Fraport) 162
Abb. A 36: Abwasseranlagen/ Hebeanlage mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / Fraport) 162
Abb. A 37: Abwasseranlagen/ Sumpfpumpe mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / Fraport) 163
Abb. A 38: Fensterklimageräte mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / Fraport) 164
Abb. A 39: Fensterklimageräte mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten, differenziert nach Gebäudearten (Quelle: IPS / Fraport)..... 164
Abb. A 40: Fensterklimageräte mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten für Service- und Verwaltungsgebäude, differenziert nach Nutzungen (Quelle: IPS / Fraport) 165
Abb. A 41: Fahrsteige, mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / Fraport) 166
Abb. A 42: Fahrtreppe bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / Fraport) 166
Abb. A 43: Fensterklimageräte mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten für Service- und Verwaltungsgebäude, differenziert nach Vorgängen (Quelle: IPS / Fraport) 167
Abb. A 44: Brandschutzklappen mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / Fraport) 168
Abb. A 45: Brandschutzklappen bauteilorientierte IH-Kosten / Stückkosten, differenziert nach Vorgängen (Quelle: IPS / Fraport)..... 168
Abb. A 46: Brandschutzklappen mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten, differenziert nach Gebäudearten (Quelle: IPS / Fraport)..... 169
Abb. A 47: Brandschutzklappen mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten, differenziert nach Gebäudearten und Vorgängen (Quelle: IPS / Fraport). 169
Abb. A 48: Brandschutzklappen mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten für Service- und Verwaltungsgebäude, differenziert nach Nutzungen (Quelle: IPS / Fraport) 170
Abb. A 49: Brandschutzklappen mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten für Service- und Verwaltungsgebäude, differenziert nach Nutzungen und Vorgängen (Quelle: IPS / Fraport) 170

Abb. A 50: Übersicht von Anlagen / Bauteilen mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten Teil 1 (Quelle: IPS / Fraport) 171
Abb. A 51: Übersicht von Anlagen / Bauteilen mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten Teil 2 (Quelle: IPS / Fraport) 171
Abb. A 52: Aufzüge mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / Fraport) 172
Abb. A 53: Seil-Aufzüge mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten, differenziert nach Gebäudearten (Quelle: IPS / Fraport) 172
Abb. A 54: Hydraulik indirekt Aufzüge mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten, differenziert nach Gebäudearten (Quelle: IPS / Fraport) 173
Abb. A 55: Hydraulik Aufzüge mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten, differenziert nach Gebäudearten (Quelle: IPS / Fraport) 173
Abb. A 56: Aufzüge mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten, differenziert nach Vorgängen (Quelle: IPS / Fraport) 174
Abb. A 57: Aufzüge mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten, differenziert nach Gebäudearten und Vorgängen (Quelle: IPS / Fraport) 174
Abb. A 58: Aufzüge mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten für Service- und Verwaltungsgebäude, differenziert nach Nutzungen und Vorgängen (Quelle: IPS / Fraport) 175
Abb. A 59: Lebenszykluskosten p. a. von 90 ausgewählten Aufzügen (Quelle: IPS / Fraport) 176
Abb. A 60: Lebenszykluskosten p. a. von 90 ausgewählten Aufzügen, Differenzierung nach Aufzugsarten und Fahrsteigen (Quelle: IPS / Fraport) 176
Abb. A 61: Min.- und Max.-Werte der IH-Kosten und Energiekosten der untersuchten Aufzüge / Fahrsteige (Quelle: IPS / Fraport) 177
Abb. A 62: Lebenszykluskosten-Modellrechnung für eine ausgewählte RLT-Anlage in einem Fraport-Bürogebäude (Quelle: IPS / Fraport) 179
Abb. A 63: Lebenszykluskosten-Modellrechnung für 15 ausgewählte RLT-Anlage in mehreren Fraport-Bürogebäuden (Quelle: IPS / Fraport) 180
Abb. A 64: Lebenszykluskosten für Fraport-Aufzüge im Betrachtungszeitraum 10 Jahre (Quelle: IPS / Fraport) 181
Abb. A 65: Lebenszykluskosten für Fraport-Aufzüge im Betrachtungszeitraum 20 Jahre (Quelle: IPS / Fraport) 182
Abb. A 66: Darstellung der IH-LZK-Faktoren der Fraport-Aufzüge, differenziert nach Aufzugsalter (Quelle: IPS / Fraport) 183
Abb. A 67: Darstellung der IH-LZK-Faktoren der Fraport-Aufzüge für 1 Jahr (Quelle: IPS / Fraport) 183
Abb. A 68: Darstellung der IH-LZK-Faktoren der Fraport-Aufzüge für 1 Jahr, differenziert nach Aufzugsalter (Quelle: IPS / Fraport) 184
Abb. A 69: Lebenszykluskosten für ausgewählte Fraport-Seilaufzüge (Quelle: IPS / Fraport) 185

Abb. A 70: IH-Standortprofil für Audi Neckarsulm, differenziert nach Auftragsarten (Quelle: IPS / Audi) 186
Abb. A 71: Entwicklung der IH-Standortprofile, differenziert nach Auftragsarten 2007-2010 (Quelle: IPS / Audi) 187
Abb. A 72: Entwicklung der Instandhaltungskosten 2007-2010 (Quelle: IPS / Audi) .. 187
Abb. A 73: IH-Standortprofil für Audi Neckarsulm, sortiert nach DIN 276 Kostengruppen (Quelle: IPS / Audi) 188
Abb. A 74: Bauteilorientierte IH-Kosten für Beleuchtung, differenziert nach Vorgangsarten (Quelle: IPS / Audi) 188
Abb. A 75: Bauteilorientierte IH-Kosten für Brandschutzklappen / Stückkosten (Quelle: IPS / Audi) 189
Abb. A 76: Bauteilorientierte IH-Kosten für Brandschutzklappen, differenziert nach Vorgangsarten (Quelle: IPS / Audi) 189
Abb. A 77: Bauteilorientierte IH-Kosten für Türen / Tore / Stückkosten (Quelle: IPS / Audi) 190
Abb. A 78: Bauteilorientierte IH-Kosten für Türen / Tore, differenziert nach Vorgangsarten (Quelle: IPS / Audi) 190
Abb. A 79: Bauteilorientierte IH-Kosten für Ölabscheideanlagen / Stückkosten (Quelle: IPS / Audi) 191
Abb. A 80: Bauteilorientierte IH-Kosten für Ölabscheideanlagen, differenziert nach Vorgangsarten (Quelle: IPS / Audi) 191
Abb. A 81: Bauteilorientierte IH-Kosten für RWA-Klappen / Stückkosten (Quelle: IPS / Audi) 192
Abb. A 82: Bauteilorientierte IH-Kosten für RWA-Klappen, differenziert nach Vorgangsarten (Quelle: IPS / Audi) 192
Abb. A 83: Bauteilorientierte IH-Kosten für Umluftkühlgeräte / Stückkosten (Quelle: IPS / Audi) 193
Abb. A 84: Bauteilorientierte IH-Kosten für Umluftkühlgeräte, differenziert nach Vorgangsarten (Quelle: IPS / Audi) 193
Abb. A 85: Bauteilorientierte IH-Kosten für Warmwasserbereiter / Stückkosten (Quelle: IPS / Audi) 194
Abb. A 86: Bauteilorientierte IH-Kosten für Warmwasserbereiter, differenziert nach Vorgangsarten (Quelle: IPS / Audi) 194
Abb. A 87: Bauteilorientierte IH-Kosten für Aufzüge / Stückkosten (Quelle: IPS / Audi) 195
Abb. A 88: Bauteilorientierte IH-Kosten für Aufzüge, differenziert nach Vorgangsarten (Quelle: IPS / Audi) 195
Abb. A 89: Standortprofil der Instandhaltungskosten 2010 bei UKL (Quelle: IPS / UKL) 196
Abb. A 90: Aufzüge mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / UKL) 197

Abb. A 91: Aufzüge mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten, differenziert nach Vorgängen (Quelle: IPS / UKL) 197
Abb. A 92: Seil-Aufzüge mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / UKL)....198
Abb. A 93: Seil-Aufzüge mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten, differenziert nach Vorgängen (Quelle: IPS / UKL)....198
Abb. A 94: Hydraulik-Aufzüge mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / UKL)....199
Abb. A 95: Hydraulik-Aufzüge mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten, differenziert nach Vorgängen (Quelle: IPS / UKL) 199
Abb. A 96: Lebenszykluskosten für UKL-Aufzüge im Betrachtungszeitraum 20 Jahre (Quelle: IPS / UKL)....200
Abb. A 97: Lebenszykluskosten für 2 UKL-Aufzüge inkl. Energie im Betrachtungszeitraum 10 Jahre (Quelle: IPS / UKL)....200
Abb. A 98: Lebenszykluskosten für 2 UKL-Aufzüge inkl. Energie im Betrachtungszeitraum 20 Jahre (Quelle: IPS / UKL)....201
Abb. A 99: Lebenszykluskosten für einen ausgewählten UKL -Seilaufzüge (Quelle: IPS / UKL)....201
Abb. A 100: Darstellung der IH-LZK-Faktoren der UKL-Aufzüge, differenziert nach Aufzugsalter (Quelle: IPS / UKL) 203
Abb. A 101: Lebenszykluskosten für einen ausgewählten Seilaufzug (Quelle: IPS / UKL)....203
Abb. A 102: Vergleich der IH-Kennwerte von Aufzügen mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / Fraport / Audi / UKL) 204
Abb. A 103: Vergleich der IH-Kennwerte von Brandschutzklappen mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / Fraport / Audi) 205
Abb. A 104: Vergleich der IH-Kennwerte von Entrauchungsklappen mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / Fraport / Audi) 205

Tabellen im Anhang

Tab. A 1: Nutzungsdauerdaten für lufttechnische Anlagen, KG 431 Lüftungsanlagen DIN 276 – Min.- und Max.-Werte sind Absolut-Werte (alle Angaben sind Auswertungen aus den verfügbaren Quellen mit Nutzungsdauerdaten) .. 138
Tab. A 2: Nutzungsdauerdaten für lufttechnische Anlagen, KG 434 Kälteanlagen DIN 276 – Min.- und Max.-Werte sind Absolut-Werte (alle Angaben sind Auswertungen aus den verfügbaren Quellen mit Nutzungsdauerdaten) .. 139
Tab. A 3: Nutzungsdauerdaten für lufttechnische Anlagen, KG 434 Kälteanlagen DIN 276 – Min.- und Max.-Werte sind Absolut-Werte (alle Angaben sind Auswertungen aus den verfügbaren Quellen mit Nutzungsdauerdaten) .. 140
Tab. A 4: Nutzungsdauerdaten für Förderanlagen, KG 461 Aufzugsanlagen DIN 276 – Min.- und Max.-Werte sind Absolut-Werte (alle Angaben sind Auswertungen aus den verfügbaren Quellen mit Nutzungsdauerdaten). 141
Tab. A 5 Gebäudebezogene Energieverbräuche 2010 (Quelle: Fraport) 146
Tab. A 6: LZK-Faktoren für RLT-Anlagen, differenziert nach Alter und Kostenart (Quelle: IPS / Fraport) 178
Tab. A 7: IH-LZK-Faktoren für ausgewählte RLT-Anlagen (Quelle: IPS / Fraport)... 179
Tab. A 8: IH-LZK-Faktoren für ausgewählte RLT-Anlagen aufgeteilt in Min, Mittel, Max (Quelle: IPS / Fraport) 179
Tab. A 9: IH-LZK-Faktoren der Fraport-Aufzüge, differenziert nach Aufzugsalter, Betrachtungszeitraum 1 Jahr und 10 Jahre (Quelle: IPS / Fraport)..... 182
Tab. A 10: IH-LZK-Faktoren der UKL-Aufzüge, differenziert nach Aufzugsalter, Betrachtungszeitraum 1 Jahr und 10 Jahre (Quelle: IPS / UKL) 202
Tab. A 11: IH-LZK-Faktoren für ausgewählte Aufzüge aufgeteilt in Min, Mittel, Max (Quelle: IPS / UKL) 202
Tab. A 12: LZK-Faktoren für Aufzüge, differenziert nach Alter und Kostenart, Beispielberechnung an 2 Aufzügen (Quelle: IPS / UKL) 202
Tab. A 13: Kostenarten in den Lebenszyklusphasen von Bauteilen 206
Tab. A 14: Standard-Kostenprofil für Bauteil-Erneuerungsketten 207
Tab. A 15: Ökodesign-Richtlinie Teil 1 223
Tab. A 16: Ökodesign-Richtlinie Teil 2 223
Tab. A 17: Ökodesign-Richtlinie Teil 3 224

Abkürzungsverzeichnis

AMEV	Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik
BGF	Brutto-Grundfläche
DIN	Deutsches Institut für Normung
IH	Instandhaltung
LCB	LifeCycle Benchmarking
LZ	Lebenszyklus
LZK	Lebenszykluskosten
LZK-F	Lebenszykluskostenfaktor
UIH	Unregelmäßige Instandhaltungskosten
RIH	Regelmäßige Instandhaltungskosten
UBA	Umweltbundesamt Berlin
UKL	Universitätsklinikum Leipzig AöR
VDI	Verein Deutscher Ingenieure

1 Zusammenfassung

In der Bau- und Immobilienwirtschaft vollzieht sich ein Wandel. Akteure des Bauens beziehen in ihre Entscheidungen verstärkt die Themen der Nachhaltigkeit sowie die Betrachtung des vollständigen Lebenszyklus mit ein. Im Zentrum des Lebenszyklusansatzes stehen das Nachhaltigkeitsgebot und die Neudefinition der Bauaufgabe. Investoren und Bauherrn sind aufgefordert, Investitionsziele mit Betriebszielen zu verbinden. Die beteiligten Forschungspartner haben als „Betreiber-Bauherrn“ das gemeinsame Interesse, das Spektrum der Baumaßnahmen – Neubauten, Umbauten, Sanierungen – mit den nachfolgenden Prozessen des Betreibens, Instandhaltens und infrastruktureller Dienste wirtschaftlich und qualitativ optimal durchzuführen. Das Ziel der Zusammenarbeit war ein Benchmarkingansatz, der solche Prozesse im Gesamtzusammenhang mit detaillierten Entscheidungshilfen unterstützt.

Unter der vom Autor gewählten Bezeichnung „LifeCycle Benchmarking“ ist ein methodisches Konzept verfolgt worden, das in Bestandsgebäuden kostenbezogene Kennwerte als Verhältnis von Investitionskosten und Folgekosten zur Grundlage des Benchmarking macht – und in umgekehrter Richtung die Ermittlung von lebenszyklusorientierten Kennwerten für Planungs- und Beschaffungsprozesse ermöglicht.

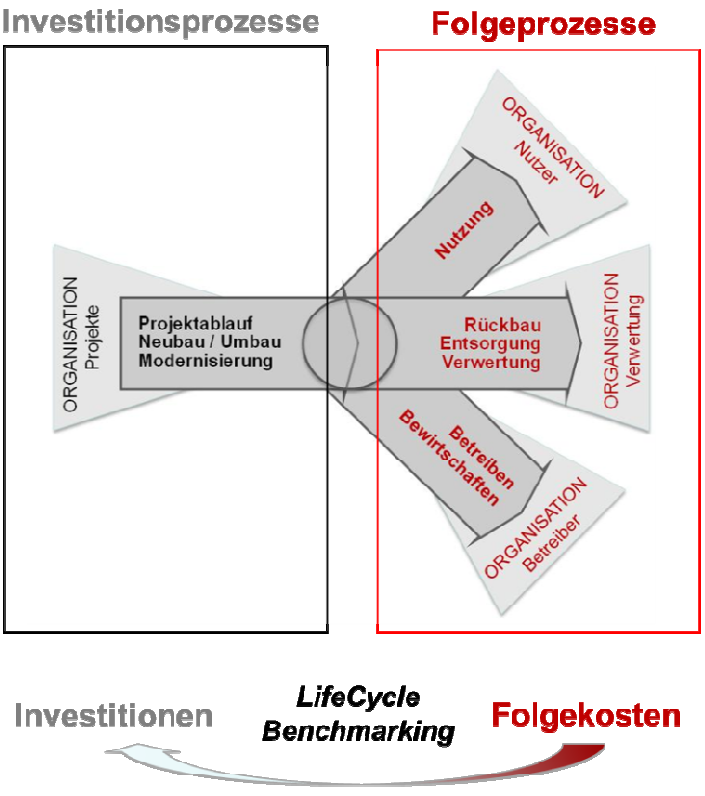


Abb. 1-1: LifeCycle Benchmarking – Verhältniswerte zwischen Folgekosten und Investitionskosten © Prof. H. Balck.

Dadurch können gleichermaßen Entscheidungshilfen für Optimierungen in den Nutzungs- und Betriebsphasen im Bestandsmanagement wie auch in den Planungsphasen von

Bauprojekten bereitgestellt werden. Damit einher geht die integrale Managementaufgabe, Investitions- und Betriebsprozesse in Unternehmen in einem ganzheitlichen Lebenszyklusansatz auszurichten. LifeCycle Benchmarks ermöglichen dafür eine Unterstützung des Technisch-wirtschaftlichen Controllings. Ein wichtiger Ansatz wird in der Beschreibung und Bewertung einer auch langfristigen Effizienz gesehen, bei der Aufwandsgrößen (Lebenszykluskosten, Ökobilanz usw.) Langzeitqualitäten gegenübergestellt werden.

Ausrichtung des Benchmarking auf Lebenszyklusobjekte

Objekte des Bauens, die in einem historisch konkreten Prozess des Hervorbringens entstehen nennen wir „Bauwerkbezogene Lebenszyklusobjekte“ Solche Objekte sind „Unikate“. Sie werden in der Zusammenschau folgender Lebenszyklusphasen definiert:

PLANUNG IM BAUPROJEKT – AUSFÜHRUNG IM BAUPROJEKT – NUTZUNG / BETRIEB – ERNEUERUNG MIT ENTSORGUNG – ABBRUCH / ENTSORGUNG OHNE ERNEUERUNG

LifeCycle Benchmarks sind Quantifizierungen von Kostenverhältnissen ausgewählter Investitionsbestandteile zu ausgewählten Folgeprozessen innerhalb solcher Ketten – von der Planung bis zur Entsorgung. Dabei muss eine methodische Regel beachtet werden: Verlangt wird eine durchgängige Kostenbetrachtung. Vor allem müssen im Anfangsglied der Prozessketten Investitionskosten als Basis verwendet werden[1]. .

Durch diesen Ansatz können Benchmarks für Lebenszyklusobjekte auf allen Systemebenen gebildet werden – besonders für beliebige Bauwerk-Bestandteile – z.B. für eine Lüftungsanlage, ein Lüftungsgerät, einen Ventilator oder für Gesamtheiten solcher Objekte.

Lebenszyklusobjekte als komplexe Zeitmuster aus Nutzungsdauern und Zyklen

Die vergleichende Analyse zeigt ein Spektrum von Objektzyklen zwischen Lebensdauern weniger Jahre und mehrerer Jahrzehnte. Es gibt also für Bauwerke nicht, wie das häufig in der Fachliteratur verkürzt dargestellt wird, schlechthin die Lebensdauer oder den Lebenszyklus. In der Langzeit-Perspektive erscheint das Gesamtsystem Bauwerk als Lebenszyklusobjekt und damit als verschachteltes Zeitmuster aufeinanderfolgender Lebensdauern von Bauwerk-Subsystemen (Baukonstruktionen und Technischen Anlagen), die man sich jeweils auf darunterliegenden Systemebenen als kaskadenartiges Zeitmuster aufeinanderfolgender Lebensdauern von Bauteilen vorstellen muss.

Standortprofile der Instandhaltung

Unser Benchmarking-Ansatz ist objektorientiert. Danach werden vor allem Investitionskosten und Folgekosten auf Basis der systemtechnischen Gliederung gleichen Positionen der DIN 276 zugeordnet. Da für jede untersuchte Liegenschaft prinzipiell alle Kostengruppen der DIN 276 durchmustert werden, fallen immer solche Kostengruppen auf, die

[1] Im klassischen Benchmarking werden anstelle von Investitionskosten (die i.d.R. nicht bekannt oder nicht verfügbar sind) Flächengrößen (BGF oder NGF) verwendet. Dadurch verbleiben Benchmarkwerte auf der Gesamtebene der Bauwerke und können nicht für deren Subsysteme und Bauteile differenziert werden.

überproportionale Folgekostenanteile haben. Die bei den Forschungspartnern erfassten Liegenschaften sind jeweils Gebäudebestände an einem Standort. Das wichtigste Ergebnis ist die Auswertung der Instandhaltungskosten. Die folgenden Übersichten spiegeln den beschriebenen Ansatz der Strategischen Kostengruppen. Solche Muster sind gleichsam wirtschaftliche Kennlinien des Immobilienbestandes eines Standortes, bedingt durch die Besonderheiten der Nutzung, das historische Wachstum der Liegenschaften und die Charakteristik der Einzelgebäude.

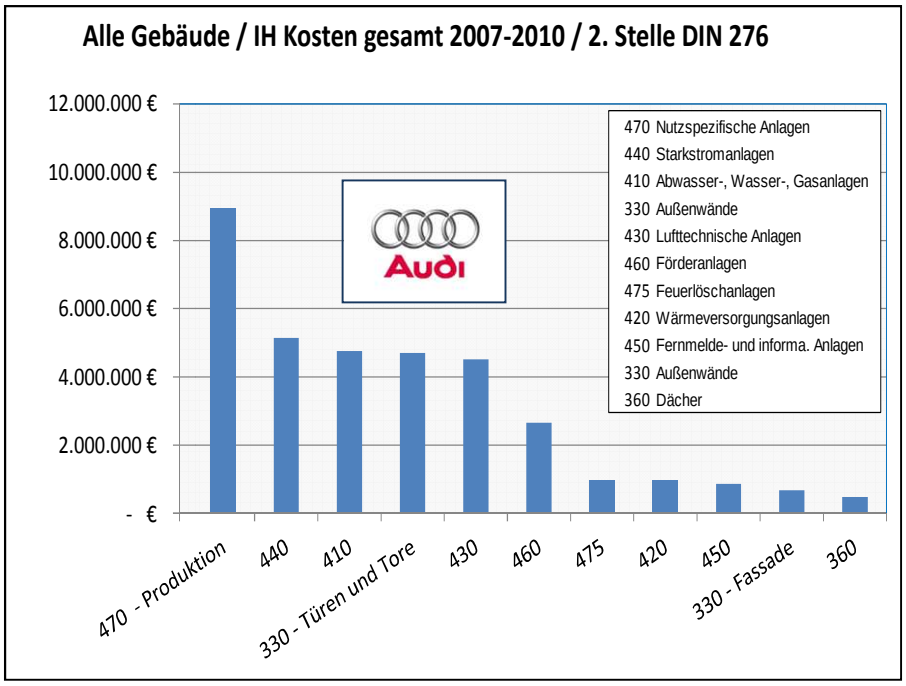


Abb. 1-2: Standortprofil der Instandhaltung – Audi (Quelle: Audi Neckarsulm)

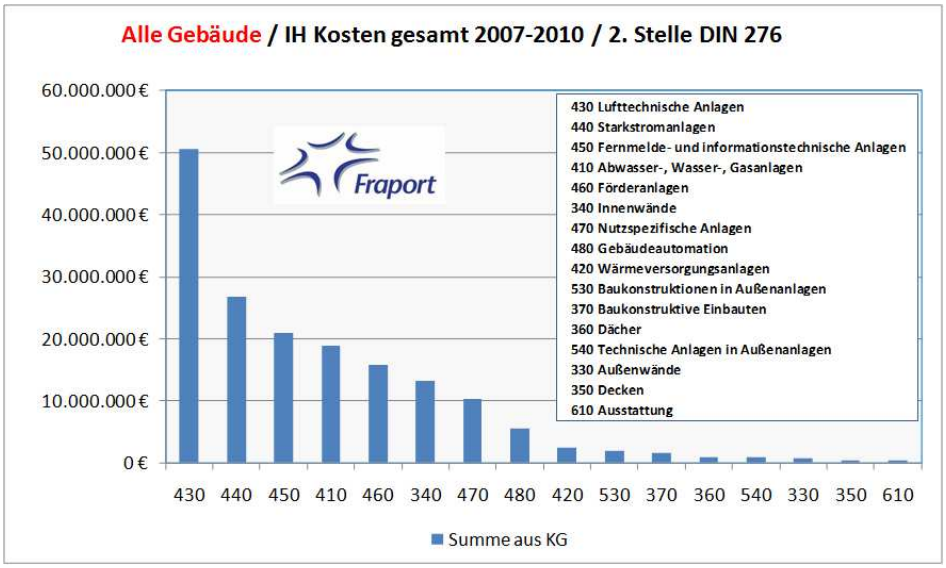


Abb. 1-3: Standortprofil der Instandhaltung – Fraport (Quelle: Fraport)

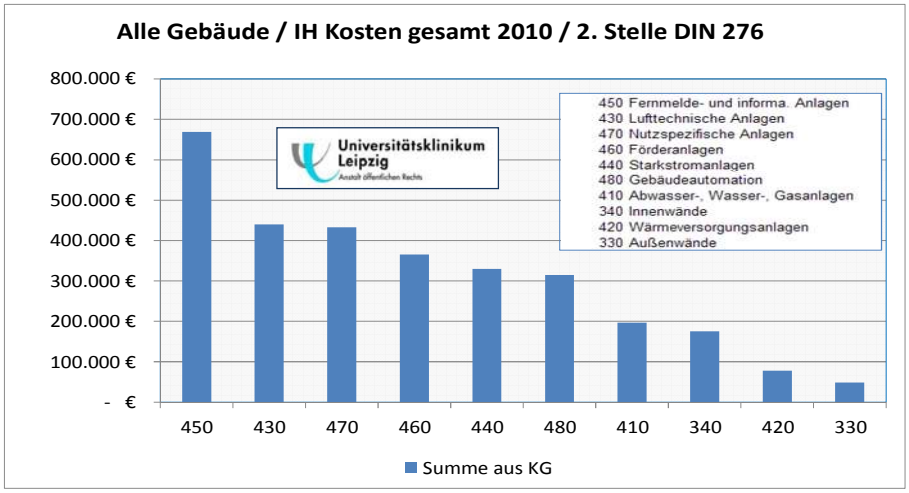


Abb. 1-4: Standortprofil der Instandhaltung – Universitätsklinikum Leipzig UKL (Quelle: UKL)

Wir bezeichnen die Gesamtauswertungen der Instandhaltungskosten als „Standortprofile der Instandhaltung“ und verstehen sie als ein Leitmuster der Bewirtschaftung von Immobilien.

Integration des Energiemanagement in die Prozesse des Betreibens und Instandhaltens

Die in der 2012 neu erschienenen VDI 3810 Integration des Energiemanagement in die Aufgaben und Aktivitäten der Betreiber ist ein historischer Meilenstein, weil im Gebäudemanagement / Facility Management eine neue Entwicklungsphase begonnen hat.

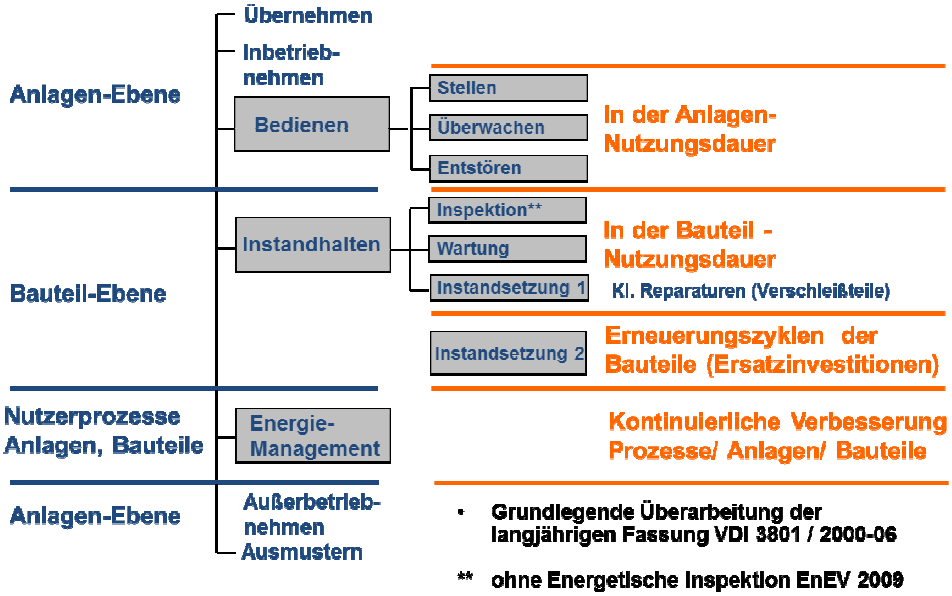


Abb. 1-5: Prozess-Systematik der VDI 3810 Betreiben und Instandhalten von gebäudetechnischen Anlagen – gültig ab 2012 – © H. Balck

Die beteiligten Forschungspartner haben Ziele der Nachhaltigkeit als zentrale Aufgabe des Managements erkannt. Deswegen wurden im Forschungsprojekt parallel zu analysierten Instandhaltungskosten auch Energieverbräuche und Energiekosten der erfassten Anlagen in das Benchmarking einbezogen.

Der neue Fokus „Energiemanagement“ beinhaltet eine Grenzüberschreitung. Während nach dem klassischen Verständnis des „Betreibens“ der störungsarme Betrieb – also das Vermeiden, Verhindern bzw. Beseitigen von Störungen – im Mittelpunkt der unterstützenden Dienstleistungen stand, erweitert sich nun dieser Fokus um eine zweite Ausrichtung: die Reduzierung von Energieaufwand und damit einhergehenden Umweltbelastungen. Das ist aber nur möglich, wenn im Bestand Konstruktionen und Anlagen durch Umbau, Umrüstung, Nachrüstung verändert werden, um höhere Effizienzniveaus zu erreichen. Dazu sind anlagenbezogene bzw. bauteilbezogene Benchmarks eine wichtige Voraussetzung.

Abgleich von Instandhaltungsintensität und Energieeffizienz

Die Auswertung von Instandhaltungsdaten der Forschungspartner bildet das methodische Rückgrat der vorliegenden Untersuchung. Sie wurde begünstigt durch umfangreiche Datenbestände, die durch Instandhaltungssoftware in teilweise großer Detailtiefe, besonders bis auf die Bauteilebene, bei allen Forschungspartnern zur Verfügung stand.

Besonders die Teilanalyse am Beispiel Aufzüge und RLT-Anlagen bei Fraport zeigte aber eine strategisch wichtige Parallele: Die Lebenszyklusobjekte mit ausgewiesenen Instandhaltungskosten haben in ähnlicher Mächtigkeit zugehörige Energieverbräuche.

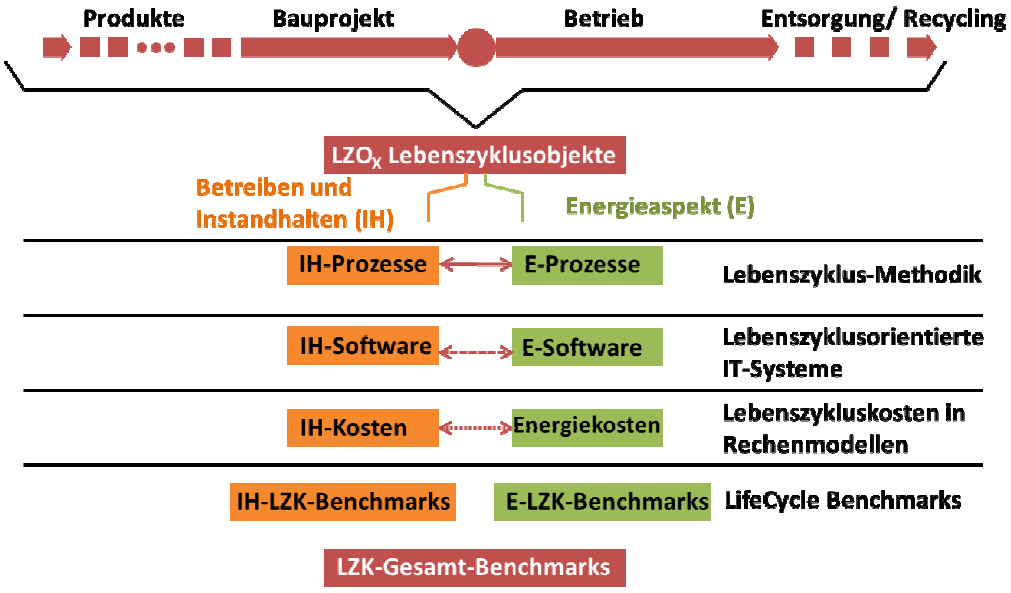


Abb. 1-6: Koppelung von Benchmarks für Instandhaltungskosten und Energiekosten bei gleichen Lebenszyklusobjekten

Lebenszykluskosten-Faktoren (LZK-Faktoren)

LZK-Faktoren bilden den methodischen Kern für ein Benchmarking, in dem Folgekosten nicht auf Basisflächen (BGF/NGF) von Bezugsobjekten, sondern auf die ursächlichen Investitionskosten dieser Objekte bezogen werden. Die Verhältniswerte zwischen den Investitionskosten nach DIN 276 zu den Folgekosten in den gleichen Kostengruppen nennen wir Lebenszykluskosten-Faktoren oder synonym Folgekosten-Faktoren. Sie spiegeln Eigenschaften der Bauteile, bzw. die Effizienz der damit verbundenen Betriebsprozesse der Anlagen im Betreiben und Instandhalten.

In den durchgeführten Benchmark-Ermittlungen haben wir LZK-Faktoren pro Jahr und für Prognosen LZK-Faktoren für 20 oder 30 Jahre berechnet.

LZK-Faktor p.a.

$$\text{Lebenszykluskostenfaktor} = \frac{\text{Folgekosten pro Jahr}}{\text{Investitionskosten}}$$

LZK-Faktor 20 Jahre

$$\text{Lebenszykluskostenfaktor} = \frac{\text{Folgekosten 20 Jahre}}{\text{Investitionskosten}}$$

Vertiefung der Auswertungen - von Anlagenklassen zu Einzelanlagen
Aufgrund der verfügbaren Software und darin hinterlegter Kostenkategorien sind Auswertungen zunächst nach Kostengruppen der DIN 276 und auf tieferer Ebene nach ausgewählten Anlagenklassen möglich. Da prinzipiell im Anlagenmanagement parallel zu klassifizierenden Nummern auch identifizierende Codes verwendet werden (Identitätscodes), können auf dieser Basis auch Einzelanlagen ausgewertet werden. Allerdings ist dies oft erschwert, weil in der Erfassung laufender Kosten in der Regel als einzige Identität nur die identifizierende Gebäudenummer angegeben wird. Aus diesem Grund sind Auswertungen für Einzelanlagen mit zusätzlichem Aufwand verbunden oder müssen geschätzt werden. Ermittelt wurden Verhältniswerte zwischen anlagenscharf oder bauteilscharf ermittelten Investitionskosten und den Folgekosten, die durch Prozesse des Betreibens und Instandhaltens dieser Anlagen / Bauteile entstehen. Nach der Polarität von objektbezogenen Kosten der Instandhaltung und des Energieverbrauchs lassen sich folgende Untergruppen bilden:

IH-LZK Faktoren (LifeCycle Benchmarks Instandhaltung)
Kosten der Instandhaltung von Objekten im Verhältnis zu den Investitionskosten dieser Objekte

EE-LZK Faktoren (LifeCycle Benchmarks Energieeffizienz)
Energiekosten durch Eigenverbrauch von Objekten (z. B. Stromverbrauch von Leuchten, Hilfsenergie von Pumpen) im Verhältnis zu den Investitionskosten dieser Objekte.

Der EE-LZK Kennwerttyp entspricht den Effizienzbewertungen der EU Ökodesign-Verordnung mit der der ursprünglichen Objektbestimmung „Energy-using Products“ (EuP)[2].

Aufgrund der bei Fraport mit der SAP PM Instandhaltungssoftware nach Baujahren erfassten technischen Anlagen konnten Instandhaltungskosten zeitlich nach dem Alter der Einzelanlagen sortiert werden. In Tab. 1 wurden jahresbezogene IH-LZK Faktoren (Verhältnis der IH-Kosten zu den geschätzten Investitionskosten) von RLT-Anlagen in zwei Altersklassen unterschieden: bis 22 Jahre und älter 30 Jahre. Bei den IH-Kostenfaktoren unterscheiden sich die Extremwerte mit dem Faktor 3 bis 4. D.h. RLT-Anlagen haben um das Dreifache höhere IH-Kosten, wenn sie älter als 30 Jahre sind. Diese aufschlussreichen Kostensprünge entsprechen dem Badewannenverlauf. Die „Badewannenkurve“ ist ein Grundbegriff der Instandhaltung. Er bezeichnet im zeitlichen Verlauf der gesamten Lebensdauer einer Anlage oder eines Bauteils die Häufigkeit von Störungen, bzw. Ausfällen und Instandsetzungen. Die Badewannenkurve ist 3-teilig: Am Anfang eine schnell abnehmende Störungsrate, im mittleren, zeitlich langen Teil eine konstante Störungsrate und im Endteil eine zunehmende Störungsrate. Die durch Verschleiß/ Abnutzung/ Alterung bedingten Ausfälle in der dritten Phase sind für unsere Untersuchung besonders interessant für Optimierungsansätze im Zuge von Erneuerungen. Da reale Zeitreihen aufgrund der verfügbaren Daten (nur Daten von 2008 – 2010) nicht gebildet werden können, sprechen wir von „Virtuellen Badewannenkurven“.

Alter RLT-Anlagen	Anzahl RLT-Anlagen	Σ Investition	1 Jahre		10 Jahre	
			Kosten	Faktor	Kosten	Faktor
IH-LZK-Faktor (Verhältnis IH-Kosten zu Investition)						
zw. 15-22 Jahre	11	3.449.240 €	109.317 €	0,03	1.196.988 €	0,3
> 30 Jahre	4	622.900 €	67.541 €	0,11	739.554 €	1,2
E-LZK-Faktor (Verhältnis Energiekosten zu Investition)						
zw. 15-22 Jahre	11	3.449.240 €	171.450 €	0,05	1.877.330 €	0,5
> 30 Jahre	4	622.900 €	29.722 €	0,05	325.450 €	0,5
TE-LZK-Faktor (Verhältnis therm. Energiekosten (Wärme, Kälte) zu Investition)						
zw. 15-22 Jahre	11	3.449.240 €	28.869 €	0,01	359.279 €	0,1
> 30 Jahre	4	622.900 €	5.391 €	0,01	67.191 €	0,1
LZK-Faktor (Verhältnis Energiekosten+IH-Kosten zu Investition)						
zw. 15-22 Jahre	11	3.449.240 €	309.636 €	0,09	3.433.597 €	1,0
> 30 Jahre	4	622.900 €	102.654 €	0,16	1.132.195 €	1,8

Tab. 1: Folgekosten-Faktoren für RLT Anlagen in Abhängigkeit vom Alter der Anlagen – (Quelle Fraport)

Auf der dreiteiligen Kostenbasis – Investitionskosten / IH-Kosten / Stromverbrauch - wurden jahresbezogene Folgekosten in einem Betrachtungszeitraum über 30 Jahre errechnet. Die Abb. 1–7 ist eine beispielhafte Darstellung für eine ausgewählte Einzelanlage.

[2] Die in Deutschland 2011 in Kraft getretene EU-Ökodesignverordnung bezog sich in der ursprünglichen Entwurfsfassung auf Energy-using Products (EuP). Diese Bezeichnung wurde geändert in Energy-related Products (ErP). Die ursprüngliche Bezeichnung charakterisiert aber eine Klasse von Bauteilen, die wir als „Aktive Bauteile“ bezeichnen. Aus diesem Grund erscheint uns die Beibehaltung der ursprünglichen Bezeichnung sinnvoll.

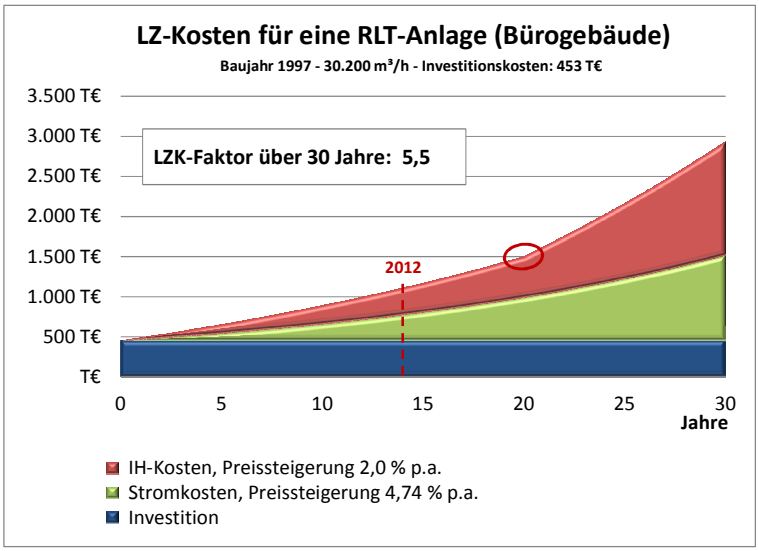


Abb. 1-7: Lebenszykluskosten und LZK-Faktor für eine RLT-Anlage im Betrachtungszeitraum 30 Jahre (Quelle IPS / Fraport)

Alle bisherigen Auswertungen sind vorläufig und bedürfen umfassender weiterer empirischer Untersuchungen. Sie bestätigen aber eine wichtige methodische Forderung, dass IH-Kosten und Energiekosten auf Anlagennummern und ggf. Einzelkomponenten für Lebenszykluskostenanalysen erfassbar[3] sein müssen.

Lifecycle Benchmarks und ermittelte Restlebensdauern als Basis für den „Proaktiven Tausch“ (Proactive Replacement)

In den bisher im Markt eingeführten Rechenmodellen für Lebenszykluskosten ist der Tausch vorhandener Bauteile durch nachweisbar effizientere Produkte nicht vorgesehen. Durch die in unserem Ansatz miteinander verbundene Berechnung von Restlebensdauern und der kostenbezogenen Bewertung zurückliegender Instandhaltungsaufwendungen ist es möglich, Szenarien des „Re-Engineering“ der betrachteten Anlagen zu modellieren. Ein solcher Ansatz unterscheidet sich wesentlich von reinen Prognosemodellen für Lebenszykluskosten, wie sie im Rahmen von Neubauvorhaben durchgeführt werden.

[3] Bei den Energiekosten konnten wir in den vorläufigen Berechnungen noch keine altersbedingten Unterschiede nachweisen. Das wäre aber möglich, wenn man die vorhandenen Anlagen nach Energieeffizienzklassen gemäß DIN EN 15232 beurteilt.

2 Forschungsaufgabe und Mitwirkung der Forschungspartner

2.1 Ziele des LifeCycle Benchmarking

In der Bau- und Immobilienwirtschaft vollzieht sich ein Wandel. Akteure des Bauens beziehen in ihre Entscheidungen verstärkt die Themen der Nachhaltigkeit sowie die Betrachtung des vollständigen Lebenszyklus mit ein. Dies betrifft sowohl Investitionsentscheidungen als auch das Portfoliomanagement, die Beurteilung von Bauwerken, Bauteilen und Systemen sowie von Produkten. Vor diesem Hintergrund müssen auch die Bewertungsgrundlagen und Bewertungsmaßstäbe weiterentwickelt und angepasst werden, um die Akteure und Entscheider zu unterstützen. Benötigt werden u.a. lebenszyklusorientierte Benchmarks. Unter einem LifeCycle Benchmarking wird daher die Erarbeitung und Anwendung von Bewertungsmaßstäben verstanden, die bezogen auf Teilaspekte sehr komplex auf Nachhaltigkeitsthemen eingehen und den jeweiligen Lebenszyklus als Betrachtungszeitraum verwenden.

Unter der vom Autor gewählten Bezeichnung „LifeCycle Benchmarking“ ist ein Ansatz verfolgt worden, der in Bestandsgebäuden kostenbezogene Kennwerte als Verhältnis von Investitionskosten und Folgekosten zur Grundlage einer Methodik des Benchmarking macht. Dadurch können gleichermaßen Entscheidungshilfen für Optimierungen in den Nutzungs- und Betriebsphasen im Bestandsmanagement wie auch in den Planungsphasen von Bauprojekten bereitstellt werden. Damit einher geht die integrale Managementaufgabe, Investitions- und Betriebsprozesse in Unternehmen in einem ganzheitlichen Lebenszyklusansatz auszurichten. LifeCycle Benchmarks ermöglichen dafür eine Unterstützung des Technisch-wirtschaftlichen Controllings.

Für diese komplexe Aufgabenstellung gibt es aber zurzeit keine einheitliche Grundlage, sondern nur einzelne Bausteine mit isolierten Anwendungen. In der vorliegenden Arbeit haben wir versucht, das vorhandene methodische Repertoire zu durchmustern und in ein durchgängigen Konzept zu integrieren.

Das Forschungsprojekt verfolgt das Ziel, eine Methode zur Erarbeitung und Anwendung derartiger Benchmarks darzustellen und zusammen mit den Forschungspartnern die Anwendbarkeit an ausgewählten Beispielen zu zeigen. Ein wichtiger Ansatz wird in der Beschreibung und Bewertung einer auch langfristigen Effizienz gesehen, bei der Aufwandsgrößen (Lebenszykluskosten, Ökobilanz usw.) einer jeweiligen Langzeitqualität gegenübergestellt werden.

Lebenszyklusorientierte Benchmarks werden für Bauvorhaben benötigt, wenn der Nachweis nachhaltiger baulicher und technischer Lösungen zur Grundlage von Investitionsentscheidungen wird. Sie werden im Management von Immobilienbeständen benötigt, wenn steigende Betriebs- /Bewirtschaftungskosten reduziert bzw. im Hinblick auf Nachhaltigkeitsforderungen optimiert werden müssen.

2.2 Weiterentwicklung des Benchmarking

Eingeführte Benchmarking-Methoden und -Instrumente beziehen sich i.d.R. auf Kostenkennwerte, die auf standardisierte Flächengrößen bezogen werden - insbesondere Nutzungskosten pro m² BGF oder NGF. Diese Form des Benchmarking hat sich als Orientierungshilfe im Facility Management bewährt, um Optimierungsbedarf in Managementprozessen zu identifizieren. Sie eignen sich aber nur bedingt für die Optimierung von Konstruktionen und anlagentechnischen Funktionen im Lebenszyklusansatz. Dafür wird ein Benchmarking-Ansatz benötigt mit Kenngrößen für Lebenszykluskosten von Bestandteilen auf den mittleren und unteren Hierarchieebenen der Baukonstruktionen und Technischen Anlagen. Für die Ermittlung solcher Kennwerte fehlen aber Methoden und Werkzeuge.

Im heute weithin üblichen Benchmarking, in dem Kennwerte aus Nutzungskosten im Verhältnis zu Gebäudeflächen gebildet werden, geht es um den Vergleich umfangreicher Gebäudecluster – sortierbar nach auswählbaren Typen und Größenklassen von Gebäuden. So geben z.B. Kennwerte wie „Energieverbrauch pro qm BGF“ einen ersten Hinweis auf die energetische Effizienz von Gebäuden. Solche flächenbezogenen Energiekennwerte betreffen statistische Gesamtheiten und ermöglichen eine Grobbeurteilung im Vergleich mit ähnlichen Nutzungsbedingungen in anderen Gebäudebeständen. Aber Aussagen über die energetische Effizienz von Gebäudehüllen oder die Effizienz der in den betrachteten Gebäuden betriebenen Anlagen oder gar der darin verbauten aktiven Komponenten, wie Pumpen, Ventilatoren, Elektronikbauteile sind mit solchen Flächenbenchmarks nicht möglich. Entsprechendes gilt für flächenbezogene Kostenkennwerte der Instandhaltung. So ist z.B. der Kennwert „Gebäudereinigungskosten pro qm BGF“ für ein Gebäudecluster eine statistische Gesamtheit aus der Reinigung und Pflege aller eingebauten Bodenbelege, der Möbelreinigung und Abfallentsorgung. Der Kennwert gibt zwar einen Hinweis auf das Kostenniveau der Reinigung, ist aber keine belastbare Information über die Effizienz der unterschiedlichen Bodenbelagsarten. Dazu sind Kennwerte erforderlich, die präzise auf Bauteileigenschaften gerichtet sind.

Im LifeCycle Benchmarking geht es daher um Kennwerte von Anlagen und Bauteilen, die Urteile über deren Effizienz und Effektivität ermöglichen. Angestrebt wird ein systemtechnisch orientiertes Benchmarking für Baukonstruktionen/ Techn. Anlagen und Bauteile bzw. Komponenten. Benötigt wird ein Benchmarking-Verfahren, das sich zugleich an Lebenszykluskosten und Parametern für Lebenszyklusqualitäten orientiert.

- In BOT- (Built-Operate-Transfer) und in PPP-Verfahren (Public Private Partnership) fehlen detaillierte, lebenszyklusorientierte Kenngrößen/Kennwerte.
- Derzeit wird durch politische Verordnungen die Energieeffizienz teilw. einseitig betrachtet. Es fehlen darüber hinausgehende methodische Konzepte und Instrumente, die auch den Erhaltungsaufwand reduzieren bzw. messbar machen. Energieeffizienz-Daten und Instandhaltungsdaten werden derzeit auch in der Betreiberpraxis i.d.R. nicht miteinander verbunden. Außerdem sind solche Daten selten in ausreichender Tiefe zugänglich.

2.3 Mitwirkung der Forschungspartner

Voraussetzung für die Entwicklung und anwendungsfähige Bereitstellung eines LifeCycle Benchmarking Verfahrens ist die Auswertung konkreter Betreiberdaten aus softwaregestützten Serviceprozessen. Zu den wenigen Unternehmen, die über solche Betreiberdaten verfügen, gehören die Forschungspartner:

2.3.1 Forschungspartner AUDI AG Neckarsulm

Der Forschungspartner Gebäudemanagement der Audi AG Neckarsulm organisiert als verantwortliche Organisationseinheit während der Nutzungsphase erforderliche Umbau-, Sanierungs- und Reparaturmaßnahmen vom Entwurf über die Detailplanung und Ausführung bis hin zur Abnahme.

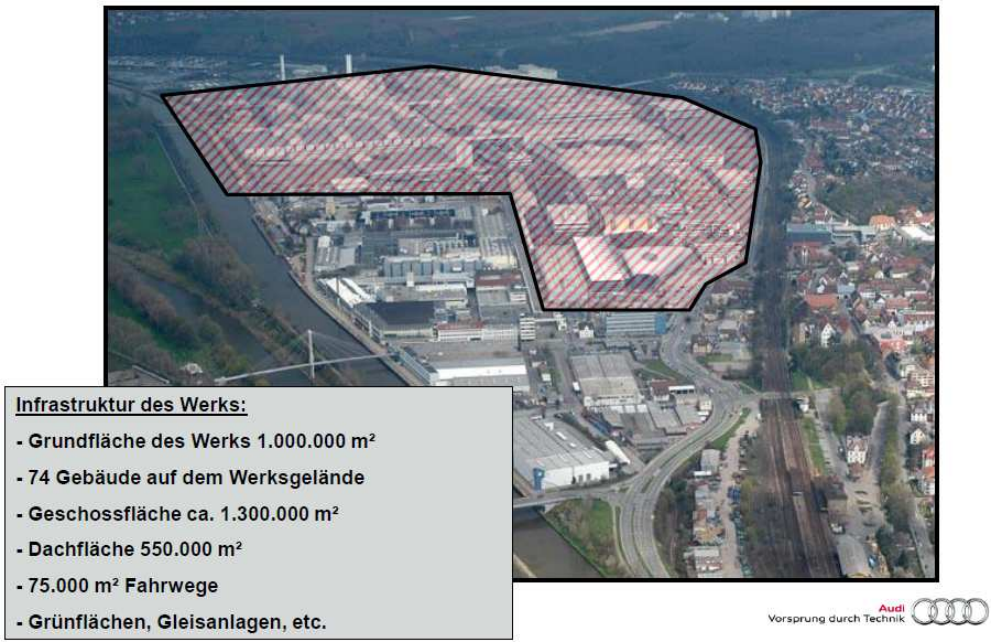


Abb. 2-1: Gebäudebestand Audi Neckarsulm – Quelle: Audi 2011

Aufgaben des Gebäudemanagement im Lebenszyklus

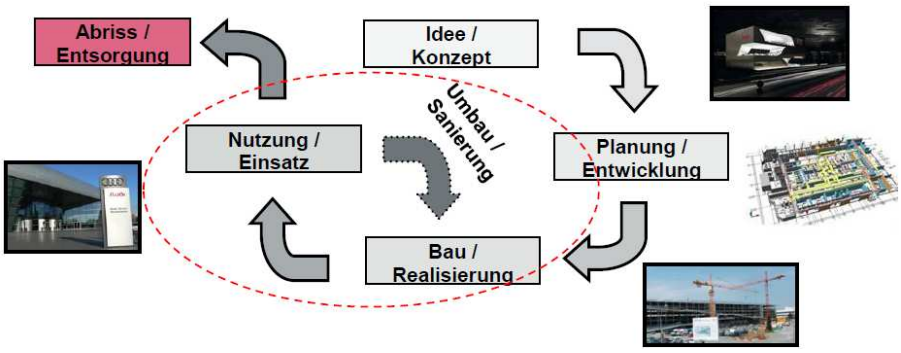


Abb. 2-2: Aufgaben des Gebäudemanagement – Quelle: Audi 2011

2.3.2 Forschungspartner Fraport AG

Forschungspartner der Fraport AG war das Zentrale Infrastrukturmanagement ZIM, Bereich Bestandsmanagement.

- 340 Gebäude mit 2,9 Mio. m² BGF → davon 1,2 Mio. m² vermietbar
- 695 Ebenen/ Stockwerke / 45.956 Räume
- 2009 16 % der erfassten Räume geändert (Churnrate)

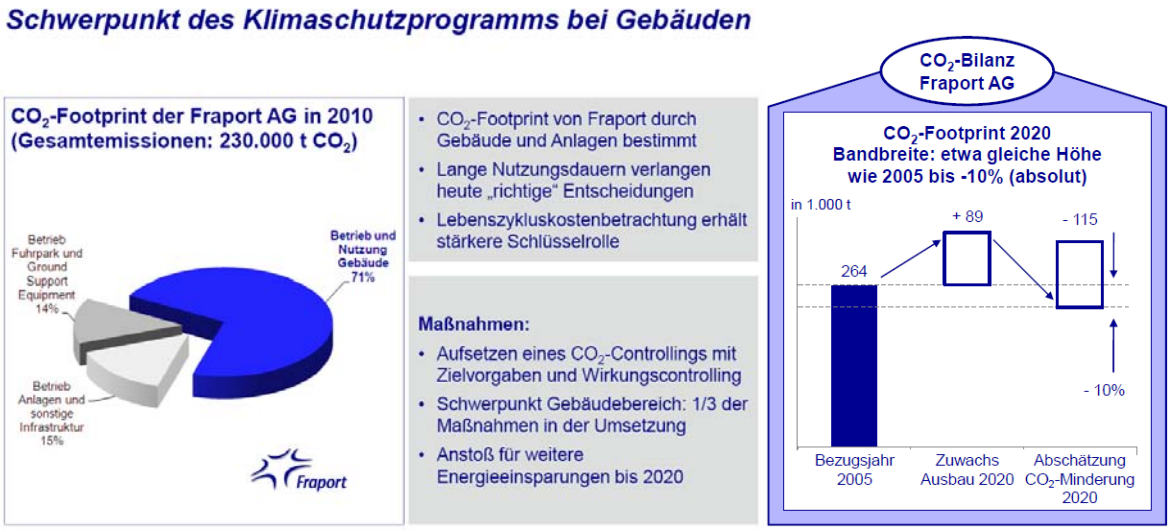


Abb. 2-3 Nachhaltigkeitsmanagement bei Fraport – Quelle Fraport 2011

2.3.3 Forschungspartner UKL Leipzig

Das Universitätsklinikum Leipzig (UKL) und die Medizinische Fakultät (MF) an der Universität Leipzig erfüllen als zwei juristische Personen den gemeinsamen Auftrag „Forschen, Lehren, Heilen" als „Universitätsmedizin Leipzig (UML)". Forschungspartner ist im UKL der Bereich 5 „Planung und technische Gebäudeverwaltung", als Teil der Klinikumsverwaltung. Insgesamt 5.000 Mitarbeiter und 800 Schüler und Auszubildende setzen ihr Engagement und Fachwissen zur Betreuung von jährlich 51.000 stationären und 325.000 ambulanten Patienten ein.

- Ca. 80 Gebäude
- 460.000 m² BGF

Zu den Aufgaben gehört der Betrieb der Technischen Anlagen, die Instandhaltung von Gebäuden mit der zugehörigen Anlagentechnik und Medienversorgung. Das Leistungsspektrum umfasst neben der inhaltlich technischen Betreuung auch den Einkauf und die Vergabe der FM-Leistungen.

3 Methodik Teil 1 – Lebenszyklusobjekte und Produkte

3.1 Objekte des Bauens in der Lebenszyklus-Perspektive

Bauwerke sind ebenso wie deren Bestandteile, z.B. Wände, Fenster, Beleuchtungsanlagen, Objekte des Bauens. Hinter dieser selbstverständlichen Aussage verbergen sich aber grundverschiedene Objektaspekte. Fragen wir genauer, dann werden Objektbestimmungen in unterschiedlichen Perspektiven und Prozessen erkennbar.

3.1.1 Der Projektgegenstand – Objektfokus des Projekthandelns

In der Terminologie des Bauens ist der Objektbegriff erstmalig im Sprachgebrauch des Projektmanagements genauer gefasst worden. Er wird dort als „Projektgegenstand" bezeichnet und ermöglicht eine im gesamten Projektverlauf durchgängige Zielorientierung[4]. Im Projektgeschehen richtet sich die Zielfindung auf das, was am Ende eines Vorhabens hervorgebracht werden soll – z.B. ein Wohngebäude oder eine Produktionsstätte. Der Projektgegenstand ist bildlich gesprochen ein zeitlich fortschreitender Fokus der Aufmerksamkeit für die beteiligten Akteure in arbeitsteiligen Prozessen.

Die Projektform des Handelns hat ihre Wurzeln im Bauen. Seit Jahrtausenden erfolgt diese Art organisierter Arbeit in zwei grundverschiedenen Abschnitten. Am Anfang stehen Ideen mit Darstellungsformen in Skizzen. Es folgen Zeichnungen mit zunehmend kleinerem Maßstab oder zunehmend detaillierte technische Schemata[5]. Seit den Anfängen der Industrialisierung werden sie ergänzt durch Berechnungen[6]. Nach Abschluss solcher „Arbeitsvorbereitung" - Architekten nennen sie „Bauplanung"- folgt eine Phase mit einer gänzlich anderen Art von Tätigkeiten – die „Ausführung". Dieses 2-teilige in Jahrhunder-

[4] Der Begriff „Projektgegenstand" ist seit den Anfängen des Projektmanagement gebräuchlich. In der DIN 69905 in der Ausgabe von 2007 wird er noch definiert als das „durch die Aufgabenstellung geforderte materielle oder immaterielle Ergebnis der Projektarbeit". Leider wurde in der aktualisierten Fassung von 2009 der DIN 69901-5 Begriffe wird der Ausdruck „Projektgegenstand" nicht mehr verwendet. An dessen Stelle trat der Begriff „Projektinhalt". Der Grund liegt in der Erweiterung des Projektbegriffes, da immer mehr soziale Themen und Forschungsaufgaben in Projektform bearbeitet werden. Da wir im Bauen an technischen Aufgabenstellungen und damit auch im alten Sinne einen Projektgegenstand in konkreter Gebildeform bearbeiten, ist die ursprüngliche Definition des Projektgegenstandes weiterhin von Nutzen.

[5] In der römischen Antike hat der Architekt Vitruv in seinen „Zehn Büchern über die Architektur" (wahrscheinlich 80-70 v. Chr. erklärt, dass zum Bauen ein „Plan" gehört, der dem Ausführungsprozess vorangeht. Er erklärt ausführlich, dass dazu besondere umfassende Kompetenzen des „architectus" erforderlich sind. Vitruv war aus heutiger Sicht der beruflichen Arbeitsteilung nicht nur Architekt sondern auch Ingenieur, der sich in seinem Werk im „Buch 8 Wasserversorgung", „Buch 9 Astronomie und Uhrenbau" und „Buch 10 Maschinenbau" umfassend mit der Ingenieurtätigkeit auseinandergesetzt hat. Die Zweiteilung von Planung und Ausführung ist somit das von Vitruv erstmals theoretisch begründete Fundament für das Hervorbringen technischer Gebilde.

[6] Viele Jahrhunderte war die Zeichnung einzige Grundlage zur Vorbereitung umfangreicher Bauprozesse. Nach Vorläufern in der Spätrenaissance kamen im 18. Jahrhundert erste Berechnungsverfahren der Baustatik hinzu, die dann mit der beginnenden Industrialisierung zum beruflichen Standard der Architekten- und Ingenieurtätigkeit wurde. Aus heutiger Sicht ist interessant, dass die Entwicklung der Computertechnik nahezu alle Planungstätigkeit mit Berechnungsverfahren unterstützt. Aktuell beobachten wir sogar durch die rasante Zunahme von rechnergestützten Simulationsverfahren eine Aufwertung von „Rechenmodellen" gegenüber klassisch-traditionellen Formen der Bauzeichnung. Die Entwicklung und Anwendung von Benchmarks ist in dieser Entwicklungslinie ein weiterer Schritt.

ten eingeübte Vorgehensmodell des Bauens gilt bis heute. Es spiegelt sich in einer 2-Teilung der Bestimmung des Projektgegenstandes. D.h. im Verlauf des Projekthandelns sind Objektbestimmungen nicht kontinuierlich. Der Übergang von ideell-informationellen „Entwürfen" der Planungsphase zum Projekthandeln in der Ausführung ist ein Phasenübergang in den Objektbestimmungen[7]. Er erscheint selbstverständlich, ist aber für uns von großer methodischer Bedeutung und bedarf einer gedanklichen Aufhellung.

Beginnen wir mit dem Informationsaspekt. In der Leistungskette planerischer Tätigkeit ist scheinbar der Unterschied von Planung und Ausführung verschwunden – alles sind Informationen!

- Planerische Darstellungen sind ursprünglich und entlang der Entwurfsschritte Informationen über den Projektgegenstand als „Projektion" in die Zukunft – sie enthalten SOLL-Festlegungen
- Im Zuge der Ausführung werden Plandokumente zu Dokumenten der Realzustände des Projektgegenstandes. Da in der Praxis fast immer Bauausführungen von Planvorgaben abweichen, müssen Plan-Updates als „As built" Dokumentation von den Planern nach Abschluss der Ausführungsprozesse geliefert werden. Erst danach entsprechen sie dem realisierten IST-Zustand des Projektgegenstandes.
- Im günstigsten (leider seltenen) Fall sind „As built" Dokumente[8] der Anfang einer Klasse von Darstellungen der „Objekte im Bestand" – das sind Objekte der Nutzung und des Betreibens

Der Unterschied von Planung und Ausführung ist also auf der Informationsebene ein gleitender Übergang – und selbst bei sorgfältiger Differenzierung der Dokumentationsleistung nicht hundertprozentig auseinanderzuhalten[9]. An dieser Stelle beginnt das Benchmarking. Es benötigt Bestandsdaten und Dokumente über den Zeitpunkt der Fertigstellung und Betriebsdaten für den Betrachtungszeitraum der Benchmark-Ermittlung. Das angesprochene Problem unterbrochener Informationsketten – von der Ausführung zum Betrieb – hat tatsächlich auch in der Arbeit unseres Forschungsteams eine Rolle gespielt. Es erfährt aber in der methodischen Analyse aus einem anderen Grund besondere Beachtung, denn es markiert einen weiteren einschneidenden Phasenübergang in den Ob-

[7] Balck (1996)

[8] Vgl. Weber 2008, S. 195.

[9] Mit der weltweiten Einführung des Facility Management seit den 1970er Jahren und des Leistungsbildes Gebäudemanagement Ende der 1990er Jahre in Deutschland ist ein Problem verbunden, das seinen Ursprung am Ende der Bauprojekte hat: die unzureichende, oft mit Fehlern behaftete Übergabe von Dokumenten der Planungsphase. Wer immer im Bestand ein FM-orientiertes Management aufbauen will, benötigt solche Daten als Ausgangsbasis. Die zeitgleich mit FM-Einführungsprozessen sich entwickelnde CAD-Technologie erschien zunächst als großer Hoffnungsträger. So wurden bestehende Gebäude oft neu vermessen und in CAD-Pläne übertragen, weil vorhandene Pläne für das Bestandsmanagement entweder nicht vorlagen oder komplett unbrauchbar waren. Der damit verbundene Aufwand ist aber bis heute abschreckend geblieben oder hat sich nicht ausgezahlt. Dieses Grundproblem ist bis heute ein Spannungsverhältnis zwischen Projektorganisation und Betreiber-Organisation und hat Auswirkungen auch auf das Benchmarking.

jektbestimmungen: der Wechsel von Objektbestimmungen des Projektgegenstandes in Objektbestimmungen der Nutzungs- und Betriebsobjekte.

3.1.2 Phasenübergang vom Projektgegenstand zu Nutzungs- und Betriebsobjekten

Der Objektfokus „Projektgegenstand“ endet mit der Abnahme von Bauleistungen und der Inbetriebnahme. Er eröffnet zugleich – sozusagen als deren Ursprung – betriebliche Objektbestimmungen mit eigenen Phasen, die sich von Projektabläufen wesentlich unterscheiden. Am auffallendsten ist der zeitliche Unterschied. Auffallend ist, dass der betriebsbezogene Objektstatus bei existierenden Bauwerken und deren Bestandteilen deutlich länger ist als der vorangegangene Objektfokus im Projekt. Als Faustregel gilt für technische Anlagen ein Zeitverhältnis von 1:10. Einer häufig vorkommenden Projektdauer von 2 Jahren entsprechen demnach Lebensdauern von Anlagen mit ca. 20 Jahren. Die folgende Auflistung benennt typische Objektmerkmale nach der Inbetriebnahme. Sie entspricht auch dem Gegenstandsbereich des Facility Management und damit verbundener Facility Services[10]

Objekte werden geplant

Von der Projektdefinition - initiiert durch die Bereitschaft zu Investitionen - über die Entwurfsphasen bis zur Ausschreibung und Vergabe werden in „ideeller Vorwegnahme“ Objekte geplant. In Skizzen, Vorentwurfsplänen und anschließenden Detaillierungen durchläuft der Projektgegenstand Zustände von anfänglicher ideeller Unschärfe bis zur Ausführungsreife in Zeichnungen und Berechnungen. Dieses Vorgehen ist der methodische Pfad des HOAI Phasenmodells.

Objekte werden erzeugt

Bauwerke entstehen in einem komplexen Herstellungsprozess aus Produkten, die - aufgrund einer planerischen Entscheidung - aus sehr verschiedenen Wirtschaftsbereichen entnommen werden. Das Erzeugen von Bauwerken erstreckt sich als komplexer Wertschöpfungsprozess über zahlreiche beteiligte Wertschöpfungsketten, an deren Anfängen ein vielfältiges Spektrum von Rohstoffen steht (z:B. Holz, Naturstein, Zement, Hüttenstahl). Darauf folgen in verästelten technologischen Stufen Zwischenprodukte (z.B. Halbzeuge wie Profile und Bleche). Produkte, die am Ende an die Baustelle geliefert werden, nennen wir „Finalprodukte“. Sie entstammen i.d.R. aus verschiedensten Technologiestufen – z.B. als Spektrum von Rohmaterialien der Betonherstellung, wie Zement, Bewehrungsstahl, über montagefähige Fertigteile bis zu betriebsbereiten Ausrüstungen einer

[10] In den deutschsprachigen Regelwerken DIN 32736 Gebäudemanagement 2000 und der europäischen Normenreihe DIN EN 15221 /2011-12 wird ein Leistungsbild beschrieben für das Betreiben, Instandhalten und Bewirtschaften von Bestandsobjekten. In der europäischen Normung wird Facility Management und Facility Services unterschieden. Mit „Services“ sind die konkreten Dienste wie Reinigen, Botendienste, handwerkliche Leistungen, u.dgl. gemeint.

Leitstelle, wie Computer und Drucker. Mit deren „Verarbeitung“, „Einbau“ bzw. Inbetriebnahme enden bauwerkbezogene Wertschöpfungsketten im betriebsbereiten „Bauwerk“.

Objekte im stabilen Bestand

Betrachten wir Objekte im Normalzustand der Nutzbarkeit, also Bauwerke und deren Bestandteile in der Betriebsphase, dann eröffnen sich für die Differenzierung dieser Objekte in der Hierarchie der Bauwerkstruktur Einzelbestimmungen für Objekte nach unterscheidbaren Prozessklassen im Wechselverhältnis von Nutzen stiftenden Prozessen und reproduktiven Prozessen der Erhaltung

- Objekte im Gebrauch, d. h. Objekte in Prozessen der Nutzung
- Objekte, die durch Zufuhr von Energie und Hilfsstoffen Funktionen ausüben, d. h. Objekte in Prozessen des Bedienens und Versorgens
- Objekte, die einem Erhaltungsaufwand unterliegen, d. h. Objekte in Prozessen der Instandhaltung

Bestandsobjekte im Wandel

Alle Objekte unterliegen Veränderungen. Wenn Bauwerke oder deren Bestandteile ursprünglichen Nutzungsanforderungen nicht mehr gerecht werden, sind auch die damit einhergehenden Erhaltungsaufwendungen obsolet. Objekte durchlaufen dann einen strukturellen Wandel – z.B.:

- Objekte, deren Nutzungs- und/ oder Betriebsanforderungen sich verändern, sind Objekte in Prozessen der Anpassung
- Objekte veralten gegenüber veränderten Marktangeboten durch Produktverbesserungen oder Produktinnovationen. Sie werden z.B. stillgelegt, ausgetauscht, modernisiert, u.dgl.
- Objekte des Rückbaus, der Demontage, Entsorgung und ggf. Verwertung

Von Anfang an war die Einführung des Facility Management und Gebäudemanagement mit dem Anliegen verbunden, das Management von Bestandsimmobilien und Betriebsmitteln mit deren Planung zu verbinden. Dieses Anliegen ist aber erst in den letzten Jahren in Verbindung mit dem Management von Nachhaltigkeitsforderungen der Realität näher gekommen. Unsere Unterscheidung von „Objekte im stabilen Bestand“ und „Bestandsobjekte im Wandelt“ entspricht dieser ursprünglichen FM-Forderung. Sie hat im Management von Nachhaltigkeitsprozessen einen hohen Stellenwert, weil das weitaus größte Einsparpotenzial für Energie und klimaschädliche Emissionen im Bestand liegt. Folglich ist die Veränderung vorhandener Bausubstanz – in Verbindung mit Einsparungen im laufenden Betrieb eine Aufgabenstellung mit wachsender Bedeutung geworden[11]

[11] (vgl. Balck 2013a).

3.1.3 Bauwerkbezogene Lebenszyklusobjekte

Objektbestimmungen in Planungsphasen sind konstitutiv für das Hervorbringen von Bauwerken. Es sind Bestimmungen miteinander verbundener Teilobjekte, wie Außenwände, Tragwerk, Technische Anlagen. Sie durchlaufen im Planungsprozess Stufen zunehmender Konkretisierung. Objektbestimmungen in den Planungsphasen eines Bauprojektes sind primär auf den Gesamtzusammenhang der Bauwerksteile gerichtet. Das geschieht am intensivsten in den Entwurfsphasen – angelegt auf Nutzbarkeit, Erscheinungsbild, Betriebsfähigkeit und Dauerhaftigkeit[12].

Definition „Lebenszyklusobjekte“ (Kurzbezeichnung für „Bauwerkbezogene Lebenszyklusobjekte“)

Objekte des Bauens, die in einem historisch konkreten Prozess des Hervorbringens entstehen nennen wir „Bauwerkbezogene Lebenszyklusobjekte“ und im weiteren Text synonym „Lebenszyklusobjekte“. Solche Objekte sind Identitäten[13].

PLANUNG IM BAUPROJEKT – AUSFÜHRUNG IM BAUPROJEKT – NUTZUNG / BETRIEB – ERNEUERUNG MIT ENTSORGUNG – ABBRUCH / ENTSORGUNG OHNE ERNEUERUNG

Diese Phasenfolge entspricht dem in Kap.3.3 beschriebenen 3-teiligen Grundschema: ENTSTEHUNGSPHASE (Planung und Ausführung) – BETRIEBSPHASE (Nutzung und Betreiben) – ENTSORGUNG (mit oder ohne Erneuerungen).

Lebenszyklusobjekte umfassen die Gesamtheit durchgängiger Objektbestimmungen in solchen Ketten – von der Planung bis zur Entsorgung. Sie können ein Bauwerk als Ganzes wie auch beliebige Bauwerk-Bestandteile auf allen Ebenen der Objekthierarchie sein – z.B. eine Lüftungsanlage, ein Lüftungsgerät oder ein Ventilator.

Wesentlich für die Durchgängigkeit der Objektbestimmungen entlang aufeinanderfolgender Phasen ist die Zusammenführung von Wissen und Informationen über die betrachteten baulichen oder technischen Gebilde mit Wissen und Informationen über die Prozesse dieser Gebilde. So gehören zu dem „Lebenszyklusobjekt Aufzug“ folgende Gebilde-Prozesse-Zuordnungen entlang der 3-teiligen Lebenszyklusphasen[14]:

[12] Vitruv hat vor ca. 2000 Jahren für das Planen und Bauen drei allgemeine Ziele formuliert: Utilitas (Zweckmäßigkeit) – Venustas (Schönheit) – Firmitas (Festigkeit). Diese Zielsetzung für alle Ingenieurtätigkeit setzt bis heute einen Wertmaßstab, der sich auch in den Zielsystemen von Green Building- Zertifizierungen wiederfindet. Dazu müsste man lediglich die Forderung der firmitas ökologisch erweitern und den wirtschaftlichen Bewertungsaspekt ergänzen.

[13] Im Verständnis der Bauberufe, wie auch in der Kunstgeschichte werden Werke der Baukunst als „Unikate“ bezeichnet. In dem hier vorgestellten Verständnis sind auch Lebenszyklusobjekte Unikate und haben eine je eigene „Biographie“

[14] Die Systematik der Gebilde-Prozesse-Zuordnung ist beispielhaft und kann auf beliebige Bauwerk-Bestandteile – mit jeweils objektspezifischen Adaptierungen - übertragen werden.

Das Gebilde „Aufzug“ und zugehörige Prozesse im Projektablauf (Entstehungsphase)

- Zeitliche und organisatorische Projektplanung
- Anforderungen, ggf. mit Pflichtenheft
- Entwurfsprozess mit Entwurfszeichnungen und Berechnungen
- Ausschreibungs- und Vergabeprozess mit Ausschreibungstexten und Vergabedokumenten für A
- Ausführung von Baukonstruktionen, z. B. Fundamente, Aufzugsschacht, Anschluss an Stromversorgung
- Anlieferungs- und Montageprozess
- Inbetriebnahme

Das Gebilde „Aufzug“ und zugehörige Prozesse in der Betriebsphase

- Bedienen und Überwachen, ggf. eingebunden in die Gebäudeautomation
- Regelmäßige Inspektionen und Wartungen (RIH Regelmäßige Instandhaltung)
- Wiederkehrende Prüfungen (RIH Regelmäßige Instandhaltung)
- Entstörungen und Instandsetzungen (UIH Unregelmäßige Instandhaltung)
- Modernisierung als Teil-Ersatzinvestition und anschließende Entsorgung
- Kompletterneuerung als Ersatzinvestition und anschließende Entsorgung
- Rückbau / Abriss und Entsorgung bei Abbruch des Gebäudes
- Ggf. Wiederverwendung von Altmaterial oder von Anlagen nach Aufbereitung

Das Gebilde „Aufzug“ und zugehörige Prozesse in der Entsorgungsphase

- Demontage von Austauschteilen und Montage neuer Bauteile
- Abbruch ohne Erneuerung

Diese Auflistung entspricht der Prozess-Systematik, die in Kap. 4.2 im Einzelnen dargestellt wird. Sie dient vorab der Verdeutlichung des Objektbegriffes, der nicht nur den Aspekt „Gebilde“ betrifft, sondern auch eine Reihe bestimmter Prozesse beinhaltet, die dem betrachteten Gebilde zugehören, bzw. nur in Beziehung auf dieses Gebilde beschreibbar sind.

3.2 Systemaspekt der Lebenszyklusobjekte – methodisches Rückgrat des LifeCycle Benchmarking

Der Systemaspekt beleuchtet den zuvor angesprochenen Objektfokus „Gebilde“. Während der Prozessaspekt die zeitliche Sicht der Lebenszyklusobjekte, bzw. deren Abläufe und Aktivitäten beinhaltet, betrachten wir unter dem Systemaspekt den Aufbau und die Bestandteile der Lebenszyklusobjekte. Es muss aber vorausgeschickt werden, dass hier nicht ein einfaches duales Schema zugrunde liegt. Vielmehr durchdringen sich eine Reihe gegensätzlicher Positionen - wie Teile und Ganzes, statisch und dynamisch, Aufbau und Ablauf - die zudem ineinander übergehen.

Diese Sichtweise ist nicht neu. Anfänge gibt es im Systems Engineering der 1960er Jahre, auch im Hinblick auf den Lebenszyklusansatz[15]. Wir verwenden dieses für komplexe technische Systeme entwickelte Herangehen zur Darstellung und Gliederung des Systems „Bauwerk“ bzw. „Gebäude“ „Immobilie“ und seiner Subsysteme bzw. Systemelemente.

3.2.1 Räumliche und Technische Lebenszyklusobjekte

Bauwerkbezogene Lebenszyklusobjekte haben ein herausragendes Merkmal, das sie von den meisten technischen Gebilden unterscheidet: Sie sind begehbar oder befahrbar oder haben spezifische Bauteile, die durch Ebenen, Hüllen oder Behälterformen „Räume“ bilden. Wie alle Maschinen und Geräte haben Bauwerke eine technische Struktur. Es gibt folglich verschiedene Objektgliederung eines Bauwerkes. Besonders die Bauwerkart „Gebäude“ ist charakterisierbar durch eine ausgeprägte Raumgliederung und eine dazu parallele, den Raumaspekt überlagernde technische Gliederung. Raumbezogen interessieren uns als Objektklassen „Raumeinheiten“, wie z.B. Geschosse, Einzelräume oder räumlich abgegrenzte Gebäudeteile[16]. Für die Gliederung nach Raumaspekten gilt in Deutschland das Regelwerk der DIN 277 und für die technische Gliederung das Regelwerk der DIN 276. Zwischen beiden Gliederungsaspekten gibt es aus Nutzungssicht wie auch aus der Sicht der damit einhergehenden Betreiberprozesse verschiedene und zugleich zusammenhängende Verknüpfungen.

Raumbezogene Gliederung der Lebenszyklusobjekte

Die Gliederung von Gebäuden in Raumzonen und Einzelräume erfolgt vorrangig im Hinblick auf Nutzungsaspekte. Die den Räumen zugeordneten Leistungen technischer Anla-

[15] Die Anfänge des Systems Engineering hängen eng zusammen mit der Entwicklung der militärischen Forschung in den USA der 40er Jahre. Bei der Entwicklung komplexer technischer Systeme wurde parallel zu der Frage, wie technologisch unterschiedlichste Subsysteme in einem funktionsfähigen Gesamtsystem zusammengeführt werden können, auch in der Zeitperspektive gefragt, wie lange Subsysteme und Bauteile zuverlässig funktionieren und welche Bedingungen bei Systemschnittstellen erfüllt werden müssen, um Ersatzteile in entsprechenden Serviceprozessen bereitzustellen.

[16] Räumlich abgegrenzte Gebäudeteile werden oft „Bauteile“ genannt. Leider können sich dadurch sprachlich zu den technisch definierten Bauteilen Verwechslungen ergeben.

gen sind für das Benchmarking interessant. Besonders für raumlufttechnische Anlagen (RLT-Anlagen) sind Räume die Zielorte der Lüftungsleistung. Dort werden raumbezogen Bedarfsparameter wie Luftmenge, CO_2-Gehalt, Temperatur, Luftfeuchte, Schadstoffgehalt u. dgl. festgelegt. Die danach erfolgende Raumkonditionierung bestimmt die Prozesse des Betreibens und Instandhaltens der RLT-Anlagen und aller damit verbundenen Teilanlagen. Solche Parameter werden in Benchmark-gestützten Reengineering-Projekten untersucht und optimiert (vgl. Kap. 6.2).

Technische Gliederung der Lebenszyklusobjekte

In technischer Sicht lassen sich Gebäude nach der DIN 276 in unterschiedliche Bestandteile entlang der Objekthierarchie zerlegen. Dabei tritt der Raumaspekt nicht unmittelbar, oder nur indirekt in Erscheinung. Die Technische Gliederung nach DIN 276 hat in unserer Untersuchung zunächst das methodische Primat, weil dadurch das Verhältnis von Investitionskosten und Folgekosten am einfachsten abbildbar ist. Sie wird im nächsten Abschnitt auf der Basis von gebräuchlichen „Kostenelementen“ näher beschrieben.

WEITERFÜHRENDE FORSCHUNGSAUFGABE

Eine raumbezogene Abgrenzung von Lebenszyklusobjekten kann auf der Gliederung nach DIN 276 aufgesetzt werden, muss aber einer vertiefenden Forschungsarbeit vorbehalten bleiben.

3.2.2 Kostenelemente der Investition ermöglichen genaue Abgrenzungen von Lebenszyklusobjekten

Die Gliederung nach Kostenelementen hat seit den 70er Jahren die Ausgaben der DIN 276 wesentlich bestimmt. Kostenelemente[17] repräsentieren Bestandteile eines Bauwerks auf beliebigen Hierarchieebenen der Baukonstruktionen, Technischen Anlagen, Außenanlagen oder betrieblichen Ausrüstungen. Sie hat dazu beigetragen, herkömmliche branchenspezifische Kostengliederungen nach Gewerken und Leistungsverzeichnissen in Richtung ganzheitlicher Planungsansätze zu erweitern[18]. In der Ausrichtung auf Lebenszyklen hat sich die im Baugeschehen fest verankerte „Elementemethode“ aus unserer Sicht auch als geeignet erwiesen, eine Grundlage für die Abgrenzung, Planung und letztlich Erfolgskontrolle von Lebenszyklusobjekten zu liefern. Zunächst ermöglicht die DIN 276 die Aufteilung in Erstkosten und Folgekosten.

- Erstkosten werden ermittelt als Elementekosten nach der DIN 276

[17] Die Elementemethode wurde in den 1960er Jahren in Deutschland nach englischen Vorbildern des Quantity Surveying eingeführt. Die Bauökonomen Dietrich-Alexander Möller und Wolfdietrich Kalusche haben diesen Ansatz in ihren Schriften zur Planungs- und Bauökonomie beschrieben (vgl. Möller, Kalusche 2013).
[18] Eine Konsequenz war die Zuordnung von Elementkosten zu den Gewerkekosten in einer Matrixbeziehung. Dadurch lassen sich LV-Positionen (z.B. nach Standardleistungsbuch StLB) weitgehend mit der DIN 276 Kostengliederung verbinden. Ein hilfreiches Planungsinstrument sind daraus abgeleitete Kostenkennwerte für Bauwerkselemente - vgl. BKI (2010).

- Folgekosten werden nach Kostenarten der DIN 18960 und anderer Regelwerken erfasst und dann den für die Erstkosten gewählten gleichen Gliederung der Kostenelemente gemäß DIN 276 zugeordnet.

Ein großer Vorteil dieser 2-fachen Anwendung der DIN 276 ist die Umdeutung der ursprünglich nur aus Nutzungssicht funktional abgegrenzten Kostenelemente der Investition in Objekte des Betreibens und Bewirtschaftens. Methodisch bedeutet das, den Projektgegenstand „Bauwerk“ und dessen Bestandteile zugleich in zwei Prozess-Perspektiven zu betrachten: im Herstellungsprozess (mehrere Jahre) und im Betriebsprozess (mehrere Jahrzehnte). Die zunächst nur investiven Elemente des Bauwerks werden damit gleichermaßen zu Bezugseinheiten für Investitionskosten (Erstkosten) und den im Betrieb entstehenden Folgekosten. Wenn man so Kostenermittlungen in Zeitperspektiven einbettet, werden aus den Kostenelementen „Lebenszyklusobjekte“.

3.2.3 Lebenszyklusobjekte in systemtechnischer Sicht

Wesentlich für die Ermittlung von Lebenszykluskosten ist die hierarchische Gliederung der Lebenszyklusobjekte in Systemebenen: Bauwerke sind Gesamtsysteme. Subsysteme sind Baukonstruktionen, wie Fassaden, Dächer, Systeme des raumbildenden Ausbaus. Systeme der Gebäudeautomation. Technische Anlagen sind dazu komplementäre Subsysteme, wie Lüftungstechnische Anlagen, Kältetechnische Anlagen, u.dgl.. Subsysteme können aus weiteren Subsystemen bestehen und – in vereinfachter Sicht – auf den unteren Hierarchieebenen aus Bauteilen oder Komponenten.

Nach der Elementemethode lassen sich also Lebenszyklusobjekte durchgängig nach der DIN 276 Gliederung darstellen, die über die 3. Stelle hinaus durch weitere Gliederungsebenen ergänzt werden kann.

3.2.3.1 Subsysteme und Bauteile in Bauwerken

Der Begriff Bauteil wird in den Baudisziplinen nicht einheitlich verwendet. Häufig werden räumliche Abgrenzungen von Gebäudeteilen als „Bauteile“ bezeichnet. Diese Bedeutung wird in unserer Darstellung nicht verwendet. Aber auch die in der Fachsprache übliche Bezeichnung von Fassaden, Dächern, und ähnlich komplexen Bauwerk-Bestandteilen als Bauteile verwenden wir nicht. Wir verstehen darunter eher Subsysteme und nennen nur deren konstruktive Bestandteile Bauteile. Z.B. sind Wärmedämmung, Verkleidungselemente, Fenster, u.dgl. Bauteile einer Fassade. Gleichwohl bleibt aber auch dann eine tiefere Staffelung in der Systemhierarchie möglich. So besteht das Bauteil Fenster aus weiteren Bauteilen, wie Profilen, Beschlägen, die wiederum aus Bauteilen bestehen.

Durch den für Baukonstruktionen typischen Aufbau in Schichten wird z.B. eine Wärmedämmung oder Farbbeschichtung einer Außenwand als „Bauteilschicht“[19] bezeichnet.

Bauteile als Lebenszyklusobjekte - Abgrenzung zu Begriffen des Maschinenbaus

Bei Technischen Anlagen der Gebäudetechnik ist die Terminologie des Maschinen- und Anlagenbaus in allen Regelwerken seit langem gebräuchlich. Danach werden die Bestandteile dieser Subsysteme in einer verfeinerten Differenzierung als „Baugruppen“ und deren Unter-Bestandteile als „Bauelemente“ bezeichnet[20]. Diese Begriffe übernehmen wir nicht, da sie ausschließlich in einem technologischen Sinn eingeführt wurden. So werden z.B. elektronische Bauelemente, wie Sensoren, oder elektrische Bauelemente wie Schalter für beliebige Anwendungen in Katalogen und Datenblättern beschrieben. Das sind aber keine Bestimmungen als „Lebenszyklusobjekt“, denn es fehlen die dafür erforderlichen historischen Festlegungen. Ein Bauteil in rein technischer Bedeutung wird erst dann zum Lebenszyklusobjekt, wenn es für ein individuelles Bauwerk planerisch ausgewählt und ab dem Zeitpunkt der Inbetriebnahme eine Bauteil-Biographie hat. Dadurch kommen weitere, individuell-einmalige Merkmale hinzu, die zwar selten erfasst werden, aber für das LifeCycle Benchmarking von Bedeutung sind:

- Ein Bauteil hat als Lebenszyklusobjekt ein Alter und zu einem gewählten zeitlichen Bezugspunkt eine Restlebensdauer (z.B. bei aktiven Bauteilen, wie Leuchtmitteln, eingebauten Pumpen)
- Ein Bauteil hat als Lebenszyklusobjekt zu einem gewählten zeitlichen Bezugspunkt eine konkrete Beschaffenheit, z.B. mit Mängeln, Schäden, Nutzungseignungen
- Ein Bauteil hat als Lebenszyklusobjekt zu einem gewählten zeitlichen Bezugspunkt eine Bauteilhistorie. Sie kann z.B. als Chronologie von Funktionsausfällen, Störungsverläufen oder als zeitlicher Verlauf von Parameterdaten (z.B. Temperaturverläufe in einem Fassadenbauteil) beschrieben werden

Solche Daten sind Grundlage von Auswertungen des LifeCycle Benchmarking.

Technische Anlagen und betriebliche Ausrüstungen als Lebenszyklusobjekte

Technische Anlagen sind als Subsysteme von Bauwerken in aller Regel individuell geplante Systeme und damit genauso wie Bauwerke Unikate und nach unserer Betrachtungsweise ebenfalls Lebenszyklusobjekte.

Betriebliche Ausrüstungen, wie z.B. Computer oder Drucker können auf gleiche Weise als Lebenszyklusobjekte aufgefasst werden. Sie haben eine identifizierende Gerätenummer und können - auch wenn dies bis heute kaum geschieht – „biografisch“ mit zeitlichen

[19] Die Unterscheidung Bauteile und Bauteilschichten wird in Lebensdauertabellen verwendet – vgl. BBR / IEMB 2009

[20] Vgl. DIN 32541 Betreiben von Maschinen und vergleichbaren technischen Arbeitsmitteln (1977-05) Definition der Baugruppen und Bauelemente

Parametern beschrieben werden. Auch hier sind solche Daten Grundlage von Auswertungen des LifeCycle Benchmarking.

3.2.3.2 Systemebenen der Lebenszyklusobjekte

Zur Vereinfachung unterscheiden wir in der Systemhierarchie der Lebenszyklusobjekte unterhalb der ersten Systemebene für das Bauwerk nur zwei weitere darunterliege Systemebenen: Subsysteme und Bauteile - mit ggf. mehrfach gestaffelten Untergliederungen.

1. SYSTEMEBENE

Lebenszyklusobjekte als Bauwerke (LZO1)

Solche Objekte sind in drei unterschiedlichen Sichtweisen bestimmbar:

Bauwirtschaftlich-technologische Sicht als „Bauwerke“

“Bauwerk“ ist die Bezeichnung für den Gegenstandsbereich der Kosten der DIN 276. Sie ist eine gemeinsame Plattform für alle Beteiligten des Baugeschehens.

Architektonisch-nutzerbezogene Sicht als „Gebäude“

In dieser Sicht steht der Raumaspekt im Vordergrund. Nutzungen werden in Flächen und Räumen realisiert. Die Gliederung von Gebäuden folgt daher primär nach Geschossen, Zonen und Räumen.

Immobilienwirtschaftliche Sicht als „Grundstück“ bzw. „Immobilie“

In dieser Sicht stehen der Wertaspekt und Prozesse des Vermietens und Verkaufens im Vordergrund. Dieser Objektaspekt wird in unserer Untersuchung nicht verfolgt[21]

2. SYSTEMEBENE

Lebenszyklusobjekte als Baukonstruktionen oder Technische Anlagen (LZO2)

Solche Objekte werden auf der 3. bis 4. Stelle einer DIN 276-Gliederung bestimmt – Beispiele: Fassaden, Außenwände, Heizungsanlagen, Lüftungsanlagen.

3. SYSTEMEBENE

Lebenszyklusobjekte als Bauteile / Komponenten (LZO3)

Die Bezeichnungen „Bauteil“ und „Komponente“ werden synonym verwendet. Solche Objekte werden teilw. auf der 3., häufiger auf der 5. bis 6. Stelle einer DIN 276 Gliederung bestimmt – Beispiele: Fenster, Verglasung, Pumpen, Ventilatoren.

[21] Eine Darstellung von Lebenszyklusaspekten nach den immobilienwirtschaftlichen Regelwerken der Bewirtschaftungskosten und Wertermittlung ist zwar möglich, aber mit vielen methodischen Nachteilen behaftet. Umgekehrt können dagegen immobilienwirtschaftliche Kosten- und Wertmodelle auf der Basis der hier verfolgten bauwirtschaftlichen Ansätze eine wesentlich geeignetere Grundlage erhalten – vgl. Balck (2012).

Strategischer Stellenwert der Bauteilebene (3.Systemebene)

Die dritte Systemebene ist für das LifeCycle Benchmarking der eigentliche Schwerpunkt, erfordert aber die Verarbeitung außerordentlich großer Datenmengen. Folgendes Datenprofil ist für Bauteile und Komponenten typisch:

- Für die Ermittlung von Erneuerungskosten werden Tabellen mit Nutzungsdauern/ Technischen Lebensdauern (vgl. Anhang 1) verwendet. Solche Daten werden in diesen Tabellen i. d. R. nur auf der Bauteilebene erfasst. Für Subsysteme der zweiten Systemebene sind keine allgemein zugänglichen Tabellenwerke verfügbar.
- Ca. 20-30% jährlicher Betriebskosten werden durch Reinigung verursacht. Die Ermittlung von Reinigungskosten ist nur auf der Bauteilebene möglich, insbesondere für ermittelte Bodenflächen und Glasflächen. Der Instandhaltungsaufwand, differenziert nach Inspektion, Wartung, Instandsetzungen, ist abhängig von Eigenschaften wie Zuverlässigkeit, Robustheit und Langlebigkeit und damit von der Auswahl eines geeigneten Produktes (s. unten).
- Aktive Bauteile, d.h. Bauteile deren Funktion von Hilfsenergien abhängen, können in hohem Maße den gesamten Energieverbrauch einer Anlage auf der zweiten Systemebene beeinflussen. So sind z.B. die energetischen Effizienzeigenschaften von Leuchtmitteln, Pumpen, Ventilatoren, u dgl. außerordentliche Kostentreiber.

3.2.4 Bauwerke als Konfigurationen produktgenerierter Bestandteile

Aus Produkten entstehen entlang von Wertschöpfungsprozessen Baukonstruktionen, Technische Anlagen und am Ende komplexe Bauwerke. Diese technologische Sicht ergibt sich aus der Analyse der in Kap. 3.4.2 angesprochenen Wertschöpfungsketten. Die zuvor dargestellte systemtechnische Betrachtung der Lebenszyklusobjekte hat somit ein methodisches Gegenstück, denn Entwurfsfestlegungen münden spätestens auf der Bauteilebene in Beschaffungsprozesse. Daraus resultieren Produktentscheidungen, so dass sich Entwurfsprozesse an ihren Finalpunkten immer in Nahtstellen zu Produktionsprozessen einbinden. Sie laufen zusammen im „Bauwerk“ - als Endergebnis dieser Prozesse.

In technologischer Sicht verstehen wir deswegen Bauwerke auch als „Konfigurationen“ aus produktgenerierten Bestandteilen. Abhängig von der Wertschöpfungsstufe der Finalprodukte sind das auf der 2. Systemebene (LZO2) Konfigurationen aus vormontierten Aggregaten oder sogar fertiggestellten Anlagen und Ausrüstungen, die nur noch „angeschlossen“ und in Betrieb genommen werden müssen (z.B. Notstromdiesel, Büroausrüstungen). Auf der 3.Systemebene (LZO3) werden aus Bauprodukten Bauteile.

Besonders interessant für das LifeCycle Management und das LifeCycle Benchmarking ist das „Konfigurieren“ von Produkten auf der Bauteilebene. Es kann auf zwei verschiedenen Wegen erfolgen:

- Wenn Entwurfsentscheidungen Bauteile festlegen, die mit „montagefertigen“ Produkten korrespondieren, werden im Ausführungsprozess keine neuen Produkteigenschaften generiert.

  Typisch sind Produkte des raumbildenden Ausbaus (z.B. Trockenbau), Fassadenprodukte und Produkte für die Errichtung gebäudetechnischer Anlagen, die lediglich auf der Baustelle „zusammengebaut“ werden

- Wenn Entwurfsentscheidungen Bauteile festlegen, deren gewünschte Eigenschaften erst in einem Produktionsprozess auf der Baustelle entstehen, werden Nahtstellen in Produktionsverfahren berührt, die nur teilweise oder gar nicht als Montage verstanden werden.

  Typisch sind die Erzeugung von Bauteilen in chemischen Verfahren (z.B. flüssig verlegte Kunststoffböden) oder die Herstellung von Bauteilen aus Beton oder von Bauteilschichten wie Putze und Anstriche.

In beiden Fällen entstehen aus Produkten Bauteile. Bauteile sind als funktionale Einheiten im Kontext von konkreten Anwendungsprozessen bestimmt[22]. Produkte sind im Marktzusammenhang zunächst Potentiale. Sie werden nach Beschaffungsentscheidungen Faktoren im Erzeugen von Bauteilen und haben schließlich im Betrieb einen konkreten Beitrag zur Performance auf allen Ebenen der Objekthierarchie: der Bauteilperformance, der Performance übergreifender Bauwerk-Subsysteme und schließlich im Gesamtzusammenhang zu der Performance eines Bauwerks.

Jede Ebene der Systemhierarchie ist also auch eine Ebene für das LifeCycle Benchmarking – denn es ist immer auf konkret abgegrenzte „Objekte“ bezogen.

Musterbeispiel für ein Bauteil als Lebenszyklusobjekt - das Fenster

Ein Fenster hat als Bauwerk-Bestandteil seinen Ursprung in einer Entwurfsentscheidung, i.d.R. in einem frühen Stadium. Es enthält seine Bestimmungen als „Bauteil“ aus dem Kontext zu anderen Bauteilen und zu Nutzungsprozessen. Es wird im Planungsprozess schrittweise detailliert und im Beschaffungsprozess (z.B. Ausschreibung und Vergabe) als Produkte-Konfiguration (z.B. Profil, Verglasung, Beschläge, Baukörperanschluss, Fensterbank, u.a.) „bestellt“. Anschließend durchläuft das Bauteil „Fenster“ die Betriebsphasen Nutzung und Betreiben. Das „Lebensende“ wird durch eine Entscheidung bewirkt: Eigentümer oder Betreiber beenden die „Nutzungsdauer“. Danach verliert das Bauteil Fenster seine Bestimmung im Entsorgungsprozess. In der zeitlich folgenden Verwertungsphase (z.B. Recycling) sind nur noch Materialeigenschaften der Produkte relevant.

[22] Funktionale Einheiten sind hier auf alle Prozesse der Nutzung und zugehörigen Prozesse des Betreibens eines Lebenszyklusobjektes bezogen, so wie sie in Kap. 4.2 beschrieben werden. Sie haben eine Parallele zu dem wortgleichen Terminus der LCA, sind aber in unsrer Betrachtung als Bezugseinheit nicht nur auf „Umweltauswirkungen“ begrenzt (vgl. DIN EN ISO 14040 und 14044)

Produkte, aus denen ein Fenster erzeugt wird

Die in der Baustellen-Produktion einfließenden Produkte zur Herstellung eines Bauteiles „Fenster“ haben je eigene Vorprodukte. Z.B. haben Rahmenprofile aus Kunststoff als wichtigstes Vorprodukt ein vom Rahmenhersteller gewähltes Granulat[23]. Die Vorprodukte Fensterglas, Beschläge haben Vorprodukte in den materialspezifischen technologischen Ketten (Glasarten, Metalllegierungen, u.dgl.). Mit der Verarbeitung der an die Baustelle zugleich angelieferten Endprodukte – z.B. Fugenband für den Baukörperanschluss, Fensterbank - verwandeln sie sich im Verarbeitungsprozess zu Sub-Bauteilen des Bauteils Fenster. Im Zustand des „Funktionierens“ realisieren sie im „Gebrauch“ Eigenschaften, die durch die im Montageprozess zusammengefügten oder in chemischen Verfahren verarbeiteten Produkte ermöglicht werden. Im Betriebszustand bleiben nun bestimmte Merkmale der ökologisch wichtigen Merkmalsklassen Material-Ressourcen und aufgewendete Energie in technologischen Prozessen („Graue Energie[24]“) in allen Phasen bis zu Entsorgung und Verwertung „produktbezogen“ beachtenswert (vgl. Kap. 3.3.1.2).

3.3 Zeitperspektive der Lebenszyklusobjekte und Produkte

3.3.1 Zeitintervalle und Zyklen

3.3.1.1 Zeitintervalle

Für die Zeitanalyse der Lebenszyklusobjekte betrachten wir alle Systemebenen – also neben deren Gesamtlebensdauer der Bauwerke die Lebensdauern der Bestandteile. Zusätzlich müssen wir uns mit korrespondierenden Produktlebensdauern befassen.

Technische Lebensdauer und wirtschaftliche Nutzungsdauer

Die Lebensdauer wird für Lebenszyklusobjekte differenziert, besonders auf der 3. Systemebene (LZO3). Wenn die aus Erfahrungswerten ermittelten Erwartungswerte der Lebensdauer gemeint sind, wird von „Technischer Lebensdauer“ gesprochen. Wenn Entscheidungen durch Eigentümer / Betreiber die Lebensdauer eines Objektes beenden, wird die damit beendete Lebensdauer als „Nutzungsdauer“ bezeichnet. Im fachlichen Sprachgebrauch sind die Bezeichnungen „Technische Lebensdauer“ für den statistisch in

[23] In Zusammenarbeit mit der BASF hat die Firma aluplast Fensterprofile aus Kunststoff entwickelt, die Spitzenwerte bei U-Werten aufweisen. Außerdem ermöglichten die mechanischen Eigenschaften des entwickelten Kunststoffmaterials den Verzicht auf Verstärkungselemente aus Stahl. Dadurch können die Endprodukte im Fenster in einen einfachen, effizienten Recyclingprozess nach der Demontage zurückgeführt werden.

[24] Der Terminus „Graue Energie“ ist in der Fachliteratur der Schweiz gebräuchlich. Er bezeichnet den gesamten Energieverbrauch, der entlang aller beteiligten technologischen Stufen für die Herstellung, Transport, Lagerung und Entsorgung eines Produktes benötigt wird (vgl. Faktor Heft 23 Graue Energie 2009 – Faktor Verlag AG Zürich 2009

Tabellen aufgeführten Erwartungswerte und „Wirtschaftliche Nutzungsdauer“ für die individuell zu ermittelnde Zeitspanne in einem realen Nutzungsprozess üblich[25].

Diese Unterscheidung ist ein wichtiger Zeitschlüssel für Kosten und Qualitäten im Lebenszyklusansatz. Gemeinsam ist der Anfangspunkt in der Zeit: daran gekoppelt ist die konzeptionelle Definition eines Objektes. Ein Unterschied besteht in der Festlegung des Endpunktes. In Angaben der Technischen Lebensdauer ist dieses Ende ein mit Unsicherheit verbundener Erwartungswert über das „Lebensende“ des Objektes. Die technische Lebensdauer kann im Zusammenhang mit einem „Abnutzungsvorrat“ auch als ein Anlagen- bzw. Bauteil-Potential aufgefasst werden.

Bei konkreten Nutzungsdauer-Angaben ist das Ende ein Zeitpunkt, der von einer Entscheidung abhängt, in Form einer Instandsetzungs-, Sanierungs-, Modernisierungs- oder Umbau-Entscheidung.

Obsoleszenz als Ursache für die Beendigung von Nutzungsdauern

Ein zunehmend häufiger Grund für die Beendigung einer Nutzungsdauer ist die Obsoleszenz (vgl. Kap. 3.3.1.2).. Bei der Ermittlung von wirtschaftlich wünschbaren Nutzungsdauern im Bestand sind die geschätzten Rest-Lebensdauern eine Entscheidungsgrundlage. Die Rest-Lebensdauern gehören als statistische Erwartungswerte zu den „Technischen Lebensdauern“. Ein typisches Beispiel ist der proaktive Bauteiltausch, weil z.B. durch den Tausch einer veralteten Pumpe oder Leuchte attraktive Effizienzverbesserungen im Energieverbrauch möglich sind.

3.3.1.2 Zyklen

Die Ausführungen über Zyklen knüpfen inhaltlich an die vorangegangenen Charakterisierungen zu den technischen Lebensdauern bzw. wirtschaftlichen Nutzungsdauern an.

Objektbezogene Lebenszyklen

Während Technische Lebensdauern / Nutzungsdauern abgegrenzte Zeitintervalle sind, hat jeder Lebenszyklus eines Lebenszyklusobjektes ein 3-teiliges Phasenmuster[26]

ENTSTEHUNGSPHASE - BETRIEBSPHASE – ENTSORGUNGSPHASE

In Bauprojekten ist die Entstehungsphase des betrachteten Objektes – z.B. eine Außenwand - im Planungs- und Ausführungsprozess des Projektablaufs enthalten. In kleinen Ersatzinvestitionen kann die Planung auf ein Minimum an Beschaffungsleistungen zusammenschrumpfen und Ausführungsleistungen haben einen entsprechend geringen

[25] Diese Unterscheidung ist allerdings in den Tabellenwerken und auch in der Fachliteratur nicht immer eindeutig. Für das LifeCycle Benchmarking ist diese Unterscheidung jedoch wichtig, da im Benchmarkgestützten Reengineering technisch mögliche und wirtschaftlich vertretbare „Restnutzungsdauern“ gegeneinander abgewogen werden. Z.B. können installierte Leuchtmittel und elektronische Vorschaltgeräte noch mehrere Jahre nutzbar sein (technische Lebensdauer), sollten aber aus wirtschaftlichen Gründen sobald wie möglich ersetzt werden (Beendung der Nutzungsdauer).

[26] Vgl. Balck (2012) Kap. 5.2.1 Lebenszyklen:

Umfang. Die Betriebsphase umfasst die parallel oder alternierend laufenden Prozesse der Nutzung und des Betreibens / Instandhaltens. Zur Entsorgung gehören Teilabläufe wie Ausmusterung, Abbruch, Demontage.

Erneuerungszyklen von Lebenszyklusobjekten

Lebenszyklusobjekte sind hinsichtlich ihrer Existenz innerhalb eines Zeitintervalls bestimmt. Betrachten wir z.B. ein Bauteil bzw. eine Komponente am Ende der Nutzungsdauer. Wird diese Zeitgrenze durch Erneuerung überschritten, beginnt eine neue Nutzungsdauer. Im Wiederholungsfall entsteht eine Kette von Erneuerungszyklen - eingebettet in einer funktionalen Kontinuität in einem übergreifenden Lebenszyklusobjekt – als Subsystem oder als „Gesamtsystem Bauwerk“. Beispiele sind Erneuerungszyklen von Pumpen, die in derselben Anlage erneuert werden oder Erneuerungszyklen von Außenanstrichen (z.B. alle 5 Jahre) einer langlebigen Außenwand (z.B. mit einer Nutzungsdauer von 50 Jahren). Mit der Entscheidung, ein Bauwerk abzureißen, endet dessen Nutzungsdauer. Zugleich enden alle Nutzungsdauern der darin eingebundenen Sub-Objekte. Somit enden auch deren Erneuerungszyklen in allen Hierarchieebenen

Phasenmodell des Life Cycle Assessment - Stadien des „Produktlebensweges“

Mit der Entscheidung, die Nutzung eines Objektes zu beenden und/ oder einen Ersatz durch Erneuerung einzuleiten, sind zwei grundverschiedene Zyklen berührt: der Lebenszyklus des genutzten Objektes – der Objektlebenszyklus – und der physische Zyklus der darin vorhandenen Produkte. Produkte werden durch eine Beschaffungsentscheidung „eingebaut“ / „verbaut“. In diesem Status sprechen wir von „Finalprodukten“. Von hier aus läßt sich gemäß der LCA-Methodik der Vorlauf in den Produktions- und Logistikprozessen in den Wertschöpfungsketten der beteiligten Vorprodukte rekonstruieren. Die gesamte Kette wird nach den Standards der DIN EN ISO 14040 / 14044 als „Produktlebensweg“ definiert.

ENTSTEHUNGSPHASE - BETRIEBSPHASE – VERWERTUNGSPHASE

In der Entstehungsphase werden alle Prozesse und Vorprodukte in den aufeinanderfolgenden Produktionsstufen – beginnend bei der Rohstoffgewinnung bis zu den im Bauwerk verwendeten Finalprodukten – zusammengefasst. Die Betriebsphase der Finalprodukte fällt zeitlich zusammen mit der Betriebsphase des entsprechenden Lebenszyklusobjektes. Z.B. ist ein verlegter Bodenbelag ein Lebenszyklusobjekt, das sich in derselben Betriebsphase befindet wie das verwendete Produkt, z.B. aus Linoleum, PVC, Holz. Entsprechend unterschiedliche Prozesse folgen in der Verwertungsphase. Der Anfangsprozess ist deckungsgleich mit der Endphase „Entsorgung“ im zuvor beschriebenen Objektlebenszyklus. Zur Verwertung gehören aber auch die ggf. nachfolgenden Prozesse der Wiederverwendung und des Recycling, die strenggenommen nicht mehr dem Objektle-

benszyklus zugeordnet werden können. Das gilt vor allem für das Recycling als wesentlichem Teil der Kreislaufwirtschaft[27]

Produktlebenszyklen

In den Anfängen des Lebenszyklusansatzes haben Ökonomen für Produkte ein 3-teiliges Phasenschema zur Charakterisierung marktbezogener Phasen eingeführt, das inzwischen im Marketing eine weite Verbreitung erfahren hat[28]

ENTWICKLUNGSPHASE (Produktentwicklung und Markteinführung) – VERMARKTUNGSPHASE (Marktverfügbarkeit) – AUSLAUFPHASE (Beendigung der Produktion und Lieferbarkeit)

Dieses Schema spiegelt Marktzustände eines Produktes und darf nicht mit dem ebenfalls 3-teiligen LCA-Schema des physischen Produktlebensweges verwechselt werden.

Produktlebenszyklen – Treiber für die Verkürzung von Objektlebenszyklen

Konstitutiv für eine Erneuerungsentscheidung – also für den Ersatz eines vorhandenen „Objektes"- ist eine klassische ökonomische Unterscheidung: einerseits die Verringerung des Gebrauchswertes eines genutzten Objektes durch Verschleiß, Abnutzung, Alterung oder andererseits durch dessen Veralten (Obsoleszenz). Das Veralten eines Lebenszyklusobjektes spiegelt unmittelbar veränderte Nutzungsprozesse und mittelbar die Marktbeziehung der im Objekt verwendeten Produkte zum Zeitpunkt der Erneuerungsentscheidung. Der Entscheider muss sich dann Rechenschaft geben, ob die Beschaffenheit des Objektes am Endpunkt der Nutzungszeit mit gleichen / gleichwertigen Produkten wiederhergestellt wird, oder ob Produktalternativen in Betracht kommen, die einen Vorteil durch im Markt vollzogene Produktentwicklungen, insbesondere durch Innovationen eröffnen.

Hier gilt die vielgebrauchte Regel: „Das Bessere ist der Feind des Guten". Das ist auch der Ankerpunkt zu dem sich verändernden Marktmuster in Richtung Performance-Wettbewerb[29] – weg vom reinen Preiswettbewerb, hin zu einem qualitätsgetriebenen Wettbewerb im Zielsystem der Nachhaltigkeit. Erneuerungszyklen von Lebenszyklusobjekten sind also nicht lediglich ein Zeitmuster der Substanzerhaltung, sondern immer

[27] Vgl. Fink (1999)

[28] Eine umfangreiche Übersicht zum Themenfeld „Product Life Cycle" mit vielen aktuellen Beiträgen enthält das von Fraunhofer IAO / IPA koordinierte „Handbuch Unternehmensorganisation" im Themenblock „Management des Produktlebenslaufs" – s. Bullinger (2009) S.223 - 315

[29] Während noch bis vor wenigen Jahren der Erfolg einer Bauleistung bzw. einer Produktanschaffung auch nach geltendem Recht mit der mängelfreien Übergabe definiert wurde, hat sich spätestens mit der Einführung von Zertifizierungssystemen, wie dem deutschen DGNB und BNB, eine Erweiterung der Erfolgsdefinition ergeben. Jetzt geht es im Performance Wettbewerb um den Vergleich des jeweiligen Erfüllungsgrades im Hinblick auf Ausprägungen in einem verbindlichen Kriteriensystem oder den erreichten Grad in einer Energieeffizienz-Skala, wie sie durch die Ökodesign EU-Verordnung vorgegeben wird. Das klassische Verhältnis von Preisen (Anschaffung) und mängelfreier Leistung ist damit kein zureichender Maßstab mehr für wirtschaftlichen Erfolg. Insbesondere werden Preise im Bewertungssystem der Nachhaltigkeit relativiert durch deren Verhältnis zu den Folgekosten.

auch ein Takt für Verbesserungen[30] der Bausubstanz (vgl. Kap.4.3.2) über Reengineering und Proactive Replacement im Bestand).

Produktlebenszyklen sind also von großer Bedeutung für das Verständnis heutiger und mehr noch zukünftiger Strategien der Instandhaltung.

3.3.2 Das Lebenszyklusobjekt als verschachteltes Zeitmuster paralleler und aufeinanderfolgender Lebensdauern von Bestandteilen

Betrachten wir Baukonstruktionen und deren Bestandteile, Technische Anlagen und deren Komponenten oder Ausrüstungen und Einrichtungen. Das Interesse an Lebenszyklen dieser Objektklassen verlangt eine systemtechnische Durchmusterung auf allen Systemebenen im Hinblick auf deren zeitliche Dynamik. Die vergleichende Analyse zeigt ein Spektrum von Objektzyklen zwischen Lebensdauern weniger Jahre und mehrerer Jahrzehnte. Beispielsweise haben Wandbeschichtungen aus Farben oder Lacken eine technische Lebensdauer von 2 bis 8 Jahren, gebäudetechnische Anlagen und Komponenten von 5 bis 30 Jahren, Fassadenbauteile von 20 bis 80 Jahren. Am längsten überdauert das Tragwerk mit Bauteilen aus langlebigen Materialien, wie Mauerziegel, Beton, Stahl, Holz (in Extremfällen mehrere Jahrhunderte).

Die vergleichende Analyse zeigt ein Spektrum von Objektzyklen zwischen Lebensdauern weniger Jahre und mehrerer Jahrzehnte. Es ist also für Bauwerke wenig aufschlussreich, wenn - wie das häufig in der Fachliteratur verkürzt dargestellt wird - schlechthin von der Lebensdauer oder dem Lebenszyklus gesprochen wird. In der Langzeit-Perspektive erscheint das Gesamtsystem Bauwerk als Lebenszyklusobjekt und zugleich die Gesamtheit der Bauwerk-Subsysteme (Baukonstruktionen und Technischen Anlagen), sowie deren Bauteile als Gesamtheit von Lebenszyklusobjekten. Durch die aufeinanderfolgenden unterschiedlichen Lebensdauern der Bauwerk-Subsysteme und Bauteile lassen sie sich als verschachteltes, kaskadenartiges Zeitmuster darstellen.

3.4 Objektlebenswege und Produktlebenswege

3.4.1 Technologische Betrachtung der Produktlebenswege

Wenn man nicht den ideell-planerischen Ursprung der Bauwerke als Ausgangspunkt nimmt, sondern in umgekehrter Richtung die Herstellungsprozesse bis in die Anfänge zurückverfolgt, dann zeigen sich viele Ursprünge in einem breiten Spektrum von Produkten und aufeinanderfolgenden Produktionsstufen. Diese Sicht ist technologisch[31]. Sie ist vor

[30] Eine methodische Parallele ist die in den 1990er Jahren in der Management-Literatur eingeführte Konzeption der Kontinuierlichen Verbesserung und des damit verbundenen Managementprozesses eines Kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP) – vgl. Bullinger (2009)

[31] Der Begriff Technologie wurde durch Johann Beckmann im 18. Jahrhundert begründet. Er betrachtete Produktionsverfahren am Anfang der Industrialisierung in Deutschland. Dieser Technologiebegriff ist im deut-

allem deswegen von Interesse, weil die Beurteilung der Nachhaltigkeit des Bauens entscheidend von technologischen Kriterien und Daten abhängt – von Produkten und Prozessen, entlang von Wertschöpfungsketten und eingebundenen physischen „Produktlebenswegen“. Wenn man ausgehend vom fertiggestellten Bauwerk die darin verbauten Produkte als „Finalprodukte“ betrachtet und die zugehörigen Produktketten der Vorprodukte[32] bis zu den technologischen Anfängen einbezieht, zeigt sich folgendes Prozessmuster – als Weiterführung des zuvor vorgestellten 3-teiligen Phasenschemas:

KETTE DER VORPRODUKTE – ERZEUGEN DER BAUWERKE AUS FINALPRODUKTEN – WIRKUNGEN DER FINALPRODUKTE IN DER BETRIEBSPHASE – ENTSORGUNG/ VERWERTUNG DER FINALPRODUKTE

Zur Erfassung der Lebenszykluswege werden von hier aus – vom Zeitpunkt der Anlieferung an die Baustelle[33] - in zwei Richtungen ermittelt:

- Alle vorangegangenen Prozessketten unter Einbeziehung aller Vorprodukte
- Alle folgenden Phasen der Baustellenproduktion, die anschließenden Nutzungs- und Betriebsphasen bis zu Demontage/ Rückbau/ Entsorgung und Recycling

Solche Ketten bestehen aus produktbezogenen Abschnitten, die auf ein Enderzeugnis hin zusammenlaufen. Wenn man sie vom Enderzeugnis Bauwerk an die Anfänge zurückverfolgt, zeigt sich ein komplexes umgekehrtes Verzweigungsmuster.

Produktbezogene Kriterien der Nachhaltigkeit im Produktlebensweg

Die folgenden Kriterien der Nachhaltigkeit gelten je Produkt mit zugehörigen Prozessen entlang von Produktlebenswegen[34]:

- Ökologische Kriterien eines Produktionsprozesses
- Ökologische Kriterien produktionsabhängiger Logistikprozesse
- Gesundheitsrelevante Emissionen von Verfahren in der Produktion
- Gesundheitsrelevante Emissionen von Bauteilen in der Nutzungsphase

---

schen Sprachgebrauch bis heute beibehalten worden, hat aber durch die angelsächsische Tradition im Technologieverständnis der US-amerikanischen Industrie eine Erweiterung erfahren: „Technology“ wird hier als Kombination aus Herstellungsverfahren und Prozessmerkmalen in Anwendungen verstanden, die in den Eigenschaften der Produkte angelegt sind (vgl. Fohler (2003) und Ropohl (2009)). In den von uns durchgeführten Betrachtungen wird ausschließlich der ursprüngliche auf Produktionsverfahren bezogene Technologiebegriff verwendet.

[32] Der Begriff „Vorprodukte“ im Sinne der Terminologie des LifeCycle Assessment LCA verwendet. Damit werden in der technologischen Kette alle Produktstufen betrachtet, die dem Finalprodukt vorangehen. Finalprodukte sind bauwerkbezogen definiert. Es sind diejenigen Produkte, die in den Herstellungsprozess eines Bauwerks als „Inputs“ eingehen.

[33] Alle Produkte, die im Herstellungsprozess des Bauwerkes in „Bauteile“ verwandelt werden, definieren auch einen Endpunkt möglicher LCA-Produktlebenswege. Diese Rückwärtsanalyse ist eine Parallele zur LCA-Abgrenzung Cradle to gate. Die Anlieferung an die Baustelle entspricht dem Fabriktor(„gate“).

[34] Die Auflistung ist aus drei Kriterienbereichen des Bewertungssystems BNB bzw. DGNB entnommen: Ökologie / Soziokulturelle Kriterien / Ökonomie. Diese Teile des Bewertungssystems korrespondieren mit dem LCA-Verfahren.

- Gesundheitsrelevante Emissionen von Bauteilen im Brandfall
- Ökologische Kriterien von Entsorgungsprozessen / Verwertungsprozessen
- Gesundheitsrelevante Emissionen von Bauteilstoffen im Entsorgungsprozess
- Produkt- und prozessbezogene ökonomische Kriterien (Darauf bezogene Bewertungen sind zu allen zuvor aufgeführten Beurteilungen komplementär)

3.4.2 Das Y-Modell der Überlagerung von bauwerkbezogenen Objektlebenswegen und Produktlebenswegen

Bauwerkbezogene und produktbezogene Lebenswege überlagern sich in einem Y-Modell. Der eine Zweig des Y-Modells enthält die projektorientierten Planungsphasen eines Lebenszyklusobjektes bis zur Vergabeentscheidung. Der zweite Teil des Y-Modells enthält die technologischen Wertschöpfungsketten bis zu Finalprodukten mit dem Einmündungspunkt in Baustellenprozesse. Der Y-Schaft enthält die Parallelität aus planungsgenerierten Lebenszyklusobjekten und den Lebenswegen der technologisch zugeordneten Produkte. Das wird deutlich an der selten beachteten Ungleichheit zwischen der technologischen Bestimmung „Produkt“ und einem „Bauteil“, das im Herstellungsablauf aus Produkten entsteht

Bauwerkbezogene Lebenszyklusobjekte haben ihren Ursprung in planerischen Festlegungen. Von hieraus sind folgende Lebenszyklusphasen bestimmt:

- Nach der Erstbestimmung eines Objektes – z.B. die „Skizze“ einer Außenwand in einem Vorentwurf – folgen zunehmende Detaillierungen der Objektbestimmung im Durchlauf der Planungsphasen – z.B. konstruktive Festlegungen einer Außenwand von der Entwurfsphase bis zur Ausführungsplanung
- Übergang von planerischen Objektbestimmungen in Auswahlentscheidungen marktverfügbarer Produkte – z.B. Auswahl von Bauprodukten für die Bauteilschichten einer Außenwand
- Erzeugen der „Bauteile“ in der Baustellenproduktion
- Objektnutzung bzw. Betrieb der Objekte im Bauwerkszusammenhang – zunächst nach projektbezogenen Randbedingungen und ggfs. durch Anpassung und Umnutzung
- Aufgrund einer Entscheidung durch Nutzer/ Betreiber endet die Nutzungsdauer des Objektes. Es folgen Rückbau/ Abbruch/ Entsorgung. Mit der Entsorgung folgen weitere Phasen der Verwertung, mit denen das bauwerkbezogene Lebens-

zyklusobjekt seine Bestimmung verliert. Das ist der Einmündungspunkt in die weiterlaufende technologische Kette der Verwertungsphase[35].

Bauteile und Produkte

Der bei der Analyse der Bauteile in Erscheinung tretende Produktaspekt hat im Sinne des beschriebenen Y-Modells notwendige Schnittstellen zu den technologischen oder marktbezogenen Lebenszyklusphasen dieser „Produkte". Bauteile wie Pumpen, Ventilatoren, und alle anderen Komponenten Technischer Anlagen haben einen unterschiedlichen Status, je nachdem, welcher Lebenszyklus betrachtet wird:

- Pumpen und Ventilatoren sind als „Bauteile" Bestandteile Technischer Anlagen und damit wiederum Bestandteile eines Bauwerks. Nach der vorangegangenen Begriffsbildung sind sie „Lebenszyklusobjekte" und bestimmt in funktionalen und betrieblichen Zusammenhängen. Die Anfänge ihrer Lebenszyklen liegen in den Entwurfsphasen.
- Pumpen und Ventilatoren haben aber auch den Status als „Produkte". Im konkreten Anwendungsfall im Bauwerk nennen wir sie „Finalprodukte". Ihre Ursprünge liegen verteilt in den Anfängen spezifischer Wertschöpfungsketten. Sie lassen sich zurückverfolgen entlang technologischer Ketten aufeinanderfolgender Vorprodukte. Solche Ketten werden im Hinblick auf Stoffströme und Energieverbrauch als „Produktlebensweg" entlang der Produktions- und Logistikprozesse im Life Cycle Assessment (LCA) betrachtet.
- Der marktbezogene „Produktlebenszyklus" der Finalprodukte beginnt in der Produktentwicklung. Er ist streng zu unterscheiden vom „Produktlebensweg" des Life Cycle Assessment LCA.

3.4.3 Eingrenzung der Untersuchung auf Lebenszyklusobjekte im Bestand

Gemäß Forschungsaufgabe wurden mit den beteiligten Forschungspartnern ausschließlich Daten aus der laufenden Betriebspraxis verwendet. Alle Auswertungen bezogen sich auf ausgewählte Bauwerke und Bauwerk-Bestandteile. Untersuchungsschwerpunkte waren insbesondere Technische Anlagen und deren Komponenten. Diese Objekte wurden in Analysen auf ihren planerischen Ursprung zurückverfolgt. Ermittelt wurden ursprüngliche Anforderungen im Abgleich mit den aktuellen Erfordernissen für Nutzung und Betrieb. Die betrachteten Objekte – von der Gesamtebene Bauwerk bis zu den Bauteilen – sind „Bauwerkbezogene Lebenszyklusobjekte".

[35] In einem Entsorgungsprozess werden Bauteileigenschaften durch Abbruch, Demontage u. dgl. zerstört. Es verbleiben aber produktspezifisch Materialeigenschaften, die in Verwertungsprozessen nutzbar gemacht werden. Abgesehen von Prozessen der „Wiederverwendung", in denen Bauteileigenschaften weitgehend erhalten bleiben, sind solche Verwertungen, insbesondere in Recyclingverfahren, nur noch Gegenstand einer rein produktbezogenen LCA-Analyse. Deswegen gehören diese Verwertungsprozesse nicht mehr zum Objektlebenszyklus, sondern ausschließlich zur „End-of-life-Phase" der betrachteten Produkte.

In der vorliegenden Untersuchung ermittelten LifeCycle Benchmarks beziehen sich ausschließlich auf die Datenbasis der Forschungspartner und sind damit ausschließlich auf Objekte bezogen, die im Bauwerk-Zusammenhang betrachtet werden. Es werden also in den erfassten Benchmarks nur Lebenszyklusobjekte betrachtet. So werden u. a. die „graue Energie“ und Stoffbilanzen, die den Produkten zukommen, nicht untersucht. Ebenso werden die in Produkte-Ketten enthaltenen Schadstoffe in unserem Benchmark-Ansatz nicht untersucht. Mit anderen Worten: Die Rückverfolgung der in Bauteilen präsenten Produktmerkmale im Hinblick auf Materialressourcen und Energie ist nicht Gegenstand unserer Forschungsarbeit.

WEITERFÜHRENDE FORSCHUNGSAUFGABE

Ein solcher Ansatz ist aber zweifellos von großem Interesse für ein bauteilorientiertes ökologisches Benchmarking. Das Ergebnis wären ökologische Benchmarks, die auf der Basis von LCA-Analysen abgeleitet werden müssten. Ein solcher Ansatz ist komplementär zu den bauwerkbezogenen LifeCycle Benchmarks – mit methodischen Synergien und damit einhergehenden Entscheidungshilfen in Planungs- und Beschaffungsprozessen. Es geht um die Parallelität der Ermittlung von produktbezogenem Ressourcenverbrauch (Energie in Produktionsketten und stoffbezogener Ressourcenverbrauch) in LCA-Analysen mit LCC-Ermittlungen. Das ist möglich, wenn man die gemeinsame Schnittstelle – die „Bauteile“ – zugrunde legt. An Bauteilen treffen, wie oben ausgeführt, die Orientierung an konkreten, individuellen Bauwerken mit abstrakten materialbezogenen oder auch auf Produktklassen bezogene technologische Analysen zusammen. Wenn es in weiteren Untersuchungen gelingt, diese Kombination sozusagen als 2-teilige Planungshilfe bzw. Entscheidungshilfe auszuarbeiten, wäre gegenüber der bisherigen DGNB-/BNB-Bewertungssystematik ein außerordentlicher Sprung in der Detaillierung möglich. Der Unterschied wäre zwischen einer Entwurfsbeurteilung nach DGNB/ BNB, die nur Bewertungen für Gebäude als Ganzes durchführen – ein Wechsel auf die Detailebene von Planung und Beschaffung, sodass Planungs- und Entscheidungshilfen bis in die Ausführungsplanung, Ausführung und Vergabe hinein möglich werden.[36]

[36] vgl. Lützkendorf (2012) und Balck (2013b) und Balck (2013c).

4 Methodik Teil 2 – Folgeprozesse und Folgekosten der Investition

4.1 Veränderung der Beschaffungsmuster in der Prozesskette des Investierens, Betreibens und Instandhaltens

4.1.1 Langzeitverantwortung – ein Strukturproblem

Im Zentrum des Lebenszyklusansatzes stehen das Nachhaltigkeitsgebot und die Neudefinition der Bauaufgabe. Investoren und Bauherrn sind aufgefordert, Investitionsziele mit Betriebszielen zu verbinden. Die beteiligten Forschungspartner sind als „Betreiber-Bauherrn“[37] für diese Entwicklungsaufgabe prädestiniert. Betreiber-Bauherrn haben ein durchgehendes Interesse, das gesamte Spektrum von Baumaßnahmen - Neubauten, Umbauten, Sanierungen, Instandsetzungen – mit den nachfolgenden Prozessen des Betreibens, Instandhaltens und infrastruktureller Dienste wirtschaftlich und qualitativ optimal zu gestalten.

Die damit umrissene „Langzeitverantwortung“[38] von Investitionen wird aber in der Praxis selten eingelöst, vor allem deswegen, weil tradierte Organisationsstrukturen durch „Ab“-„Teilungen“ Kommunikationsbarrieren erzeugen. So erschwert die herkömmliche Aufspaltung in Bauabteilungen und Abteilungen des Betreibens / Instandhaltens den für den Lebenszyklusansatz wichtigen Informationsfluss – von Projektinformationen zu Betriebsinformationen und umgekehrt - und bedarf einer Runderneuerung. Die Neuausrichtung beinhaltet entweder eine Verklammerung der Bau- und Betriebskompetenzen unter einer Gesamtleitung[39] oder zumindest eine enge Kooperations- und Koordinationsform. Eine solche organisatorische Koppelung von Investitions- und Betreiber-Verantwortung ist aber nichts Geringeres als ein Paradigmenwechsel, der für alle beteiligten Institutionen

[37] Mit „Betreiber-Bauherren“ bezeichnet der Autor die organisatorische Gesamtverantwortung für Investitionen und den anschließenden Betrieb der Immobilien bzw. Bauwerke. Diese Gesamtverantwortung ist in Deutschland, aber auch international noch immer kein selbstverständlicher Standard. Erst in den 90er Jahren begannen Industrieunternehmen und Eigentümer großer Liegenschaften, die Organisationseinheiten für Betreiberprozesse und Bauabteilungen organisatorisch zu koppeln. Nur dann können Betriebskosten und die Werterhaltung durch Modernisierung/ Sanierung auch als Zielhorizont für Bauinvestitionen im Projektmanagement umgesetzt werden.

[38] Der Begriff Langzeitverantwortung wird in dieser Untersuchung verwendet, um innerhalb von Planungsprozessen für Bauinvestitionen Folgekosten und Ziele der Nachhaltigkeit zu berücksichtigen. Langzeitverantwortung betrifft aber nicht nur Planungsentscheidungen, sondern auch ausführende Firmen und Produktanbieter, die sich bereiterklären, für ihre Erzeugnisse und Leistungen verlängerte Gewährleistungen und/ oder verlängerte Garantien vertraglich zu vereinbaren.

[39] Bei Fraport wurden die Aufgabenbereiche für Bauinvestitionen und Immobilien- und Facility Management im übergreifenden Bereich ZIM (Zentrales Infrastruktur Management) gebündelt.

ungewohnt und nicht konfliktfrei ist[40]. Dieses Verständnis ist auch den Forschungspartnern gemeinsam – mit dem gleichen Ausgangspunkt am Ende der betrachteten Prozesskette:

- Nutzer haben ihre direkten Ansprechpartner in den Akteuren der unterstützenden Prozesse, also im Betreiben und übergreifenden Facility Management
- Nutzer sind Verursacher bzw. Betroffene von Servicekosten. Im „Bewirtschaften" werden sie durch Abrechnungen von Umlagen / Mieten / Nebenkosten belastet. D.h. Nutzer bzw. Mieter sind am Ende diejenigen, die weitgehend die wirtschaftlichen Folgen einer Investition zu tragen haben

Da also Betreiber parallel zu den professionellen Sicherheitspflichten und der Verantwortung für den Werterhalt der Investitionsgüter unmittelbar das Nutzerinteresse vertreten, wird von hier aus deutlich, das mit der Erfüllung dieser Aufgaben auch der Erfolg von Baumaßnahmen im Nachhaltigkeitsansatz zu definieren ist.

4.1.2 Veränderung der Organisationsformen im Lebenszyklusansatz

Betreiber-Bauherrn eröffnen mit dem Lebenszyklusansatz eine erweiterte Skala der Ziele und Verpflichtungen und benötigen eine neue Generation von Planungsmethoden, Beschaffungsverfahren und Hilfsmitteln des Technisch-wirtschaftlichen Controllings. Das Lebenszykluskonzept stiftet aber auch die gemeinsame Entwicklungsgrundlage für viele damit verwandte Konstellationen:

- PPP-Anbieter und PPP–Konsortien (Public Private Partnership)
- Betreiber-Vermieter-Konstellationen, z. B. in Industrieparks, oft mit Einbindung von Betriebsausrüstungen
- Koppelungen von Betreiberverantwortung und Serviceeinheiten mit Eigentümerverantwortung in immobilienwirtschaftlicher Ausrichtung in CREM-Organisationen (Corporate Real Estate Management)
- Immobilienwirtschaftliche Organisation der Eigentümerverantwortung und Betreiberverantwortung im Portfoliomanagement von Fondsgesellschaften oder institutionellen Anlegern – i.d.R. in der 3-teiligen Koppelung Asset Management - Property Management – Facility Management

[40] Die organisatorische Koppelung von Investitionsverantwortung und Betreiberverantwortung ist aufgrund unterschiedlicher Sichtweisen und Kompetenzen mit einer Reihe von Zielkonflikten verbunden. Dazu gehören die selten anzutreffende Bereitschaft zu partiell höheren Investitionskosten, um im Laufe der Betriebsprozesse Folgekosten einzusparen und der klassische Konflikt zwischen kostentreibenden Qualitätsforderungen und Kostenzielen.

4.2 Folgeprozesse und Folgekosten der Investition

4.2.1 Betreiben und Instandhalten – Entwicklung der Terminologie

In der Instandhaltungsmethodik des Maschinen- und Anlagenbaus hat sich eine in Jahrzehnten gewachsene umfangreiche Terminologie von Prozessbegriffen bewährt, die für die Entwicklung des Lebenszyklusansatzes über alle Branchen hinweg eine solide Grundlage darstellt. In den in der Bauwirtschaft vorhandenen Regelwerken ist ein solches Vorgehen bislang nur in die Gebäudetechnik übertragen worden und bedarf einer konsequenten Weiterführung für alle Subsysteme und Bauteile der Baukonstruktionen. Die folgende Systematik der lebenszyklusbezogenen Prozessbegriffe spiegelt den Entwicklungsstand der deutschen Regelwerke in der Gebäudetechnik, teilw. mit Anwendungsperspektiven für Baukonstruktionen.

Die im Maschinen- und Anlagenbau eingeführten deutschen Regelwerke des Betreibens und Instandhaltens hat eine traditionelle Basis in der 1977 einführten DIN 32541 Betreiben von Maschinen und vergleichbaren technischen Arbeitsmitteln (Begriffe für Tätigkeiten) und in der damit kompatiblen und zeitgleich eingeführten DIN 31051 Instandhaltung. Die in diesen Regelwerken fundamentale Unterscheidung von Bedienen und Instandhalten spiegelt das für Maschinen und Geräte typische Anwendungsmuster zwischen dem Normalzustand der Funktionsausübung und dem durch Verschleiß und andere Störungsfaktoren unvermeidlichen Ausfallverhalten. Durch Prozesse der Instandhaltung werden Störungen vermieden bzw. dysfunktionale Zustände von Konstruktionen, Anlagen, Bauteilen oder Komponenten in ihren ursprünglichen Zustand der Funktionsfähigkeit zurückgeführt. Diese Polarität findet sich in Industrieunternehmen auch als organisatorische Dualität: Die Maschinenbediener sind z.B. bei einem Automobilhersteller die Facharbeiter im normalen Arbeitsprozess, also im eigentlichen Wertschöpfungsprozess. Wenn Maschinen ausfallen, sind in der Regel spezialisierte Einheiten der Instandhaltungsorganisation für die Entstörung oder Instandsetzung zuständig. Die gleichen Einheiten haben außerdem die Aufgabe, in Zeiten der Nicht-Produktion (außerhalb der normalen Arbeitszeit) Inspektionen und Wartungen durchzuführen, um die Störungswahrscheinlichkeit zu verringern. Im internationalen Sprachgebrauch findet sich die Dualität in der gängigen Formulierung von „Operation and maintenance“. Die Prozessklasse Bedienen und deren Subprozesse Stellen, Überwachen, Entstören betreffen ursprünglich in der DIN 32541 die Produktionsprozesse – also die Aktivitäten der Facharbeiter, Techniker und betriebstechnischen Ingenieure. Das sind unmittelbar wertschöpfende Aktivitäten! Ähnlich ist das beim Bedienen eines Computers, so wie wir das auch in täglicher Nutzung in eigener Büroarbeit erleben: Die Nutzer (User) bedienen Arbeitsmittel in Nutzungsprozessen. Ganz anders werden Prozesse des Bedienens in der Gebäudetechnik durchgeführt. Hier sind die Nutzer nur am Rande mit Bedienfunktionen in Anspruch genommen (z.B. Lichtschalter bedienen). Dem überwiegenden Anteil der Bedien-Leistungen werden von den Fachleuten auf der Betreiberseite durchgeführt. Betrachtet man Gebäude, insbesondere die

technischen Einrichtungen, im Ganzen als eine „Maschine“[41], dann lässt sich in der historischen Entwicklung ein Wandel im Mensch-Maschine-System nachzeichnen: Zunächst übernehmen Menschen als Betreiberfachleute das Bedienen von Heizanlagen oder lüftungstechnischen Anlagen. Und in einem weiteren Schritt, der zurzeit eine große Beschleunigung erfährt, werden Bedienfunktionen der Betreiber durch automatisierte Prozesse der Gebäudeautomation übernommen. Parallel dazu vollzieht sich durch die Raumautomation eine weitere „Entlastung“ bzw. Unterstützung durch Bedieneinrichtungen in Einzelräumen (z.B. Einzelraumregelung oder zentrale Bediendisplays für unterschiedliche Konditionierungsfunktionen). So handelt es sich beim Bedienen eines Heizkessels oder einer raumlufttechnischen Anlage um Vorgänge, die typisch für die Facility Services sind. Das sind Sekundärprozesse, die den eigentlichen Nutzerprozess „unterstützen“. Verglichen mit den zuvor betrachteten Produktionsprozessen und der dort typischen Bedienung von Maschinen oder von Computern fällt nun in der Gebäudetechnik das Bedienen von Technischen Anlagen in die gleiche Kategorie wie das Instandhalten in der Produktion.

Eine Adaptierung dieser allgemeinen technischen Normen für die technische Gebäudeausrüstung wurde in den in VDI-Regelwerken und den VDMA-Leistungsprogrammen für Wartungs- und Inspektionsleistungen vorgenommen. Besonders die VDI-Richtlinien für das Betreiben unterschiedlicher Anlagentypen liefern eine präzise Terminologie für technische Prozesse. Die VDI 3801 „Betreiben von raumlufttechnischen Anlagen“ (Abb. 4-1) regelte von 1982 bis 2005 die Klassifizierung der Prozesse im Betreiben zunächst nur für Anlagen der Raumlufttechnik. Ab 1997 folgte mit gleicher Prozess-Systematik die VDI 3810 Betreiben von heizungstechnischen Anlagen.

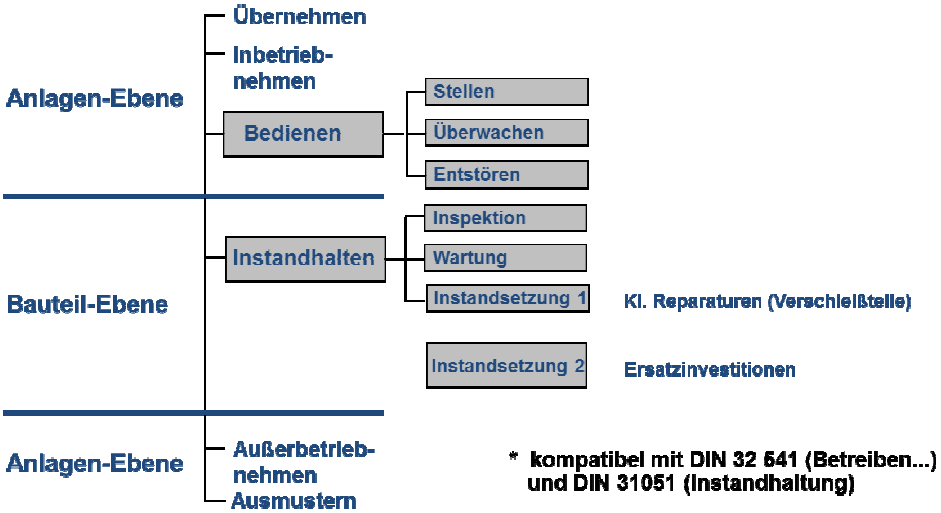


Abb. 4-1: VDI 3801 Betreiben von RLT Anlagen bis – gültig von 1982- 2005 –© H. Balck

[41] In den 20er Jahren haben Architekten der frühen Moderne die Auffassung vertreten, dass Gebäude als Maschinen verstanden werden müssten. Der Mitbegründer modernen Architektur E. Corbusier prägte den Begriff „Wohnmaschine“ Anfang der 1920er Jahre – vgl. Corbusier (1927).

Diese technologischen Grundbegriffe haben vor allem deswegen Geltungsanspruch, weil sie mit hohem Allgemeinheitsgrad Prozesse für beliebige technische Objekte industriegerecht abbilden. Die Systematik ist aber aus heutiger Sicht unvollständig. Sie hat sozusagen einen Geburtsfehler, der dem ursprünglichen Prozessdenken der Produktion anhaftet: es fehlt der Energieaspekt! Mit dem Aufkommen der Diskussion um wirtschaftliche Nachhaltigkeit wurden 2005, wenngleich zu einem historisch späten Zeitpunkt, die Regelwerke DIN 32541 und damit parallel die VDI 3801 zurückgezogen. Mit der Erweiterung der Tätigkeitsklassen durch das „Energiemanagement“ in der Neuherausgabe im Mai 2012 der VDI 3810-Reihe „Betreiben und Instandhalten von gebäudetechnischen Anlagen“ (Abb. 4-2) – nun für alle Gewerke der Gebäudetechnik - wurde das alte, ansonsten unveränderte terminologische Prozessgerüst erweitert und der „blinde Fleck“ im bisherigen technischen Prozessverständnis korrigiert.

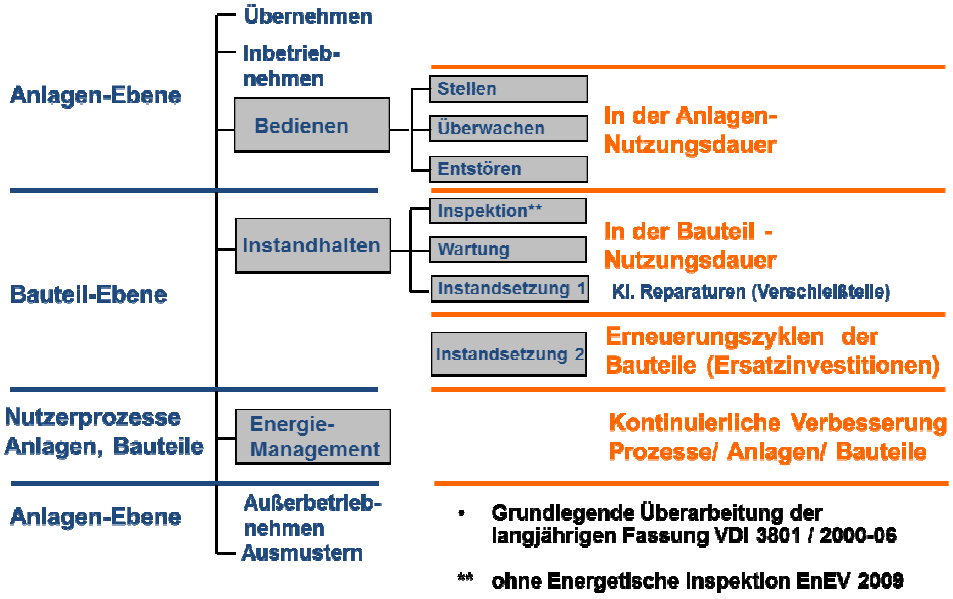


Abb. 4-2: Prozess-Systematik der VDI 3810 Betreiben und Instandhalten von gebäudetechnischen Anlagen – gültig ab 2012 – © H. Balck

Zuordnung der Prozesse des Betreibens und Instandhaltens zu den Phasen der Lebenszyklusobjekte

Prozesse in der Anfangsphase der Nutzungsdauer

Übernehmen / Inbetriebnahme

Prozesse in der Normalphase der Nutzungsdauer

Bedienen (Stellen, Überwachen, Entstören)

Instandhalten (Inspektion, Wartung, Instandsetzung)

Prozesse in der Endphase der Nutzungsdauer

Außerbetriebnahme / Ausmustern

Tätigkeiten bei der Einführung eines Gerätes/ einer Anlage in den Betrieb (Übernehmen/ In Betrieb nehmen) sind eine Übergangsphase zwischen dem Ende eines Investitionsprojektes und dem Anfang der Nutzung. In der Normalphase der Nutzung werden Aktivitäten des Bedienens und Instandhaltens unterschieden und in der Auslaufphase am Ende der Nutzungsdauer folgen Außer Betrieb Nehmen und Ausmustern.

Anders als bei Maschinen und üblichen technischen Gebrauchsobjekten sind Nutzungsprozesse in Gebäuden aber nicht deckungsgleich mit Bedienprozessen. Vielmehr gehören die Bedienprozesse von technischen Anlagen und Baukonstruktionen weitgehend zu den Prozessen der Betreiber bzw. Dienstleister und sind aus Nutzersicht „Unterstützende Prozesse“[42].

4.2.2 Instandhaltung und Energiemanagement – (noch) getrennte Welten auf dem Weg zur Synergie

Dennoch bleibt die Frage, warum energetische Prozesse und energetische Folgekosten nicht schon früher Gegenstand rationaler Analysen und Gestaltungsinteressen war. Diese Frage berührt ein aktuelles Grundproblem unserer technisch-kulturellen Entwicklung und steht im Zentrum der Verfolgung von Zielen der Nachhaltigkeit. Entsprechend gibt es sehr unterschiedliche Antwortmöglichkeiten auf die bisherige Nicht-Beachtung oder bestenfalls Geringbeachtung des Energieaspektes in den vielfältigen Prozessen unserer industriellen Lebenswelt. Die Frage hat aber für unser Vorgehen einen unabweisbaren Bezugspunkt: Anders als die bis heute überwiegend handwerklichen Instandhaltungsprozesse verlaufen energetische Prozesse „anlagenintern“ - als Prozesse, an denen Menschen nicht oder nur am Rande vorkommen. Sie sind physikalische oder physikalisch-chemische, weitgehend automatisierte technikinterne Abläufe. Energetische Prozesse gehören sozusagen zum Funktionieren der vom Menschen geschaffenen baulichen und technischen Anlagen. In dem Maße nun, wie energetische Eigenschaften mit wachsender Bedeutung zum Gegenstand von Konstruktions-, Gestaltungs- und Optimierungsmaßnahmen werden, verändert sich das Leistungsbild der Facility Services.

Das Leitbild des Betreibens wandelt sich durch die Forderung nach kontinuierlicher Verbesserung der Energieeffizienz

Der neue Fokus „Energiemanagement“ beinhaltet eine Grenzüberschreitung. Während nach dem klassischen Verständnis des „Betreibens“ der störungsarme Betrieb – also das

[42] Die Unterscheidung von Hauptprozessen und Unterstützenden Prozessen (Support Activities) ist eine seit den 1990er Jahren bis heute weit verbreitete Unterscheidung in Betriebswirtschaft und Management. Sie wurde konzeptionell von M. Porter eingeführt – s. Porter (1993). Diese Unterscheidung fand in der Normenreihe DIN EN 15221 Facility Management Eingang.

Vermeiden, Verhindern bzw. Beseitigen von Störungen – im Mittelpunkt der unterstützenden Dienstleistungen stand, erweitert sich nun dieser Fokus um eine zweite Ausrichtung: die Reduzierung von Energieaufwand und damit einhergehenden Umweltbelastungen. Das ist aber nur möglich, wenn im Bestand Konstruktionen und Anlagen durch Umbau, Umrüstung, Nachrüstung verändert werden, um höhere Effizienzniveaus zu erreichen. Anders als die auf Störungsphänomene ausgerichtete Betriebsweise ist diese Serviceorientierung nicht statisch, sondern im Idealfall eine Kontinuierliche Verbesserung[43]. Aus unserer Sicht vollzieht sich hier ein überfälliger Nachholbedarf im Technischen Facility Management. Energiemanagement und Instandhaltungsmanagement sind auf dem Wege zu polaren sich ergänzenden Schwerpunkten in den unterstützenden Prozessen. Angetrieben wird diese Entwicklung durch das Top Management in Unternehmen und Verantwortungsträger in öffentlichen Institutionen.

Langzeitverantwortung in der Instandhaltung

Gleichwohl sehen wir, besonders durch die intensive Zusammenarbeit mit den Forschungspartnern, dass die Rolle der Instandhaltung als Kern des technischen Betreibens weiterhin eine Schlüsselrolle beanspruchen kann. Der Hauptgrund ist die unveränderte Wertverantwortung. Das wird erkennbar, wenn wir nun im Folgenden versuchen, entlang den systemtechnischen Objektgliederungen auf Basis der DIN 276 Prozesskosten objektbezogener Prozesse auszuweisen. So lassen sich die Prozesse des Inspizierens, Wartens, Entstörens oder Instandsetzens jeweils eindeutig funktionalen Einheiten zuordnen, die nun in Lebenszyklusperspektiven auch eine Langzeitverantwortung für die realisierten Werte dieser Einheiten verlangen. Das gilt zunächst für Objekte innerhalb definierter Nutzungsdauern. Das gilt aber in erhöhtem Maß, wenn man diese Grenzen überschreitet. Bauteilerneuerungen oder Ersatzinvestitionen bedingen Erneuerungszyklen. Sie bilden Ketten von Abnutzungsvorräten bzw. Ketten des als Verlängerung der ursprünglichen Investitionsprozesse und konstituieren damit Lebenszyklusobjekte.

Es muss hervorgehoben werden, dass solche Zuordnungen für alle Ebenen der Objekthierarchie gelten, also von der Ebene des Gesamtbauwerkes (im Falle einer Komplettmodernisierung/ -sanierung oder Neuerrichtung oder Erneuerungsprozesse ausgewählter technischer Anlagen oder ausgewählte Einzelbauteile, wie z.B. Fenster oder Leuchten. In dem Maße, wie nun in gleicher methodischer Vorgehensweise nach energetischen Prozessen gefragt wird, stehen auch solche Zuordnungen sowohl innerhalb der Nutzungsdauer, als auch innerhalb von Neuerungsprozessen, die nicht in gleicher Weise beantwortet werden können. Diese begriffliche und systematische Neuausrichtung des Betreibens und Instandhaltens ermöglicht die für unsere Untersuchung des Normalbetriebs Technischer Anlagen wichtige Unterscheidung zwischen Instandhaltungskosten und Energiekosten erfassbar und kontrollierbar durch softwaregestützte Instandhaltungsdaten, bzw. durch softwaregestützte Systeme des Energiemanagements.

[43] Vergleiche Bullinger (2009), S. 711.

Gebäudeautomation als technologische Aufwertung der unterstützenden Prozesse

Die in der Servicewelt häufig als Abwertung wahrgenommene Einordnung der zuvor aufgeführten Prozesse als „unterstützende Prozesse“ innerhalb der Gebäudetechnik – gegenüber der ursprünglichen Mensch-Maschine-Einheit, in der die Bedienprozesse auch die wertschöpfenden Nutzerprozesse sind – führt aber zugleich eine oft unterschätzte technologische Aufwertung mit sich. Bedienprozesse der Gebäudetechnik sind seit Ende der 90er Jahre zunehmend zu Hightech-Prozessen geworden. Durch Gebäudeautomation und Raumautomation wurden die Konditionierungsprozesse technischer Anlagen, besonders in anspruchsvollen Bürogebäuden und Bauwerken der öffentlichen Infrastruktur, in den Rang hochwertiger Automation überführt.

Integration des Energiemanagement in die Prozesse des Betreibens und Instandhaltens – Musterbeispiel Fraport

Die in der nun veränderten Terminologie der VDI 3810 Reihe erkennbare Integration des Energiemanagements in die Aufgaben und Aktivitäten der Betreiber ist deswegen ein historischer Meilenstein, weil im Gebäudemanagement bzw. Facility Management[44] eine neue Entwicklungsphase begonnen hat. Die politische wie gesellschaftlich sprunghaft erhöhte Aufmerksamkeit seit Mitte der 2000er Jahre hat das Energiethema in eine gleichermaßen wirtschaftliche und technologische Schlüsselrolle gebracht. Die beteiligten Forschungspartner, besonders die Fraport AG, haben Ziele der Nachhaltigkeit als zentrale Aufgabe des Managements erkannt. Bei Fraport wurde durch die Einrichtung der Stabstelle Nachhaltigkeitsmanagement ein Sustainability Reporting eingeführt. Die Ergebnisse werden jährlich in den Jahresberichten des Unternehmens veröffentlicht[45].

[44] Die Bezeichnungen Facility Management und Gebäudemanagement werden häufig in gleicher Bedeutung verwendet, allerdings ist der Begriff Gebäudemanagement ein wenig aus der Mode geraten. Er hat aber weiterhin seine Berechtigung, weil das zugehörige Leistungsbild in der DIN 32 736 in einem anerkannten Leistungsbild beschrieben wird. Außerdem hat sich die dort festgelegte Dreiteilung in Technisches Gebäudemanagement, Infrastrukturelles Gebäudemanagement und Kaufmännisches Gebäudemanagement als Gliederung eines inzwischen etablierten Branchenmusters durchgesetzt.

[45] Das 2010 bei Fraport eingeführte Nachhaltigkeitsmanagement umfasst alle Unternehmensbereiche. Der vom Nicht-Luftverkehr durch Bodendienste verursachte Energieverbrauch wird durch ca. 70% von den betriebenen Gebäuden verursacht. Deswegen wirken sich Konzepte und Maßnahmen des Nachhaltigkeitsmanagement unmittelbar auf die Prozesse des Betreibens, Instandhaltens und der laufenden Neubau- und Ersatzinvestitionen aus.

4.3 Investition und Folgeprozesse

Die organisatorische Erweiterung ist ein Prozessansatz, der die herkömmlichen Grenzen des Investierens wie auch die auf Störungsvermeidung[46] üblicherweise begrenzte Betriebsführung und Instandhaltung wesentlich überschreitet. Das wird erkennbar in Lebenszyklusanalysen, also in der Betrachtung der Zeitachse.

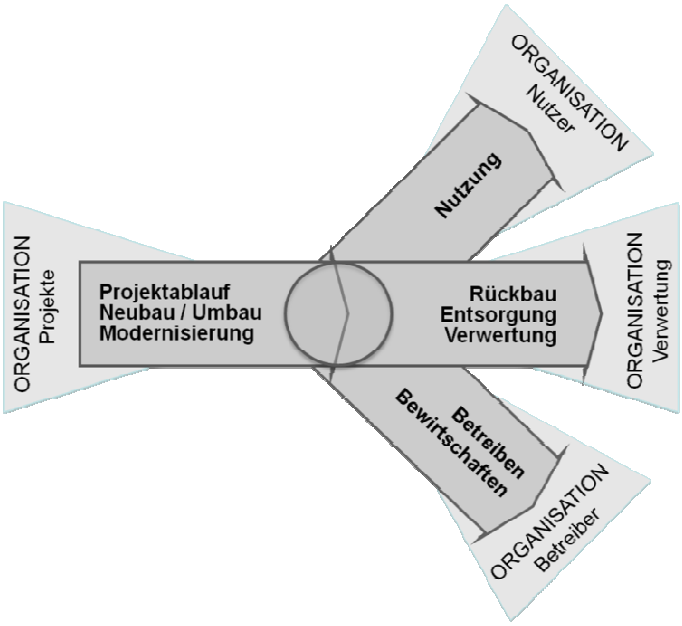


Abb. 4-3: Investitionen im Kontext der Folgeprozesse – eingebunden in das Netzwerk der verantwortlichen Akteure und ihrer Organisationen

Das erzeugte Gut Immobilie / Bauwerk / Anlage / Bauteil wird bis an die ursprüngliche Rohstoffgewinnung / -verarbeitung zurückverfolgt. In der Zukunftsperspektive erscheint das geplante wie auch das betriebene Objekt in den zeitlichen Horizonten eines Systems von Prozessen: Nutzung / Abbruch / Entsorgung / Verwertung - eingebettet in ein organisatorisches Netzwerk der beteiligten Akteure und Verantwortungsträger (Abb. 4-3).

4.3.1 Investitionskosten und Folgekosten

In der DIN 276 wurde in den vorangegangenen Ausgaben bis 1998 für alle Kosten die Bezeichnung „Investitionskosten“ verwendet. In der aktuellen DIN Ausgabe 2008 ist diese

[46] Neben der Verantwortung der Sicherheitspflichten (Verkehrssicherheit, Betriebssicherheit), gilt ein ungeschriebenes Gesetz der Betreiberpraxis: Störungen vermeiden! Diese Ausrichtung geht einher mit dem Grundverständnis der Instandhaltung von Bauwerken. Deren Hauptaufgaben sind vorbeugende Maßnahmen (regelmäßige Instandhaltung RIH) und Reaktionen auf Störungen und Schäden (unregelmäßige Instandhaltung UIH). Gegenüber diesem engen Leitbild sind die aktuell erweiterten Forderungen, im vorhandenen Bestand Nachhaltigkeitsziele zum Ausgangspunkt für Verbesserungsmaßnahmen zu machen, nicht eingeübt. Dieser Umfang überschreitet traditionelle Spezialisierungen der baulichen und technischen Gewerke und verlangt ähnliche integrale Kompetenzen, wie sie bei Architekten und Ingenieuren zur Planung und Errichtung von Bauwerken erforderlich sind. Diese Orientierung beginnt aber gerade in historischen Anfängen.

Bezeichnung nicht übernommen worden. „Investitionskosten“ ist auch in der Betriebswirtschaft kein allgemein eingeführter Begriff[47]. Dennoch wird für die in unserer Untersuchung vorgenommene Unterscheidung von Kosten im Laufe des Investitionsprozesses eines Bauvorhabens oder einer Ersatzinvestition diese Bezeichnung beibehalten, da sie eindeutig innerhalb der zweiten Wertschöpfungsstufe der bauwirtschaftlich-technologischen Kette eine Abgrenzung zu den nachlaufenden Folgekosten, bzw. zu den vorlaufenden produktbezogenen Kosten ermöglicht.

Definition Investitionskosten

Investitionskosten sind alle Kosten, die in Neubau-, Umbauvorhaben oder in Modernisierungen bzw. Ersatzinvestitionen nach DIN 276 erfasst und berechnet werden

Definition Folgekosten

Mit der Bezeichnung „Folgekosten“ werden alle Kosten innerhalb der bauwirtschaftlich-technologischen Wertschöpfungskette, die mit dem Bauwerk oder dessen Bestandteilen verbunden sind, erfasst. Der Begriff ist allerdings in den deutschen Regelwerken des Bauens nicht definiert. Um die Kosten innerhalb der Betriebsphase eines Bauwerkes und seiner Bestandteile abbilden zu können, wird für unsere Zwecke folgende Definition vorgeschlagen. Zu den Folgekosten gehören:

- Nutzungskosten im Hochbau nach DIN 18960, angewendet auf alle Systemebenen LZO1 / LZO2 / LZO3 (vgl. Kap. 3.2)
- Nutzungskosten im Hochbau nach DIN 18960, soweit sie ursächlich bzw. prozessabhängig mit den Bauwerk-Bestandteilen zusammenhängen. Danach sind z.B. Reinigungskosten, Wartungskosten, Instandsetzungskosten eindeutige Folgekosten, da sie von den gereinigten/ gewarteten/ instandgesetzten Bestandteilen abhängig sind.
- Eine solche Zuordnung ist aber i.d.R. nicht sinnvoll für Kostenarten wie Finanzierungskosten, Versicherungskosten, immobilienbezogene Steuern. Ausnahmen bilden solche Kosten, die eindeutig bestimmten anlagen zugeordnet werden (z.B. Zusatzversicherungen für Solaranlagen).
- In der Endphase der Lebensdauer eines Lebenszyklusobjektes gehören zu den Folgekosten: Entsorgungskosten (Abfallwirtschaft), Kosten für Bauteil-

[47] Inder BWL wird von „Investition“ gesprochen. Darin sind Kosten- und Ertragsaspekte miteinander verbunden. K. Spemann definiert eine Investition als „Transformation von Ressourcen, die sich über mehrere Perioden erstreckt. Das Wesen der Investition liegt also in ihrer längerfristigen Wirkung“ (vgl. Wirtschaftslexikon Stichwort „Investition“, S. 2668 – Schäffer Poeschel Verlag, Stuttgart 2006)

Aufbereitungen zu Wiederverwendungen. Solche Kosten sind nicht Gegenstand der DIN 18960. Sie sind aber in der DIN 276 darstellbar[48].

Generell lassen sich Folgekosten auch als „Prozesskosten“ verstehen, die Bauwerksbestandteilen verursachergerecht zugeordnet werden können. Dagegen sind Prozesskosten, die nur dem Bauwerk als Ganzes zugeordnet werden können, nur bedingt für unsere Betrachtung von Interesse

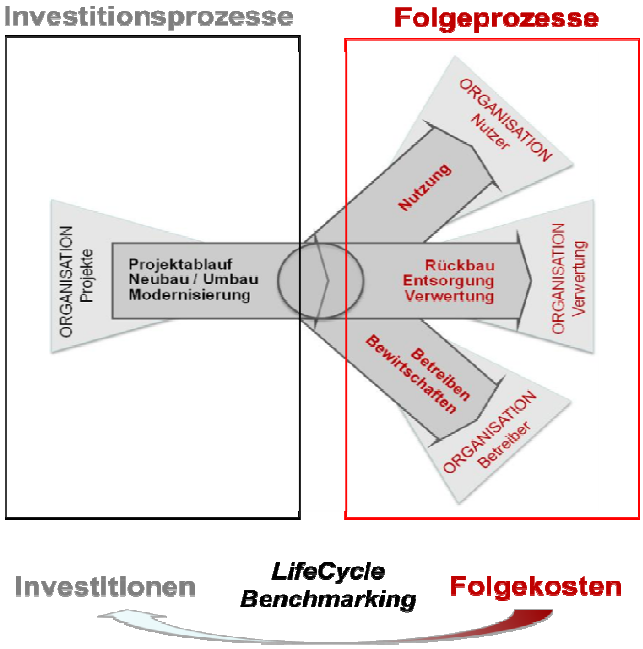


Abb. 4-4: Investitionskosten und Folgekosten als wirtschaftliches Abbild der 2-teiligen Prozesskette des Investierens und der Folgeprozesse im Betrieb – © H. Balck

Definition Lebenszykluskosten

Lebenszykluskosten i.e.S. werden in der vorliegenden Untersuchung als Summe aus Investitionskosten und Folgekosten eines Lebenszyklusobjektes zusammengefasst[49]. Die Festlegung des Lebenszyklusobjektes erfolgt nach den hierarchischen Systemebenen (Bauwerk als Ganzes LZO 1/ Bauwerk-Subsystem LZO 2/ Bauwerkskomponenten LZO 3 (Bauteile). Bei Solaranlagen können infolge von Einnahmen durch Lieferung von Energie an Dritte negative Kosten entstehen. Der Begriff negative Kosten wird hier gewählt, um eine Abgrenzung von Einnahmen aus Vermietung und Verpachtung vornehmen zu können.

[48]Für die 300er Kostengruppe Baukonstruktionen können Entsorgungskosten alternativ in den Kostengruppen 394 Abbruchmaßnahmen oder 396 Materialentsorgung bzw. für die 400er Kostengruppen Technische Anlagen in den Kostengruppen 494 Abbruchmaßnahmen oder 496 Materialentsorgung erfasst werden.

[49] Lebenszykluskosten werden können nach verschiedenen Standards definiert werden. Eine umfassende Übersicht haben die Autoren König / Kohler / Kreißig / Lützkendorf vorgelegt – vgl. König et.al (2009) S. 13 und S.58. Zur Verwendung des Ausdrucks „Folgekosten“ vgl. Balck (2012) Kap.6.3.1

Mit den Forschungspartnern ergaben sich in vereinfachter Darstellung zwei Kostengruppen für Folgekosten, die regelmäßig im Betriebsgeschehen anfallen und sinnvoll koordiniert und zusammengefasst werden können – IH-Kosten und Energiekosten:

Kosten der Instandhaltung (IH-Kosten)

Sie werden in der Kostensystematik unterschieden nach regelmäßigen IH-Kosten (RIH) und unregelmäßigen Instandhaltungskosten (UIH). Der Unterschied ist für das Benchmarking von besonderem Interesse, weil er ein Aufwandverhältnis quantifiziert, das für die Planung von Instandhaltungsbudgets von großer Bedeutung ist. So muss regelmäßig geprüft werden, ob der für Inspektions- und Wartungskosten anfallende planbare Aufwand gerechtfertigt ist, d.h. es muss beurteilt werden, ob Entstörungs- und Instandsetzungskosten durch höheren Wartungsaufwand reduziert werden könne, oder ob umgekehrt ein ggfs. höherer Wartungsaufwand wirtschaftlich vertretbar ist. Darin werden durch Einsatz von IH-Software auch alle Prozesskosten des „Betreibens“ (gemäß VDI 3810/ 2012) erfasst.

Energiekosten, die den betriebenen Objekten zugeordnet werden können

Dazu gehört neben den Energiekosten für Bauwerke als Gesamtheit insbesondere der Verbrauch von Elektroenergie, der für den Betrieb technischer Anlagen, insbesondere den Komponenten wie Ventilatoren, Pumpen, Leuchten, zugeordnet werden kann.

4.3.2 Erneuerungen

Prozesse des Betreibens und Instandhaltens von Baukonstruktionen und Technischen Anlagen beruhen auf Nutzungsdauern ihrer Bauteile. In der Gesamt-Nutzungsdauer eines Bauwerkes gehören Veränderungen auf allen Ebenen der Objekthierarchie zur Normalität - entweder aufgrund von Nutzungsveränderungen, geforderten Anpassungen durch Verordnungen, durch ungewöhnliche Ereignisse wie Unfälle, Brände oder durch Verschleiß, altersbedingte Mängel oder inakzeptable Effizienz. Kurz, der Lebenslauf von Objekten des Gebauten ist bestimmt durch das Altern und Veralten.

Objekte altern

Innerhalb der Nutzungsdauern von Anlagen und Bauteilen vollziehen sich parallel zu den Nutzungsprozessen Objektveränderungen durch Abnutzung, Beanspruchung durch Umwelteinflüsse, Überbelastungen, u. dgl. Um dadurch verlorengegangene Nutzungspotenziale auszugleichen, werden nach Kriterien der Nutzer bzw. Betreiber Bauteile oder komplette Anlagen erneuert. Durch solche Entscheidungen sind Nutzungsdauern festgelegt. Innerhalb der Nutzungsdauern der Baukonstruktionen oder Technischen Anlagen (Subsysteme des Bauwerks) wird der Ausgleich von Alterungsprozessen durch „Reparaturen“ - i.d.R. durch Bauteiltausch - als Instandsetzung bezeichnet.

Objekte veralten

Der Prozess des Veraltens eines Bauteils, einer Funktion oder einer kompletten Anlage findet nicht im Objekt selber statt. Es handelt sich hier um eine nicht unmittelbar erkennbare Relation zwischen funktional äquivalenten Angeboten des Marktes, also Produkten, die im Marktgeschehen aufgrund von Entwicklungsprozessen entstanden und dem betrachteten Bestandsobjekt, dem man ein „Veralten“ attestiert. Ein aktuell typisches Beispiel sind technologisch veraltete Leuchtmittel wie Glühbirnen oder Leuchtstoffröhren in vorhandenen Gebäuden gegenüber der am Markt verfügbaren LED-Leuchten.

Rückbau - Entsorgung – Verwertung

Die Prozesse Rückbau oder Entsorgung bzw. Verwertung (z.B. Recycling) unterscheiden sich sehr stark von der Objektgröße der Hierarchie eines Bauwerkes. So ist der Rückbau einer Leuchte (z.B. durch den Tausch von Leuchten mit veralteten Leuchtstoffen durch LED-Leuchten) ein Rückbau auf der Bauteil- bzw. Produktebene. Ein Erneuerungs-/Modernisierungsprozess, der mit dem Rückbau komplexer technischer Anlagen nur bedingt vergleichbar ist. Dennoch sind die Entsorgungsprozesse und Verwertungsprozesse innerhalb der Kreislaufwirtschaft methodisch verwandt. Die Analyse und der Vergleich solcher Prozesse in der Endphase von Bauteilen (End of life) erfolgt in Analysen des LifeCycle Assessment (LCA)[50]

4.3.3 Instandsetzungen oder Ersatzinvestitionen – Erhaltungsaufwand oder Investitionen

Die Betrachtung von Lebenszyklusobjekten in den Zeitachsen der Nachhaltigkeit umfassen in der Regel mehrere Jahrzehnte. In solchen Zeitspannen müssen Antworten auf notwendige bzw. mögliche Instandsetzungen im Gebäudebestand gegeben werden, die den Rhythmus der Lebenszyklen der Gebäudebestandteile als Aufeinanderfolge von Erneuerungen zu einer vielschichtigen Aufgabe machen.

Abhängig von der Hierarchieebene eines zu erneuernden Lebenszyklusobjektes geht es um Instandsetzungen – im Spektrum zwischen Erneuerungen von Ersatzteilen und komplexen Bauteilen - oder um Ersatzinvestitionen - im Spektrum zwischen Modernisierungen einzelner Baukonstruktionen (z.B. Fassaden) oder Technischer Anlagen (z.B. Lüftungsanlagen) und komplexen Erneuerungen ganzer Bauwerke. Synonym sprechen wir bei Ersatzinvestitionen auch von Kompletterneuerungen.

[50] Die physische Lebensdauer eines Endproduktes – in der gesamten Spanne von der Erzeugung erster Komponenten in Vorprodukten bis zur Demontage, Entsorgung und ggf. Recycling der Endprodukte – erstreckt sich in einem sowohl zeitlich, als auch in energetischer Hinsicht, in einem längeren und komplexeren Prozess als in der reinen „Nutzungsdauer“ des Produktes im eingebauten und betriebenen Zustand. Dieser umfassendere Prozess der physischen Lebensdauer wird durch Ökobilanzierung bzw. Lifecycle Assessment (LCA) untersucht (vgl. König/ Kohler/ Kreißig/ Lützkendorf (2009) s. 13 und S. 38). Die Methodik des LCA wird aber in der vorliegenden Untersuchung nur im Hinblick auf Schnittstellen zu den Betriebsprozessen von Bauwerken betrachtet.

Ersatzinvestitionen sind Kosten für Bauwerk-Subsysteme (z.B. Fassaden, Technische Anlagen) und Bauteile, die nach Ende von Nutzungsdauern durch Erneuerungsmaßnahmen anfallen.

Ersatzinvestitionen sind in kaufmännischer Sicht entweder Erhaltungsaufwand oder Investitionen. Sie werden von Instandsetzungen abgegrenzt, wenn damit wesentliche Substanzveränderungen, insbesondere durch erhöhte Effektivität einhergehen. Diese nach dem Handelsrecht und Steuerrecht geforderte kaufmännische Unterscheidung ist aber in der Praxis oft schwierig. Einerseits gehen mit jedem Ersatz von Bestandteilen nach Ablauf langer Nutzungsdauern Innovationen oder andere Verbesserungen einher, sodass auch ein einfacher Bauteiltausch vielfältige Produktverbesserungen mit sich bringt. Umgekehrt können aber auch komplexe Ersatzinvestitionen sozusagen 1:1 erfolgen, z. B. bei Erneuerungen nach Bedingungen des Denkmalschutzes.

Wiederholter Durchlauf der Prozesskette Investitionsprozess und Folgeprozesse im Bauwerkbezogenen Lebenszyklus

In unserer Untersuchung werden zur Ermittlung von LifeCycle Benchmarks ausschließlich Objektlebenszyklen betrachtet – mit der zugehörigen Prozesskette aus Investitionsprozess und zugeordneten Folgeprozessen. Allerdings gilt die entsprechende Aufteilung in Investitionskosten und Kosten der Folgeprozesse (Folgekosten) nicht in einer rein zeitlichen Abfolge, denn Investitionen wie Umbauten, Modernisierungen oder andere Ersatzinvestitionen betrachten wir als Anfangsglieder eines je neuen Durchlaufs der 2-teiligen Kette. Entsprechend differenziert sind die Arten möglicher Folgeprozesse.

So gehören nicht nur die genannten Bauwerksveränderungen, sondern auch große Instandsetzungen und energiesparende investive Maßnahmen (z.B. Austausch von Pumpen, Ventilatoren, Leuchtmittel) zur Investitionsphase und generieren Investitionskosten. Sie gehören somit nicht zu den in unserem Benchmarking-Verfahren betrachteten Folgekosten. Das für das LifeCycle Benchmarking wesentliche Verhältnis zwischen Investitionskosten und Folgekosten gilt also nur für diesen engeren Zyklus – und der ist objektbezogen definierbar und abgrenzbar.

WEITERFÜHRENDE FORSCHUNGSAUFGABE

Bei der Erfassung von Lebenszykluskosten ist die Trennung von laufenden Kosten innerhalb der Nutzungsdauern der Lebenszyklusobjekte streng abzugrenzen von den Ersatzinvestitionen nach Ablauf der Nutzungsdauer. Diese Abgrenzung wird insbesondere bei Forschungspartnern durchgeführt, die SAP-Instandhaltungssoftware einsetzen. In den zur Verfügung gestellten SAP-Daten und den CAFM-IH-Daten der beteiligten Forschungspartner wurden keine kalkulatorischen Abschreibungen erfasst. Sie waren deswegen auch nicht Gegenstand unserer Auswertungen und Benchmarks. Eine Berücksichtigung des komplexeren Investitionsgeschehens im Zusammenhang mit Ersatzinvestitionen wäre eine Vertiefungsaufgabe für weiterführende Forschungen.

4.4 Die Prozesskette des Technischen Facility Management: Nutzerprozesse – Technische Konditionierung – Betreiben und Instandhalten

Die in zuvor dargestellte aktualisierte Terminologie der Prozessbegriffe des Betreibens und Instandhaltens für Maschinen und Anlagen enthält durch die Einbeziehung des Energiemanagements ein hervorragendes Fundament für das Technische Gebäude-Management / Technische Facility Management. Durch die neueren und zu erwartenden Entwicklungen der Gebäude- und Raumautomation, durch das Technische Facility Management und durch aktuelle Anforderungen der Nachhaltigkeit ist aber eine Übertragung des Gliederungsmusters der Serviceprozesse in den Gesamtzusammenhang der Gebäudefunktionen und Raumanforderungen erforderlich. Die zuvor beschriebene Unterscheidung von Operating und Maintenance wird in den unterstützenden Prozessen[51] zusammengefasst. Daraus resultiert nun für die Gebäudetechnik ein wesentlich anderer Unterschied: Das Verhältnis zwischen unterstützenden Prozessen auf Basis der gesamten technischen Gebäudeausrüstung und die dazu komplementären Prozesse der Nutzer. Anders als bei der Maschinenbedienung sind die Nutzer (User) der Gebäudetechnik nicht oder nur in geringem Umfang deren Bediener. Vielmehr stehen die nutzenden Personen mit ihren betrieblichen Ausrüstungen innerhalb der Nutzungseinheit „Raum“ den betriebenen gebäudetechnischen Anlagen in einer Art Kunden-Lieferanten-Beziehung gegenüber. In dieser Sicht erscheinen nun ganze Gebäude mit darin zusammenwirkenden Baukonstruktionen und Technischen Anlagen als raumfokussierte Facilities. Räume mit ihren raumbildenden Bauteilen, den darin „eingerichteten“ Ausrüstungen und gekoppelten Prozessen des Betreibens und Instandhaltens sind komplexe Nutzungseinheiten. Deren Nutzer sind raumbezogen definiert. Sie nutzen unmittelbar Raumkonditionen, wie Luftqualität, Licht oder Anschlüsse technischer Netze. Die technischen Versorgungsprozesse wie auch fast alle Bedien- und Serviceprozesse der konditionierenden Technik bleiben für Raumnutzer im Hintergrund und unsichtbar – es sei denn sie teilen sich durch Störungen mit. Das Ergebnis ist nun für die Gebäudetechnik und zugehörigen unterstützenden Dienstleistungen eine erweiterte Prozesskette, die wir im Hinblick auf die Erfüllung nutzerbezogener Soll-Vorgaben in umgekehrter Abfolge darstellen.

Nutzerprozesse

„Nutzer“ sind nicht nur Menschen. In der landwirtschaftlichen Produktion sind es auch Pflanzen (z.B. in Gewächshäusern) oder Tiere (In Stallgebäuden). In Produktionsstätten haben auch betriebliche Ausrüstungen einen Nutzerstatus (z.B. konditionierte und elektrisch versorgte Computer in Rechenzentren). Die Prozesse dieser Nutzer i.w.S. sind das Endglied in der gebäudetechnischen Leistungskette.

[51] vgl. DIN EN 15221 Facility Management

Konditionierungsprozesse durch gebäudetechnische Anlagen

Konditionierungsprozesse, wie Heizen, Kühlen, Be- und Entfeuchten, sind Leistungen gebäudetechnischer Anlagen in Räumen. Sie dienen Menschen, Ausrüstungen u.a. Nutzern in lokalen Einheiten, z.B. Arbeitsplätzen. Dieser Prozess ist das Mittelglied in der gebäudetechnischen Leistungskette.

Leistungsprozesse der gebäudetechnischen Anlage

Die Leistungsprozesse der technischen Anlagen werden nach den raum- oder arbeitsplatzbezogenen Vorgaben durch Bedienvorgänge gesteuert oder geregelt**.** Dieser Prozess ist das Anfangsglied der gebäudetechnischen Leistungskette im Normalzustand.

Instandhaltungsprozesse für die gebäudetechnischen Anlagen

Dieser Prozess verläuft parallel zum Bedienen der technischen Anlagen. Er erfolgt in Unterbrechungszeiten entweder in den Nicht-Arbeitszeiten oder diskontinuierlich in Ausfallzeiten aufgrund von Störungen.

Abb. 4-5 veranschaulicht diese Prozessklassen in der Verkettung aufeinanderfolgender unterstützender bzw. voneinander abhängiger Einzelprozesse am Beispiel Raumlufttechnischer Anlagen. Zugeordnet sind jeweils wichtige Kostentreiber und Qualitätstreiber.

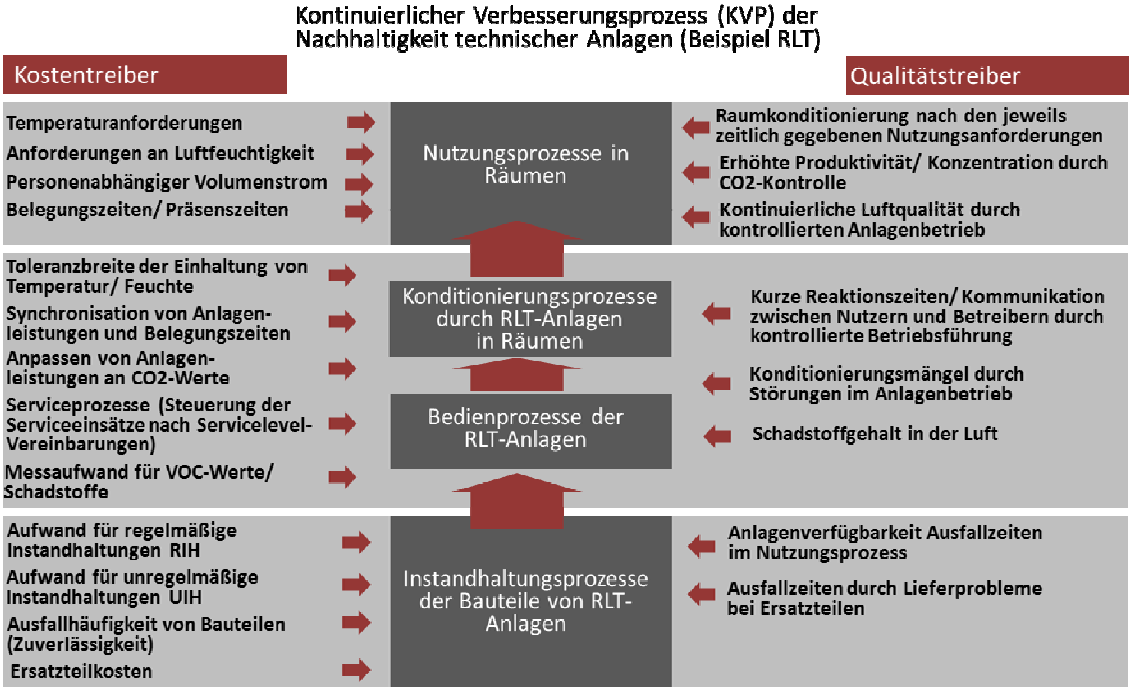


Abb. 4-5: Prozesskette der unterstützenden Prozesse am Beispiel Raumlufttechnische Anlagen - © H. Balck

5 Methodik Teil 3 – Ermittlung von LifeCycle Benchmarks

5.1 Anforderungen an LifeCycle Benchmarks

Benchmarks, die auf Lebenszyklusobjekte gerichtet sind, beziehen sich auf die darin verknüpften zwei Bestimmungsstücke Investitions- und Folgekosten. LifeCycle Benchmarks müssen Antworten auf Fragen ermöglichen, wie:

- Welche Energie-Effizienz haben die in einer Liegenschaft oder insgesamt in einer Gebäudegesamtheit betriebenen Aufzüge /oder Lüftungsanlagen /oder Beleuchtungsanlagen
- Wie wirtschaftlich ist die Instandhaltung derselben Aufzüge / Lüftungsanlagen / Beleuchtungsanlagen?
- Wie wirtschaftlich ist das Verhältnis von regelmäßiger Instandhaltung (RIH) und unregelmäßiger Instandhaltung (UIH) derselben Aufzüge / Lüftungsanlagen / Beleuchtungsanlagen?
- Wie wirtschaftlich sind Reinigungsleistungen unterschiedlicher Fassaden, Fenster, Bodenbeläge u.dgl. – differenziert nach Nutzungsintensitäten?

Solche Fragen stellen sich, wenn Entwurfsvarianten zu beurteilen sind, oder wenn im Gebäudebestand Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen im Hinblick auf wirtschaftliche Alternativen verfolgt werden.

Damit verschiebt sich der Benchmarking-Ansatz: Anstelle von statistisch ausgerichteten Auswertungen aus möglichst umfangreichen Datensammlungen über Nutzungskosten, die als Bezugsgrößen anstelle von Investitionskosten Flächendaten verwenden[52], zielt der Ansatz des LifeCycle Benchmarking auf die Erfassung singulärer Anlagen und Bauteile.

Folgende Arten von LifeCycle Benchmarks gehören zu unserem Forschungsprogramm:

- Benchmarks für Bewertungsverfahren, die vom Vorentwurf bis zur Ausführungsplanung für alle Bauwerk-Bestandteile das Verhältnis der Investitionskosten (Anschaffungskosten) dieser Objekte zu den daran gekoppelten Folgekosten aufzeigen – als Verhältnis von aufeinander bezogenen Kostenprognosen (Prognose-Kennwerte).

[52] Benchmarking von Nutzungskosten werden traditionell als Verhältniswerte klassifizierter Kostenarten nach DIN 18960 auf die BGF oder NGF der Bezugsobjekte bezogen. Bekannte und bewährte Benchmarks dieser Art werden datenbankgestützt von anerkannten Research-Dienstleistern angeboten, wie CREIS (CREIS (2012), Prof. Rotermund (fm benchmarking Bericht 2010/2011). Für Wohngebäude hat das Institut für Bauforschung e.V. in gleicher Weise Nutzungskosten-Kennwerte für Wohngebäude veröffentlicht (IFB Bau-Nutzungskosten 2006).

- Benchmarks, die Energieeffizienz-Daten und Instandhaltungsdaten für konkrete Technische Anlagen kombinieren. Diese Koppelung ist ein Schwerpunkt unseres Forschungsprojektes

Benchmarks für Bewertungsverfahren, die im Anschluss an Inbetriebnahme Prozesse den Abgleich der Prognose-Kennwerte mit real gemessenen Monitoring Werten ermöglichen – als Grundlage für ein Performance Measurement in den ersten Betriebsjahren.

Mit den Forschungspartnern wurde vereinbart, LifeCycle Benchmarks in der Form von Lebenszykluskosten-Faktoren auf technische Anlagen zu begrenzen. Ausgewählt wurden Aufzüge und Raumlufttechnische Anlagen. Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse sind aber für beliebige Technische Anlagen anwendbar. Das gilt auch für Bauteile der Baukonstruktion mit hohen Anteilen an Mechanik, Elektrik oder Elektronik (z.B. Türsysteme, Sonnenschutz, Verschaltungsanlagen u. dgl.). Für klassische Baukonstruktionen wie Außenwände, Bauteile des konstruktiven Innenausbaus, kann die für technischen Anlagen Benchmarking-Methodik in Analogieschlüssen angewendet werden. Für die Massivbauteile des Tragwerkes gibt es abgesehen von rechnerischen Erneuerungszyklen und Erneuerungskosten streng genommen keine Anwendung der Benchmarking-Methodik. Aus diesem Grund gehören Baukonstruktionen des Tragwerkes auch nicht zu den hier definierten „strategischen Kostengruppen“ bzw. „Strategischen Bauteilen“ (vgl. Kap. 5.2.1).

Nachdem aus zahlreichen Analysen in den Liegenschaften der Forschungspartner „LifeCycle Benchmarks“ als Ergebnis der Auswertung von Instandhaltungsdaten vorlagen, wurde auch sichtbar, welchen Beitrag das Benchmarking im Bestand - zunächst ausgerichtet auf Bauwerk-Bestandteile - für den Lebenszyklusansatz im Planungsgeschehen liefert. Ausgewertet wurden Daten technischer Anlagen. Zeitliche Bezugspunkte waren das Baujahr und ggf. die am Betrachtungszeitpunkt zurückliegende letzte Erneuerung. Für die vorangegangenen Jahre wurden die Betriebskosten erfasst, den ursprünglichen Investitionskosten gegenübergestellt und daraus Benchmarks errechnet. Sie ermöglichten den Vergleich mit Verbesserungsmöglichkeiten. Ermittelt wurden dazu beispielhaft anlagenbezogene Einsparpotenziale. Zielführend war die Frage, ob die in den Anlagen vorhandenen Produkte durch effizientere ersetzt werden können. Folgende Fälle sind dafür ausschlaggebend:

- wenn bauteilbezogen die bisher erreichte Lebensdauer und die technisch erreichbare Lebensdauer beieinander liegen, also wenn Bauteile altersbedingt oder aufgrund von überdurchschnittlich angestiegenen Reparaturen ausgetauscht werden müssten (Instandsetzungsstau)
- wenn die eingebauten gegenüber den am Markt verfügbaren Produkten einen signifikanten Effizienznachteil haben (Bauteile sind veraltet).
- Kombination aus beiden Fällen

In einer Prognose auf Basis der ermittelten Benchmarks wurden Folgekosten im Verlauf der geschätzten Restnutzungsdauern verglichen: als weiterer Verlauf ohne Optimierungen und als alternativer Verlauf nach durchgeführten Verbesserungsmaßnahmen. Interessant ist nun, dass solches Vorgehen der Verknüpfung von Benchmarking und Optimierung zwei Sichtweisen zusammenführt:

- die historische Sicht in die vergangene Lebenszeit eines Bauwerks und / oder der darin verbundenen Konstruktionen, Anlagen und Bauteile
- die projektive Sicht in die zukünftige Lebenszeit eines Bauwerks und / oder der darin verbundenen Konstruktionen, Anlagen und Bauteile

5.2 Benchmarking nach Strategischen Kostengruppen und Bauteilen

5.2.1 Strategische Kostengruppen im Bestand

Unser Benchmarking-Ansatz ist objektorientiert. Danach werden vor allem Investitionskosten und Folgekosten auf Basis der systemtechnischen Gliederung gleichen Positionen der DIN 276 zugeordnet. Im Mittelpunkt stehen Verhältniswerte von Investitionskosten und Folgekosten gleicher Bezugsgrößen einer Bauwerksgliederung. Z.B. werden die Investitionskosten vorhandener Lüftungsanlagen oder von Aufzügen zu den Folgekosten derselben Anlagen ins Verhältnis gesetzt (vgl. Kap.8). Da für jede untersuchte Liegenschaft prinzipiell alle Kostengruppen der DIN 276 durchmustert werden, fallen immer solche Kostengruppen auf, die überproportionale Folgekostenanteile haben. Die folgenden Auswertungsergebnisse wurden in Liegenschaften sehr verschiedenartiger Gebäudebestände durchgeführt.

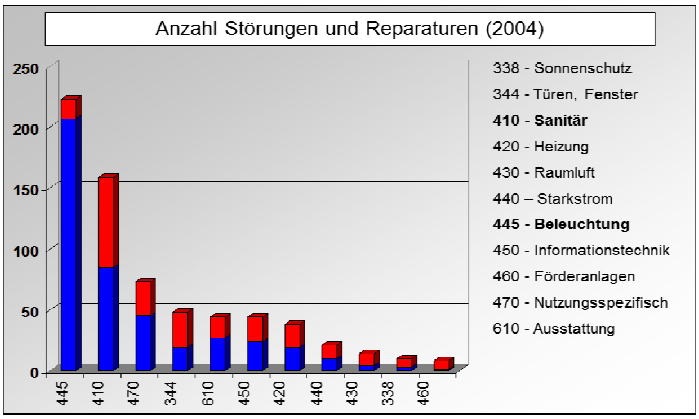


Abb. 5-1: Auswertung der Instandhaltungskosten für Entstörungen / Instandsetzungen einer Klinik – Zuordnung zu den Investitionskosten der DIN 276 (Quelle: IPS 2004)

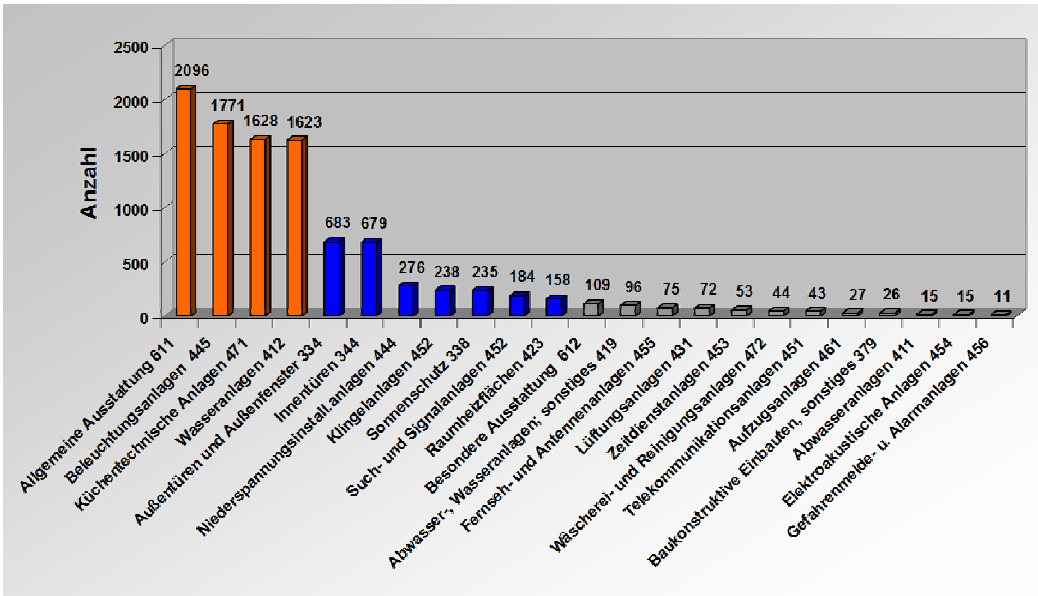


Abb. 5-2: Reparaturaufträge an einem Klinikstandort (ca. 40 Gebäude) 1999 – 2007 Zuordnung zu den Investitionskosten der DIN 276 (Quelle IPS 2005)

Ermittelt wurden z.B. Folgekosten oder Auftragshäufigkeiten der Entstörungen und Instandsetzungen innerhalb der Nutzungsdauern der betriebenen Anlagen einer REHA Klinik untersucht (ohne Ersatzinvestitionen), dargestellt als Rangordnung (

Abb. 5-1). Eine vergleichbare Untersuchung hat der Autor in unterschiedlichen Kliniken und Wohnungsgebäuden seit 2002 durchgeführt (Abb. 5-2). Das Ergebnis ist sehr ähnlich wie im genannten Forschungsprojekt. Bemerkenswert ist eine Pareto-Verteilung, die offenbar unabhängig von Gebäudetypen gilt.

Insbesondere durch den Forschungspartner Deutsche Bahn Station & Service wurde in dem oben genannten ZukunftBAU Forschungsprojekt durch Auswertungen eines umfangreichen Datenbestandes auf der Basis von SAP PM und CAFM-Software der Nachweis erbracht, dass nur wenige Kostengruppen der DIN 276 den größten Teil aller Folgekosten innerhalb der Nutzungsdauer der Baukonstruktionen / Anlagen verursachen[53]. Das in Abb. 5-3 dargestellte Auswertungsergebnis aus Entstörungs- und Instandsetzungsdaten hat alle Beteiligten der durchgeführten Untersuchung überrascht. Aus dem umfangreichen Anlagenvermögen in ca. 5000 Bahnhöfen ergab sich nach der Auswertung der investiven Kostengruppen der DIN 276, dass nur 12 Kostengruppen der zweistelligen Kostengliederung in Erscheinung treten, die innerhalb der Nutzungsdauer der betriebenen Objekte anfallen. Die Darstellung als Rangordnung macht deutlich, dass eine ABC-Analyse des Instandhaltungsaufwands in der A-Kategorie nur zwei Kostengruppen enthält: Förderanlagen KG 460 (Fahrtreppen, Aufzüge) und Fernmelde-/ Informati-

[53] Vgl. Balck (2012).

onstechnische Anlagen KG 450. In der B-Kategorie sind besonders interessant die Starkstromanlagen KG 440 (hier sind vor alle Dingen der Leuchtmittelwechsel ein Kostentreiber), und die Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen KG 410 mit Parallelen der zuvor genannten Analysen in den Kliniken/ Krankenhäusern).

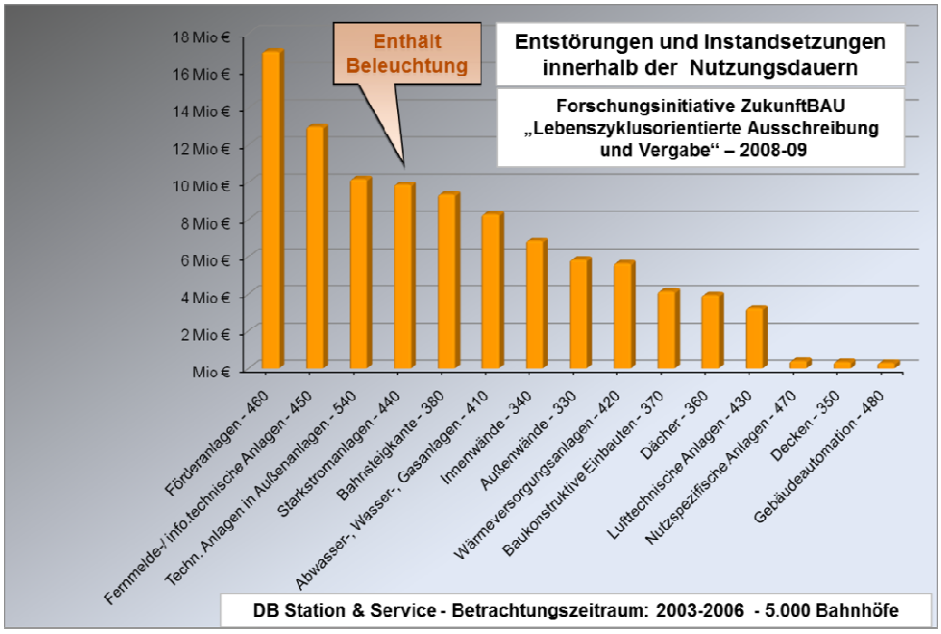


Abb. 5-3: Folgekosten der Instandhaltung von Bahnhöfen für Baukonstruktionen und Technische Anlagen innerhalb deren Nutzungsdauern Zuordnung zu den Investitionskosten der DIN 276 (Quelle IPS / DB Forschung ZukunftBAU 2011)

Bemerkenswert an diesen Folgekostenprofilen der Instandhaltung ist der durchgängig bei allen untersuchten Objekten (Krankenhäuser, Kliniken, Bahnhöfe) überwiegende Anteil in den Kostengruppen technischer Anlagen. In allen dargestellten Untersuchungsbeispielen finden sich in den ersten 10 Kostengruppen nur vereinzelt Baukonstruktionen, z.B.:

- Außentüren, Außenfenster KG 335 (Kliniken/ Krankenhäuser)
- Innentüren 344 (Kliniken/ Krankenhäuser)
- Innenwände KG 340 (Bahnhöfe)
- Außenwände KG 330 (Bahnhöfe)

Zusammengefasst erscheint hier wieder die Pareto-Verteilung für unregelmäßige Instandhaltungen (UIH). Ca. 80% der unregelmäßigen IH-Kosten sind durch Kostengruppen der KG 400 bedingt. Betrachten wir nun die Aufteilung der Investitionskosten nach KG 400 (Technische Anlagen) und KG 300 (Baukonstruktionen), dann zeigt sich die Umkehrung dieser Verteilung, die ebenfalls als Pareto-Verteilung erkennbar wird. Abb. 5-4 zeigt die Analyse von Investitionskosten von ca. 40 Bürogebäuden aus Daten des Bau-

kosteninformationsdienstes, die im Rahmen einer IPS-Untersuchung 2008 durchgeführt wurde. Der in der grünen Markierung ermittelte rechnerische Durchschnitt liegt bei ca. 75% Investitionsanteilen für Baukonstruktion, also 25% für die Investitionen im Bereich technischer Anlagen. Darauf folgt nun ein auch für unser Forschungsteam überraschendes Verhältnis: In komplexen Nicht-Wohngebäuden bewirkt der durchschnittliche Investitionsanteil von ca. 20-30% der gesamten Investitionskosten in der Betriebsphase die Umkehrung dieser Verteilung: Dieser TGA-Investitionsanteil bewirkt ca. 80% der unregelmäßigen IH-Folgekosten. Die weiteren Untersuchungen, besonders beim Forschungspartner Fraport werden dieses Bild in ähnlicher Weise bestätigen (Kap. 7.2).

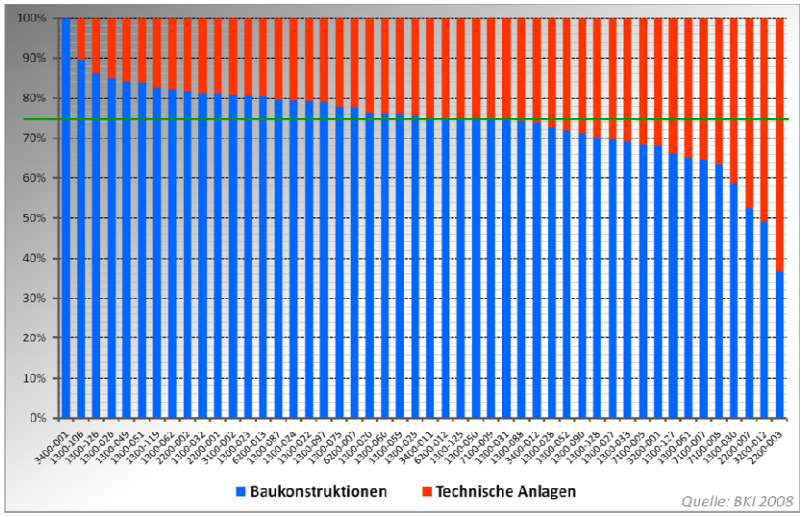


Abb. 5-4: Vergleich der Investitionskosten für KG 300 und KG 400 nach DIN 276 - Auswertung von 40 BKI Bürogebäuden - IPS-Darstellung / BKI (2008)

Dieser Befund im Verhältnis von Folgekosten zu ursprünglichen Investitionskosten ist die Grundlage zur Abgrenzung solcher investiver Kostenanteile, die überproportional hohe Folgekosten bewirken:

Definition Strategische Kostengruppen / Strategische Bauteile

Kostengruppen der Investition nach DIN 276 mit überproportional hohen Folgekosten bezeichnen wir als „Strategische Kostengruppen“. Bauteile, die zu diesen Kostengruppen gehören nennen wir „Strategische Bauteile“. Dazu gehört die Rechenvorschrift, dass auch Folgekosten – als Prozesskosten des Betreibens und Instandhaltens – den investiven DIN 276 Kosten zugeordnet werden.

Die folgenden Beispiele Strategischer Bauteile betreffen alle Bereiche des Hochbaus, können aber je nach Nutzungsart und Nutzungsintensität einen unterschiedlichen Stellenwert haben:

Strategische Bauteile in Baukonstruktionen

- Fenster, transparente Fassadenteile

- Bodenbeläge
- Türen
- Jalousien

Strategische Bauteile in Technischen Anlagen

- Leuchten und Lampen in Beleuchtungsanlagen
- Automatische Türen in Aufzügen
- Komponenten, die inspiziert und gewartet werden müssen
- Komponenten, die Medien verbrauchen (Energie, Wasser, Druckluft, u.dgl.)
- Sicherheitstechnische Komponenten

Im ZukunftBAU Forschungs-Vorhaben „Lebenszyklusorientierte Ausschreibung und Vergabe“[54] wurde dargelegt, dass in lebenszyklusorientierten Planungs- und Entwurfsprozessen die Konzentration auf „Strategische Kostengruppen/ Bauteile“ eine Reihe weitreichender methodischer Vorteile mit sich bringt. Insbesondere können auf dieser Basis Beschaffungsprozesse im Lebenszyklus-Ansatz ausgerichtet werden:

- Ermitteln der Strategischen Kostengruppen / Bauteile mit erfolgskritischen Merkmalen Beschaffungsentscheidungen nach Kriterien der Nachhaltigkeit
- Vergleich erhöhter Mehrkosten Strategischer Bauteile mit Vorteilen bei Folgekosten und Langzeitqualitäten

5.2.2 Investitionsbezogene Benchmarks

Das gesamte hier vorgestellte Konzept des LifeCycle Benchmarking ist investitionsorientiert. Betrachtet werden Lebenszyklusobjekte in ihrem Verhältnis zwischen den Aufwendungen/ Kosten innerhalb der zweiten Wertschöpfungsstufe (Neubau/ Umbauprojekte) und den nachfolgenden Prozesskosten und Kosten für Ersatzinvestition in den Betriebsphasen dieser Objekte. Den Hauptteil der vorliegenden Untersuchung bilden entsprechende Verhältniswerte zwischen Investitionskosten und Folgekosten. Das Leitmuster für diesen Ansatz sind die für Technische Anlagen durch AMEV in Deutschland eingeführten

[54] Dieses Forschungsvorhaben wurde 2011 abgeschlossen (Balck (2012)). Dort entstand als weitere Forschungsaufgabe die Prüfung folgender Hypothese: 20% einer Gesamtinvestition zur Errichtung von Bauwerken enthält Bestandteile, die ca. 80% aller Folgekosten innerhalb der ersten 30 Jahre verursachen. Die Hypothese wurde in der vorliegenden Untersuchung durch eine Reihe von Einzelergebnissen bestätigt, insbesondere durch den Nachweis überproportionaler Instandhaltungskosten für die technischen Kostengruppen.

Faktoren für Kostenarten des Betreibens und Instandhaltens, die auf der Basis ursprünglich für Investitionskosten ermittelt worden sind[55].

Die Objektorientierung für LifeCycle Benchmarks auf der Basis ursprünglicher Investitionsaufwendungen hat auch den in Kap.3 definierten Begriff der Lebenszyklusobjekte verdeutlicht. Da in diesem systemtechnischen Ansatz sowohl das Gesamtobjekt Bauwerk, wie auch alle differenzierten Bestandsobjekte, bis zu den detaillierten Bauteilen und Komponenten nach der DIN 276 Gliederung sowohl Investitionskosten, wie auch die zugeordneten Folgekosten in einer einheitlichen Struktur erfassbar machen, resultiert daraus ein Benchmarking-Ansatz mit entsprechender Staffelung der Detaillierungstiefe.

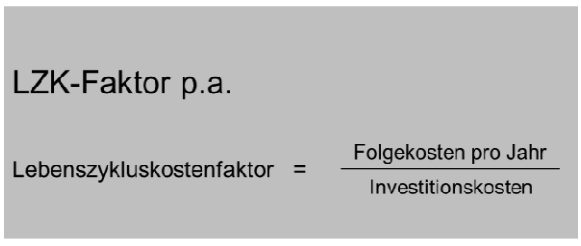
In dem hier vorgestellten Ansatz gilt es, einzelne technische Anlagen oder konstruktive Teile der Gebäudehülle oder des Innenausbaus zu separieren, um dafür spezifische Folgekosten im Verhältnis zu den entsprechenden Investitionskosten bewertbar zu machen und als Planungs- und Entscheidungshilfen für konkrete Baumaßnahmen auszuweisen.

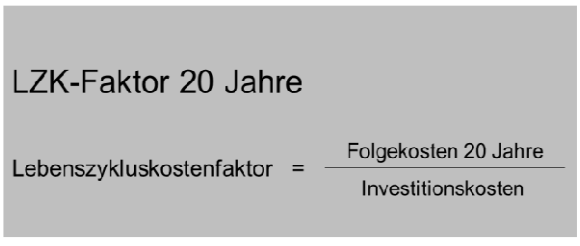
Lebenszykluskosten-Faktoren (LZK-Faktoren)

LZK-Faktoren bilden den methodischen Kern für ein Benchmarking, in dem Folgekosten nicht auf Basisflächen (BGF/NGF) von Bezugsobjekten, sondern auf die ursächlichen Investitionskosten dieser Objekte bezogen werden. Die Verhältniswerte zwischen den Investitionskosten nach DIN 276 zu den Folgekosten in den gleichen Kostengruppen nennen wir Lebenszykluskosten-Faktoren oder synonym Folgekosten-Faktoren. Sie spiegeln Eigenschaften der Bauteile, bzw. die Effizienz der damit verbundenen Betriebsprozesse der Anlagen im Betreiben und Instandhalten.

Differenzierung der LZK-Faktoren nach Betrachtungszeitraum

In den durchgeführten Benchmark-Ermittlungen haben wir LZK-Faktoren pro Jahr und für Prognosen LZK-Faktoren für 20 oder 30 Jahre berechnet





[55] Die staatliche Organisation AMEV Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik wurde 1975 gegründet. Differenziert nach den Prozessklassen des Betreibens und Instandhaltens auf der Basis gültiger Regelwerke werden besonders in der Arbeitsgruppe AMEV Betriebsführung regelmäßig Arbeitshilfen zur Wartung und Instandhaltung und Anweisungen für das Bedienen technischer Anlagen erarbeitet. Dazu gehören Kennwerte für jährliche Kostenfaktoren für die Prozessklassen der Betriebsführung auf Basis zugrundliegender Investitionskosten in öffentlichen Gebäuden.

5.2.3 Kenngrößen und Kennwerte in Relevanzbäumen darstellen

Relevanzbäume sind Darstellungen von Kostengruppen und Bauteilen, die im Hinblick auf Folgekosten und Aspekten der Nachhaltigkeit eine herausragende Relevanz haben. Für die Durchmusterung eignen sich folgende drei Fragen, die detailliert beantwortet werden müssen:

FRAGE 1: Welche Bestandteile der Investition haben Folgekosten innerhalb der Lebensdauer dieser Komponenten?

FRAGE 2: Welche Bestandteile der Investition sind in den Nutzungsprozessen erfolgskritisch für die Aktivitäten der Nutzer?

FRAGE 3: Welche Bestandteile der Investition sind erfolgskritisch in der Wertgestaltung und Wertentwicklung des Immobilieneigentums?

Relevanzbäume lassen sich für betriebliche Einrichtungen, Ausstattungen und anderes gemäß DIN 276 ausweisen. Eine präzise Beantwortung der zuvor aufgeführten 3 Fragen ist allerdings nicht immer einfach. Häufig fehlen die erforderlichen Daten über das Langzeitverhalten der betrachteten Objekte und Komponenten. In den folgenden Auswertungen der Betreiberdaten der beteiligten Forschungspartner wurden ansatzweise folgende Relevanzbäume mit jeweiligen Rangordnungen untersucht:

- Relevanzbaum der IH-Kosten - Differenzierung nach Regelmäßiger Instandhaltung (RIH) und Unregelmäßiger Instandhaltung (UIH))
- Relevanzbaum und Rangordnung der Energie-Kosten (besonders EuP-Objekte mit bauteilabhängigen Stromverbräuchen) - Differenzierung nach aktiven und passiven Bauteilen / Komponenten
- Relevanzbaum der aggregierten IH-Kosten und energetischen Kosten als Anlagenprozesskosten / Bauteilprozesskosten – Differenzierung nach Anlagenklassen bzw. Bauteilklassen und nach identifizierten Einzelanlagen bzw. konkreten Bauteilen
- Relevanzbaum der Lebenszykluskosten als Aufsummierung der Investitionskosten und Folgekosten (IH-Kosten + Energiekosten) - Differenzierung nach Anlagenklassen bzw. Bauteilklassen und nach identifizierten Einzelanlagen bzw. konkreten Bauteilen

Kenngrößen und Kennwerte werden für funktionsfähige Objekte (Lebenszyklusobjekte) ermittelt - auf Basis in der zuvor beschriebenen systemtechnischen Gliederung der DIN 276 mit Erweiterung der ursprünglichen 3-stelligen Gliederungstiefe bis zur 5. – 6.Stelle.

Lebenszyklusorientierte Kenngrößen/ Kennwerte sind in erster Linie für Strategische Kostengruppen bei Baukonstruktionen und Technischen Anlagen wichtig. Zur Erarbeitung eines ganzheitlichen LifeCycle-Benchmarking-Systems sind zunächst Abgrenzungen zu

etablierten Benchmarking-Systemen erforderlich. Traditionelles Benchmarking beruht auf Datenbeständen mit ausreichender Erfassungsgenauigkeit und überprüfbar vergleichbaren Objekten. Dabei werden in der Praxis zwei sehr unterschiedliche Ansätze verfolgt:

Benchmarking zwischen wenigen Vergleichsobjekten

Hierbei geht es um konkrete Analysen weniger Vergleichsobjekte mit detaillierten Schwachstellenanalysen. Bewertet werden differenzierte Qualitäts- oder Effizienzmerkmale, die Preis- und Kostenunterschieden gegenübergestellt werden. Gesucht wird nach den jeweiligen Bestwerten, bzw. den schlechtesten Werten innerhalb der Vergleichsgruppe. Als Ergebnis erwartet man Anhaltspunkte für Beschaffungsentscheidungen oder konkrete Optimierungen. Wenn in einem Benchmarking nur wenige Vergleichsobjekte als Beschaffungsalternativen betrachtet werden, geht um den Vergleich ermittelter Einzelbenchmarks und nicht um Durchschnittswerte aus statistisch relevanten Auswertungen. Das würde zu große Ungenauigkeiten mit sich führen. Vielmehr müssen solche Einzelfälle im Detail nach Kostentreibern der Folgekosten und zugeordneten Eigenschaften bzw. Komponenten der Anschaffungsobjekte untersucht werden. Mit dem Forschungspartner Fraport wurden für ausgewählte RLT-Anlagen Benchmarks für Instandhaltungskosten und Energieverbräuche ermittelt. Das Ziel ist nun in einer folgenden Umsetzungsphase, auf der Grundlage von möglichen Bauteilerneuerungen, bzw. veränderten Betriebsweisen, diese Maßnahmen mit Amortisationszeiten zu bewerten. Anschließend folgen unter gegebenen Finanzierungsbedingungen Entscheidungen, welche Maßnahmen durchgeführt werden sollen[56].

Benchmarking in umfangreichen Objektportfolios

Für die Erfassung und den Vergleich von Betriebskosten oder übergreifende Kennwertbildungen für die Kosten von Facility Services haben sich institutionelle Benchmarksysteme im Markt etabliert (s. oben). Die resultierenden Kostenkennwerte für abgegrenzte Gebäudearten bzw. Serviceprozesse (z.B. Reinigungskosten, Instandhaltungskosten, u. dgl.) gelten als valide und belastbar, je größer der verfügbare Datenbestand und die Anzahl einbezogener Objekte sind.

Im LifeCycle Benchmarking werden beide Ansätze auf verschiedene Weise einbezogen. Ein wesentlicher Unterschied besteht in den Bezugsgrößen für Kennwerte. Grundsätzlich geht es bei der Analyse von Lebenszykluskosten um das Verhältnis zwischen Folgekosten und ursprünglichen Investitionskosten. Damit sind die Investitionskosten die angestrebte Grundlage für Verhältniswerte. Die Kombination der beiden Benchmarking-Ansätze erfolgt nun für die unterschiedlichen Objektbereiche und betrachteten Hierarchieebenen auf je eigene Weise.

[56] In diesem Vorgehen hat der Einstieg mit LifeCycle-Benchmarks eine Art Navigationsfunktion. Wären umgekehrt solche Benchmarks nicht vorhanden, ist die Allokationsaufgabe, aus einem begrenzten Budget für Erneuerungsmaßnahmen, geeignete Anlagen auszuwählen, sozusagen uferlos.

Die zu vergleichenden Objekte haben in der Regel, auch abhängig vom Preisniveau, unterschiedliche qualitative Eigenschaften. Hier helfen nach Erfahrung eines laufenden IPS-Forschungsvorhabens Vergleiche auf der Basis von produktbezogenen Nutzwertanalysen (vgl. Balck (2013b)).

5.2.4 Differenzierung von Benchmarks des LifeCycle Benchmarking

Die folgende Darstellung ist eine Zusammenstellung der in unserer Untersuchung eingeführten und in Auswertungen verwendeten Benchmarktypen.

Benchmarks als Verhältniswerte zwischen Investitionskosten

Benchmarks als Verhältniswerte zwischen den Investitionskosten der DIN 276 KG 300 (Baukonstruktionen) zu den Investitionskosten der KG 400 (Technische Gebäudeausrüstung TGA) haben eine strategische Aussage, denn je höher der Anteil von KG 400 in einer Gesamtinvestition ist, umso höher steigt der Anteil technikverursachter Folgekosten – und technikverursachte Folgekosten sind im Verhältnis zu den zugehörigen Investitionskosten überproportional höher als Folgekosten der Baukonstruktionen

Spezifizierbar sind z.B.:

- TGA-Anteil in traditionellen Bürogebäuden
- TGA-Anteil in verschiedenartigen Gebäudetypen
- TGA-Anteil in „umweltgünstigen“/ zertifizierten Bürogebäuden (Green Buildings[57])

Benchmarks als Verhältniswerte, insbesondere zwischen den Anteilen der KG 300 und der KG 400 sind umfangreich im Benchmark-Schrifttum auffindbar, z.B. in den BKI-Veröffentlichungen[58]. Wenn man damit Benchmarks gebäudebezogen, nutzungsbezogen oder in anderen Betrachtungszusammenhängen als Benchmarkansatz für die Optimierung verwenden will, müssen einige grundlegende Fragen diskutiert werden, für die es zur Zeit weder in der Praxis noch in veröffentlichten Forschungsergebnissen ausreichend klare Anhaltspunkte gibt:

- Unter Architekten gibt es eine bis heute verbreitete Auffassung, nach der „so wenig Technik wie möglich“ zu bestmöglichen Gebäuden führt. Dahinter steckt der

[57] Ein Ergebnis der Auswertungen des letzten fm benchmarking Berichts 2011/2012 ist der Vergleich von Bürogebäuden mit den Baujahren 2006-2011. Bemerkenswert ist der Kostenanstieg für Errichtungskosten zwischen normalen Bürogebäuden und zertifizierten Bürogebäuden mit ausgewiesen hohen Qualitäten der Nachhaltigkeit mit durchschnittlich 20% höheren Kosten für zertifizierte Gebäude. Die Kostentreiber für diese Erhöhung lagen innerhalb dieser ausgewerteten Gebäude in den Kostengruppen 400 der DIN 276 bei 55% und lediglich bei 9% in den Architekturkostengruppen der KG 300. Damit einher gehen proportional höhere Kosten für das technische Gebäudemanagement. Dem gegenüber sind die energetischen Verbrauchskosten nur bei den Stromposten geringfügig niedriger. Solche Befunde machen deutlich, dass anlagenbezogene und bauteilbezogene Kostenanalysen im Lebenszyklusansatz in allen Planungsphasen eine große Rolle spielen um zu verhindern, dass am Ende – trotz guten Willens zur Nachhaltigkeit – unwirtschaftliche Ergebnisse herauskommen (vgl. Gerdes (2012)).

[58] Vgl. BKI-Kostenkennwerte 2012.

wahre Kern, dass installierte technische Anlagen Kostentreiber sind für eine Reihe von Folgekosten. Betrachtet man aber anspruchsvolle Bürogebäude oder Wohngebäude, die hohen Anforderungen der Energieeffizienz gerecht werden müssen, dann lässt sich ein wachsender Anteil für die Gebäudetechnik in der gesamten Investition nicht vermeiden.

- Wenn durch das Anstreben komfortabler und vor allem energieeffizienter Bauwerke der Anteil für Gebäudeautomation oder Lüftungstechnik ansteigen muss, dann spiegelt ein entsprechendes Anteil-Verhältnis der Investitionskosten eine strategische Rolle, mit der auch eine neuartige Optimierungsaufgabe verbunden ist: Suche diejenige effizienzsteigernde technische Ausrüstung, die den geringsten TGW-Anteil zur Folge hat.

Ein sehr aktuelles Beispiel für die Verfolgung solcher Fragen ist die Anwendung der Fotovoltaik zur Realisierung von E-Plus-Gebäuden. Solche Anlagen sind High-Tech-Erzeugnisse und im Hinblick auf Betriebskosten und Instandhaltungskosten ein noch wenig erschlossenes Gebiet technischen Handelns.

Benchmarks als Verhältniswerte zwischen den Investitionsanteilen innerhalb der DIN 276 KGs zu entsprechenden Folgekosten der Instandhaltung in den gleichen Kostengruppen

Diese Verhältniswerte haben eine strategische Aussage weil sie zeigen, welche Anteile der Gesamtinvestition welche Anteile in den Folgekosten haben. In der Darstellung der Standortprofile in Kap. 7 variierten die standort- und betriebsspezifischen Anteile der Folgekosten. Im Extrem hatten z.B. IH-Kosten der Lüftungstechnik bei Fraport einen Anteil von 30% an den Gesamtkosten der Instandhaltung gegenüber von wenigen % des Anteils zugehöriger Investitionsanteile der Lüftungstechnik in entsprechenden Bauprojekten.

Definition von LifeCycle Benchmarks durch die Ermittlung von Folgekosten-Kennwerten als Lebenszykluskosten-Faktoren

Verhältniswerte zwischen anlagenscharf oder bauteilscharf ermittelten Investitionskosten und den Folgekosten, die durch Prozesse des Betreibens und Instandhaltens dieser Anlagen / Bauteile entstehen. Nach der Polarität von objektbezogenen Kosten der Instandhaltung und des Energieverbrauchs lassen sich folgende Untergruppen bilden:

IH-LZK Faktoren
Kosten der Instandhaltung von Objekten im Verhältnis zu den Investitionskosten dieser Objekte

TE-LZK Faktoren
Energiekosten durch thermischen Energieverbrauch von Anlagen (z. B. von RLT Anlagen) im Verhältnis zu den Investitionskosten dieser Objekte.

EE-LZK Faktoren
Energiekosten durch Eigenverbrauch von Objekten (z. B. Stromverbrauch von

Leuchten, Hilfsenergie von Pumpen) im Verhältnis zu den Investitionskosten dieser Objekte.

Dieser Kennwerttyp entspricht den Effizienzbewertungen nach der EU Ökodesign-Verordnung mit der der ursprünglichen Objektbestimmung „Energy-using Products“ (EuP) [59].

Die Verwendung solcher energiespezifischer und produktbezogener Kennwerte berührt einen in Planungs- und Beschaffungsprozessen traditionellen Konflikt. Ist der Design einer Leuchte ausschlaggebend oder die energetische und betriebswirtschaftliche Vorteilhaftigkeit? Nach den Erfahrungen unserer Forschungsgruppe ist dieses Problem nur im Rahmen von übergreifenden Nutzwertanalysen rational aufschließbar. Tatsächlich müssen im Einzelfall unterschiedliche Produktangebote nach gleichberechtigten Kriterien durchleuchtet und bewertet werden. Andernfalls verfällt man auf ein ökonomistisches Extrem, in dem nur „das billigste“ zählt oder umgekehrt wird das Interesse am Design, also an dem Erscheinungsbild eines Gegenstandes zu einem unbeherrschbaren Kostentreiber. Am Beispiel der neuen LED-Technologie könnte sich aber kurzfristig eine interessante Verringerung dieses Konfliktes abzeichnen. Tatsächlich hat diese Technologie erstaunliche Vorteile in den Folgekosten durch extrem geringere Energieverbrauchswerte und zugleich durch eine ungewöhnliche Langlebigkeit der Leuchtmittel resultieren Beschaffungsvorteile, die auch einen ggfs. erhöhten Anschaffungspreis (in Verbindung mit gutem Design!) rechtfertigen können. Dazu gibt es in unserem Forschungsteam erste Erfahrungen mit führenden Anbietern von LED-Leuchtprodukten. In einem parallel laufenden Forschungsprojekt von ZukunftBau (siehe Balck 2013b).

Nutzungsdauer-Benchmarks

Erfolgreiche Beschaffung spiegelt sich auch in der Zuverlässigkeit und Langlebigkeit der in Betrieb genommenen Güter/ Anlagen/ Produkte. Deswegen sind Zeit-Benchmarks vorstellbar für:

- Erfassen von realen Nutzungsdauern für den Betrieb eigener Liegenschaften / Anlagen / Bauteile im Abgleich mit statistischen, allgemeinen Nutzungsdauertabellen
- Vergleich von Nutzungsdauern eingesetzter und vergleichbarer Komponenten/ Produkte in Anlagen des Bestandes unter besonderen Anwendungsbedingungen (z.B. für Komponenten von Aufzügen/ für Ventilatoren/ für Leuchtmittel/ u. dgl.)

[59] Die in Deutschland 2011 in Kraft getretene EU-Ökodesignverordnung bezog sich in der ursprünglichen Entwurfsfassung auf Energy-using Products (EuP). Diese Bezeichnung wurde geändert in Energy-related Products (ErP). Die ursprüngliche Bezeichnung charakterisiert aber eine Klasse von Bauteilen, die wir als „Aktive Bauteile“ bezeichnen. Aus diesem Grund erscheint uns die Beibehaltung der ursprünglichen Bezeichnung als aussagekräftig und sollte zur Klassifizierung der Produkteigenschaft „Energy-using“ weiterhin verwendet werden.

- Zeitbezogene Benchmarks sind auch im Hinblick auf die Ausfallwahrscheinlichkeit von Interesse. Einzubeziehen sind ggf. Kosten für Ausfälle und Unterbrechungen. Auch damit könnten „Strategische Bauteile“ charakterisiert werden.

6 Methodik Teil 4 – Ermittlung von LifeCycle Benchmarks für Technische Anlagen

6.1 Leitmuster für Folgekosten Technischer Anlagen

Die Kennwerte für Instandhaltung und Betreiben der AMEV und der VDI 2067 dienen für den in der Untersuchung gewählten Ansatz als Leitmuster.

AMEV

Die staatliche Organisation AMEV Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik wurde 1975 gegründet. In der Arbeitsgruppe AMEV Betriebsführung werden nach den Prozessklassen des Betreibens und Instandhaltens auf der Basis gültiger Regelwerke regelmäßig Kennwerte für jährliche Kostenfaktoren für die Prozessklassen der Betriebsführung und Anweisungen für das Betreiben technischer Anlagen erarbeitet.

Umfangreiche Betriebsdaten aus Gebäudebeständen der Öffentlichen Hand werden auf der Grundlage der Prozess-Systematik der Gebäudetechnik als Verhältniswerte aus Betriebskosten und Wiederbeschaffungswerten ermittelt. Diese Vorgehensweise haben wir in unserem Projekt übernommen, aber auch methodisch und inhaltlich erweitert.

VDI 2067

Die VDI 2067 entstand im Jahr 1957. Der ursprüngliche Anwendungsbereich waren „Warmwasserheizungsanlagen“. Die VDI 2067 verfolgte die bis heute beibehaltene Grundfrage nach der „Vorausberechnung der Wirtschaftlichkeit“. In mehreren Entwicklungsstufen wurde der Anwendungsbereich auf weitere technische Anlagen ausgedehnt. Mit der 2012 vorgelegten Fassung sind mit Ausnahme der Elektrotechnik und Fernmeldetechnik alle Anlagen der Gebäudetechnik enthalten. Außerdem wurden in der Neufassung Ziele und Berechnungsmethoden über die ursprüngliche Wirtschaftlichkeitsfrage hinaus erweitert. Das Ziel der neuen Richtlinie ist eine „Bewertung gebäudetechnischer Anlagen in energetischer, ökologischer und wirtschaftlicher Sicht“. Obgleich die energetische Sichtweise hierbei eine zentrale Stellung einnimmt, kommt der VDI 2067 für die Planung nachhaltiger technischer Anlagen im gesamten System der VDI-Richtlinien eine umfassende Rolle zu.

6.1.1 Entwicklungsstand der Kennwerte in den AMEV-Regelwerken und der VDI 2067

AMEV Daten sind nur für die Kostengruppe 400 Technische Anlagen der DIN 276 und nur bis zur 2. Gliederungsebene vorhanden[60]. Für konkrete und detaillierte Anwendungen werden aber Kennwerte bis zur 5. und 6. Gliederungsebene der DIN 276 benötigt, d.h.

[60] AMEV (2000)

bis zu konkreten Einzelbauteilen bzw. bis zu Komponenten. Eine Ergänzung ermöglicht die mit AMEV Daten kompatible VDI 2067. Zum heutigen Stand der Anwendbarkeit dieser Regelwerke für unsere Anforderungen des Benchmarking eine Übersicht:

- Die VDI 2067 umfasst, anders als die AMEV, nicht alle Technikgewerke. Es fehlen Jahreskostenfaktoren für Starkstromanlagen, insbesondere für Leuchten / Leuchtmittel und für Fernmeldetechnik / Informationstechnik.
- Die VDI 2067 hat mit der Unterscheidung von „Bedarfsgebundene Kosten" (Verbräuche, insbesondere Energieverbrauch) und „Betriebsgebundene Kosten" (gleichbedeutend mit „Kosten des Betreibens" bei AMEV) eine Unterscheidung mit zugehörigen Berechnungsverfahren eingeführt, die sich für den Lebenszyklusansatz als methodische Grundlage gut eignet. Dazu müssen allerdings die Anwendungsgrenzen dieser Richtlinie auf alle Technikgewerke erweitert werden. Die dann mögliche parallele Ermittlung von Instandhaltungskosten (entspricht Betriebsgebundenen Kosten) und Energiekosten (entspricht Bedarfsgebundenen Kosten) auf der Anlagen- bzw. Bauteilebene erfordert im Einzelfall Entscheidungen, welchen Objekten (Anlagen / Bauteile) Energieverbräuche bzw. Effizienzfaktoren direkt zugeordnet werden können. Energieeffizienz-Daten von Anlagen bzw. Produkten und Instandhaltungsdaten werden derzeit in der Betreiberpraxis i.d.R. nicht miteinander verbunden. Solche Koppelungen sind als methodische Forderung ein Grundgedanke der vorliegenden Untersuchung.
- Energieeffizienz-Daten von betriebenen Anlagen bzw. Komponenten sind das empirische Gegenstück zu den erfassten Instandhaltungsdaten dieser Objekte. Sie werden aber in der Betreiberpraxis i.d.R. kaum erfasst. Ansätze dazu beginnen mit der Einführung von Energiemanagement-Systemen. Allerdings fehlen auch dann geeignete Auswertungsmöglichkeiten für ein LifeCycle Benchmarking.
- Energieeffizienz-Daten von Produkten sind derzeit noch unzureichend vergleichbar. Es ist aber zu erwarten, dass mit der 2011 auch in Deutschland in Kraft getretenen Ökodesign Richtlinie der EU[61] ein auf Anlagen, Bauteile und Produkte ausgerichtetes Effizienz-Benchmarking für die Gebäudetechnik entwickelt werden kann.

[61] Von der EU-Kommission wurden erstmalig 2005 Konzepte für eine Ökodesign-Verordnung vorgestellt. Das Ziel ist die Reduzierung des Stromverbrauchs in Europa. Die rechtskräftige Umsetzung in Deutschland erfolgte Ende 2011. Sie ging einher mit einer Anpassung der Bezeichnung: aus Energy-using Products (EuP) wurde die Verallgemeinerung Energy-related Products (ErP). Diese Umbenennung war offenbar ein Entgegenkommen an die Interessenslage der Produzenten von Produkten, wie Wärmedämmung und anderen energetisch „passiven Bauteilen". In unseren Ausführungen ist aber der Fokus „Aktive Bauteile" – das sind Bauteile, die für ihre Funktionsausübung Energie (i.d.R. Strom) benötigen - ein methodisch vorrangiger Schwerpunkt. Aus diesem Grunde verwenden wir die ursprüngliche Bezeichnung EuP zur Abgrenzung von passiven ErPs.

6.1.2 Methodische Anwendung und Weiterführung der Ermittlungsverfahren von Kennwerten nach AMEV und VDI 2067

Kapitalkosten - Bedarfsgebundene Kosten – Betriebsgebundene Kosten

Die VDI 2067 hat mit der Unterscheidung „Bedarfsgebundene Kosten“ und „Betriebsgebundene Kosten“ alle Folgekosten betrachtet, die einer technischen Investition folgen. Die Investitionskosten selber werden in der VDI 2067 als „Kapitalgebundene Kosten“ berücksichtigt. Mit diesen drei Kostenarten können alle LZ-relevanten Kosten einer ursprünglichen Investition oder einer Erneuerungs-Ersatzinvestition abgebildet werden. Dazu die Gegenprobe bei Baukonstruktionen: Hier kommen typisch für bestimmte Flächenbauteile Reinigungskosten hinzu, ggfs. auch „Flexibilitätskosten“ bei Umrüstung und Umbau von Innenwänden, Installationsböden u. dgl. Entsprechendes gilt aber auch für technische Anlagen, aber nur die Reinigungskosten sind auch Bestandteil der Nutzungskosten DIN 18960. Aufwendungen für Umrüstungen und Anpassungen vorhandener Bauteilsysteme fehlen bisher in allen Regelwerken.

Erweiterung der verfügbaren Tabellen Technischer Lebensdauern

Für Technische Anlagen ist die methodische Grundlage der AMEV-Kennwerte die VDI 2067 Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen. Die verwendete Prozess-Systematik ist in beiden Regelwerken gleich. Leider ist aber auch der in der Neufassung der VDI 2067 von 2012 enthaltene Anhang mit Jahreskostenfaktoren in einer eigenen Systematik verfasst, die von der DIN 276 Gliederung abweicht. Deswegen haben wir diesen Anhang in eine eigene Tabelle auf Basis des DIN 276 übertragen. Diese Transformation führt zu einem wertvollen Instrument, da die VDI 2067 Jahreskostenfaktoren mit zugeordneten Technischen Lebensdauern auf der Bauteilebene (Komponenten) enthält.

Vertiefung der Auswertungen - von Anlagenklassen zu Einzelanlagen

Aufgrund der verfügbaren Software und darin hinterlegter Kostenkategorien sind Auswertungen zunächst nach Kostengruppen der DIN 276 und auf tieferer Ebene nach ausgewählten Anlagenklassen möglich. Da prinzipiell im Anlagenmanagement parallel zu klassifizierenden Nummern auch identifizierende Codes verwendet werden (Identitätscodes), können auf dieser Basis auch Einzelanlagen ausgewertet werden. Allerdings ist dies oft erschwert, weil in der Erfassung laufender Kosten in der Regel als einzige Identität nur die identifizierende Gebäudenummer angegeben wird. Aus diesem Grund sind Auswertungen für Einzelanlagen mit zusätzlichem Aufwand verbunden oder müssen geschätzt werden.

Historisierung der Auswertungen: Kenngrößen abhängig vom Alter der Anlagen
Durch die Angabe des Gebäudealters bzw. der zuletzt durchgeführten Ersatzinvestitionen ist das Alter vorhandener Anlagen in der Regel bekannt. Dadurch sind insbesondere folgende Kenngrößen und Auswertungen von Interesse:

- Vergleich von Kennwerten als Zeitreihen
- Ermittlung von Restlebensdauern konkreter Einzelanlagen (Identitäten)
- Vergleich der real ermittelten Nutzungsdauern im Bestand mit den marktverfügbaren Nutzungsdauertabellen
- Ermittlung von Instandsetzungstau/ Bedarf von Ersatzinvestitionen auf der Basis

Ausweitung der Jahreskostenfaktoren auf Kostengruppen der KG 400 DIN 276

AMEV Daten sind nur für Technische Anlagen (Kostengruppe 400 der DIN 276) vorhanden. Eine methodische Übertragung für Baukonstruktionen (Kostengruppe 300 der DIN 276) ist bei AMEV nicht vorgesehen aber methodisch möglich, wenn man den in unserer Untersuchung verfolgten Ansatz auch auf ausgewählte „Strategischen Bauteile“ der Baukonstruktionen verfolgt. Dazu gehören Sonnenschutz, Blendschutz, Außentüren, Innentüren, Fenster, Trennwände, Installationsböden, u.a..

6.1.3 Abgleich von Instandhaltungsintensität und Energieeffizienz - Datenprobleme und zukünftige LifeCycle Benchmarks

Die Auswertung von Instandhaltungsdaten der Forschungspartner bildet das methodische Rückgrat der vorliegenden Untersuchung. Sie wurde begünstigt durch umfangreiche Datenbestände, die durch Instandhaltungssoftware in teilweise großer Detailtiefe, besonders bis auf die Bauteilebene bei allen Forschungspartnern zur Verfügung stand. Auch wenn die ermittelten Auswertungen und Benchmarks noch nicht alle Wünsche für das verfolgte LifeCycle Benchmarking erfüllen konnten, so zeigte sich doch deutlich, dass der verfolgte Ansatz tragfähig ist. Der Grund liegt in dem unmittelbaren Zusammenhang von nach der DIN 276 zugeordneten Instandhaltungskosten zu den investiven Kostengruppen und damit in der Verlängerung der Zeitachse des Planungs- und Bauablaufes, in denen „Lebenszyklusobjekte“ festgelegt wurden, und den unmittelbar an den gleichen Objekten ansetzenden Instandhaltungsmaßnahmen. Das Kostenvolumen der Instandhaltung als Folgekosten spiegelt sich in den Aufwendungen des technischen Gebäudemanagements / technischen Facility Managements. Das belegen auch aktuelle Veröffentlichungen des klassischen Benchmarkings[62]

Besonders die Teilanalyse am Beispiel Aufzüge und RLT-Anlagen bei Fraport zeigte aber eine strategisch wichtige Parallele: Die Lebenszyklusobjekte mit ausgewiesenen Instandhaltungskosten haben in ähnlicher Mächtigkeit zugehörige Energieverbräuche (Abb. 6-1).

[62] Vgl. Rotermund (2012) FM Benchmarking Bericht 2011/12.

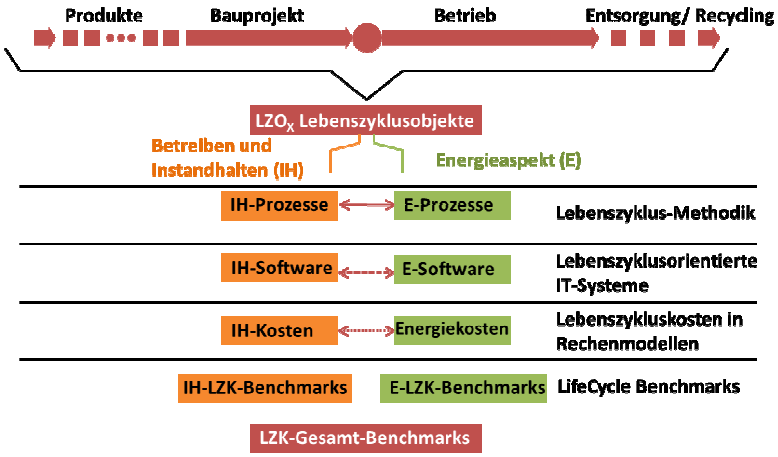


Abb. 6-1: Koppelung von Benchmarks für Instandhaltungskosten und Energiekosten bei gleichen Lebenszyklusobjekten

In Kapitel 8.2 wird dargelegt, dass eine anlagenscharfe/ bauteilscharfe Zuordnung von Energiekosten parallel zu den Instandhaltungskosten (IH-Kosten) streng genommen nur für den durch Anlagenfunktionen/ Bauteilfunktionen erforderlichen Eigenverbrauch herrührt. D.h. für den thermischen Verbrauch (Heizkosten) gilt diese Zuordnung nicht oder nur mit Einschränkung. Dennoch lässt sich auch im Sinne der aktuellen in deutsches Recht umgesetzten Ökodesign EU-Verordnung der Stromverbrauch in technischen Anlagen in gleicher Weise als objektabhängige Folgekosten analysieren und bewerten. Wie noch dargestellt wird, sind aber die dazu erforderlichen energetischen Daten in unserer Gebäudewelt nur selten verfügbar.

Betrachten wir die Instandhaltungskosten, die innerhalb der Nutzungsdauer technischer Anlagen anfallen, so lässt sich zu dieser zeitbezogenen Abgrenzung für die betrachteten Objekte – sowohl für Objektklassen, als auch für konkrete, identifizierbare Einzelobjekte – eine dazu parallele Kostenkategorie zuordnen, die für die Verfolgung der Nachhaltigkeitsziele von größter Bedeutung ist: Energieverbräuche und Energiekosten der Lebenszyklusobjekte. Die Bewertung der energetischen Effizienz einer technischen Anlage verfolgen wir nach zwei Gesichtspunkten:

Effizienz von Komponenten

Bewertung der Effizienz einzelner Komponenten aus denen eine technische Anlage besteht. Dies geschieht nach unserer Methode der „Strategischen Bauteile“ (vgl. Kap. 5.2.1). So hat beispielsweise die Verkabelung von Leuchten nur sehr geringen Einfluss auf die Effizienz der daran angeschlossenen Leuchten. Das Leuchtmittel oder verwendete elektronische Vorschaltgeräte oder moderne LED-Gesamtsysteme sind aber im hohen Maße erfolgskritisch. Ähnliches für die Verteilungssysteme in Heizungsanlagen und die unmittelbar Energie verbrauchende Geräte, wie Heizkessel, Pumpen u. dgl.

Anlageneffizienz und Gebäudeeffizienz

Wenn man die Effizienz der Gesamtanlagen im Zusammenhang mit den Nutzungsprozessen betrachtet, ist dies besonders bei den thermischen Funktionen Heizen und Kühlen entweder nur raumbezogen oder nur für das Gesamtbauwerk möglich. In diesem Fall ist die Gesamteffizienz einer Anlage nicht zu trennen von den Energieverlusten bzw. Gewinnen der raumbezogenen Anteile der Gebäudehülle und der raumbezogenen Wirkung von Speichermassen.

Diese zwei Betrachtungen haben wir in dem in Kap. 4.3.1 beschrieben Folgekostenindex FKI durch die Unterscheidung von dem Energieverbrauch aktiver Bauteil als „technischer Eigenverbrauch“ (das ist Hilfsenergie) und den Wirkungen der technischen Anlagen im Raum- und Gebäudezusammenhang als „Systemverbrauch“ unterschieden. In vom Autor durchgeführten Lebenszykluskostenanalysen wurde das Verhältnis von anlagenbezogener Hilfsenergie und raum- bzw. bauwerkbezogener Effizienz in Rechenmodellen dargestellt. Den Eigenverbrauch aktiver Bauteile haben wir in anlagenbezogenen Einzelmodellen ermittelt. Den Gesamtverbrauch in Räumen und Bauwerken haben wir in thermodynamischen Computersimulationen ermittelt. Dabei hat sich im Vergleich hochtechnisierter Gebäude immer wieder gezeigt, dass der durch Aufsummierung ermittelter Anteile verbauter aktiver Bauteile in hohem Prozentsatz der gesamten gebäudebezogenen Energie ausmacht. In Extremfällen haben wir bei den gebäudebezogenen Stromkosten einen Anteil von 40-50% nur für Hilfsenergie herausgefunden.

6.1.4 Probleme der Erfassung von Energieverbräuchen

Unternehmen, öffentliche Institutionen und Privathaushalte werden von Energieversorgungsunternehmen beliefert. Die Verbräuche werden an den Verbrauchsorten in Zählern erfasst und danach abgerechnet. Betrachtet man die Entwicklung dieses Versorgungsmusters, so wird ein Grundproblem erkennbar, das beim Aufbau von Energiemanagementkonzepten und -systemen immer noch große Schwierigkeiten bereitet. Es ist das Verhältnis von Zähleinrichtungen zu den energetischen Verbrauchsstellen.

Verhältnis von Energie-Zähleinrichtungen und Energie-Verbrauchsstellen

So war es noch vor wenigen Jahren der Regelfall, dass selbst in großen industriellen Liegenschaften für zahlreiche Gebäude ein einziger Zähler für den Stromverbrauch und gegebenenfalls ein einzelner Zähler für Fernwärme die einzigen Schnittstellen zwischen Energielieferanten und Energieverbrauchern waren. In dem Maße wie in Mietbereichen für die Nebenkostenabrechnung oder in Umlageverfahren innerhalb von Unternehmensorganisationen Erfordernisse zur Aufschlüsselung von Verbrauchskosten aufkamen, wurden dazu rechnerisch Umlagen auf der Basis von Mietflächen bzw. Belegungsflächen durchgeführt. Für heutige Anforderungen an ein Energiemanagement sind solche Verfahren aber unzureichend.

Kombination von Energetischem Monitoring und Service-Monitoring – eine Zukunftsaufgabe

Nach dem Leitmuster der Facility Services – und hier ist die Instandhaltung methodischer Taktgeber – müssen in ähnlicher Weise wie für Bedienprozesse, laufende Instandhaltungen, und Erneuerungsprozesse die Servicekosten den Objekten zugeordnet werden. Also ist auch für das Energiemanagement eine Transparenz gefragt, die energetische Kosten den Verbrauchsstellen innerhalb der Lebenszyklusobjekte zuordnet. Zu beantworten ist die Doppelfrage:

- Welche Folgekosten der Bauwerke/ Bauwerksbestandteile resultieren aus den nicht-energetischen Service-Prozessen?
- Welche Folgekosten der Bauwerke/ Bauwerksbestandteile resultieren aus den energetischen Prozessen?

Als diese Fragen in den Anfängen des Facility Management gestellt wurde, waren Energiekosten vergleichsweise ohne Belang und die Forderung nach nachhaltigem Wirtschaften noch weithin unbekannt[63]. Auf die Forderung, nicht nur für Liegenschaften, sondern auch für einzelne Gebäude den energetischen Aufwand messbar zu machen, wurde damals oft geantwortet: „Das zusätzliche Einrichten von Zählern ist viel zu teuer“ oder „Wozu brauchen wir differenzierte Abrechnungen, wenn doch die Gesamtkosten sowieso anschließend im großen Topf der Gemeinkosten zusammengeführt werden.“

Die Outsourcing-Entwicklung seit den 1990er Jahren, in der interne Dienstleistungen marktorientiert mit externen Dienstleistern verglichen wurden, führte zu einer Veränderung bei der Erfassung und Abrechnung aller Servicekosten – auch der energetischen Verbrauchskosten. Unternehmen wie IBM und andere international ausgerichtete Konzerne reduzierten eigene Immobilienbestände durch Verkäufe und erreichten damit eine Flexibilisierung auf der Basis von Leasing- oder Mietverträgen. Folglich mussten gebäu-

[63] Die Anfänge des Facility Management in Deutschland begannen Mitte der 1980er Jahre. Der Autor hat in dieser Zeit in den Gebäudebeständen der Siemens AG in Erlangen und München in der Organisationsanalyse des „Betriebsunterhalts“ diese Fragen mit den Verantwortlichen der Betreiberorganisation diskutiert. Dabei zeigten sich für Siemensprodukte, wie z.B. effiziente Beleuchtungssysteme, enge Zusammenhänge zwischen energetischen Vorteilen und den im Betrieb notwendigen Aufwendungen für Wartung und Erneuerung. Damals entstand der auch für die vorliegende Untersuchung maßgebende methodische Ansatz, anlagenbezogen und bauteilbezogen die Polarität von Instandhaltungsaufwand und Energieeffizienz in den Optimierungen des laufenden Gebäudebetriebs, aber auch für Neubau- und Umbauplanungen anzuwenden.

debezogen Mess- und Zählkonzepte den lokalen Verbrauch der Mieter abbildbar machen. Damit einher ging eine rasante Entwicklung in der Mess- und Zähltechnik[64].

Das Management der Nachhaltigkeit verlangt die Transparenz von energetischen Verbräuchen und Energieeffizienz auf der Ebene von technischen Anlagen und Bauteilen

Verbräuche thermischer Energie und Verbräuche elektrischer Energie

Mit der Einführung von Energiemanagement und der damit einhergehenden Erfassung, Kontrolle und Abrechnung von Daten stehen heute in nahezu gleicher Mächtigkeit gegenüber:

- Messen und Zählen thermischer Energie – mit daran anknüpfenden Aktivitäten der Optimierung des Energieverbrauchs
- Messen und Zählen elektrischer Energie – mit daran anknüpfenden Aktivitäten der Optimierung des Energieverbrauchs

Umfassende Mess- und Zählkonzepte sind aber bis heute in Wohngebäuden wie Nicht-Wohngebäuden erst in Ansätzen vorhanden und deswegen auch kein etablierter Standard. Zweifellos gibt es Soll-Vorstellungen als Wunsch-Standards. In dem Maße, wie nun Mess- und Zählkonzepte in Verbindung mit Energiemanagement-Systemen unsere gesamte bauliche Infrastruktur durchdringen wird die zuvor gestellte Grundfrage nach der Zuordnung von Verbrauchswerten zu Lebenszyklusobjekten immer wichtiger.

Probleme der Zuordnung thermischer Energieverbräuche zu Lebenszyklusobjekten

Ein Grundanliegen des LifeCycle Benchmarking ist die Aufweisung von Gebäudebestandteilen, die parallel zur Instandhaltungsintensität im Hinblick auf ihre Energieeffizienz bewertet werden können. Nach unseren Erfahrungen gelingt das besten bei technischen Anlagen und Komponenten im Hinblick auf Stromverbrauch. Dazu gehören in unterschiedlichsten Einzelfunktionen Elektromotoren, elektronische Bauteile und mit herausragender Bedeutung für eine unübersehbare Anwendungsfülle Leuchtmittel in Beleuchtungsanlagen. Solche Komponenten durchziehen heute alle Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung und zunehmend Bestandteile von Baukonstruktionen, die von traditioneller Handbedienung in automatische Funktionen überführt werden. So z.B. die Automatisierung von Türen, Fenster und Jalousien für den Sonnenschutz.

[64] Die Anforderung an ein Mess- und Zählkonzept, in dem Betriebsparameter und Verbrauchswerte auf allen Systemebenen des Bauwerkes abgebildet werden müssen, ist eine Forderung, die mit den Anfängen der Gebäudeautomation einhergeht. Tatsächlich ist aber der Aufwand für nachträgliche Installationen von Zählern und Messeinrichtungen immer noch ein erhebliches Kostenproblem. Am weitesten fortgeschritten sind Mess- und Zählkonzepte in gewerblichen Miet-Immobilien, in denen anlagenbezogene Verbrauchswerte einzelnen Mietflächen zugeordnet werden. Hierzu ermöglichen auch die Gebäudeautomation bzw. Raumautomation vereinfachte Erfassungs- und Auswertungsprozesse. Mit der verstärkten politischen Forderung nachhaltigen Wirtschaftens und insbesondere nachhaltigen Bauens sind Mess- und Zählkonzepte unerlässlich, um Effizienzverbesserungen im Gebäudebetrieb nachweisbar zu machen und von dorther im Rahmen eines Energiemanagements in Form von kontinuierlichen Verbesserungsmaßnahmen zu unterstützen.

Für die thermische Energie in Bauwerken und deren Bestandteile ist das allerdings nur sehr eingeschränkt möglich. Das zeigten vor allem zahlreiche thermodynamische Gebäudesimulationen, die von unseren Forschungs- und Beratungsteams durchgeführt wurden:

- Die komplexen bauphysikalischen, thermodynamischen Prozesse in den miteinander verbundenen Bauteilen unterschiedlichster Baukonstruktionen bewirken im Zusammenspiel einen je nach Konstruktionsweise und je nach gewählter Entwurfsstrategie ein unterschiedliches Gesamtergebnis in der Energieeffizienz der Bauwerke. Dabei haben zwar einzelne Bauteile wie z.B. Wärmedämmung oder transparente Bauteile wichtige Einzelbeiträge zur Energieeffizienz, sind aber nicht als „Einzelverbraucher“ mit zugehörigen thermischen Verbrauchswerten abgrenzbar.
- Die bauphysikalischen Eigenschaften der Bauteile aus denen die Gebäudehülle zusammengesetzt ist, haben durch die Vorgaben der Energieeinsparverordnung EnEV - mit schrittweise angehobenen Anforderungsniveaus - bei Planern und Entscheidern ein außerordentliches Niveau an Aufmerksamkeit erreicht. Tatsächlich können Bestandsgebäude wie Entwürfe nach solchen Bauteilen durchmustert werden und im Zuge von thermodynamischen Simulationsrechnungen auf ihren jeweiligen Einzelbeitrag hin optimiert werden. Gleichwohl erweist sich für unseren Anspruch die direkte Zuordnung von energetischen Folgekosten zu solchen Bauteilen als nicht machbar.

Überschreiten wir die Bauwerksgrenzen nach innen, also betrachten wir die mobilen Ausrüstungen der Nutzer in Räumen, so kommen als elektrische Verbraucher, die mit gesonderten Zähleinrichtungen versorgten Endgeräte der Nutzerausrüstung (DIN 276 KG 600) hinzu. Solche Objekte sind durchweg auch Lebenszyklusobjekte (vgl. Kap. 3) - mit der Besonderheit, dass sie unserem Anspruch der Parallelzuordnung von objektverursachten Instandhaltungskosten und objektverursachten Energiekosten sehr nahe kommen.

6.2 Benchmarking als Grundlage für Erneuerungen – Innovative Produkte begünstigen proaktive Instandsetzungen

6.2.1 LifeCycle Benchmarks machen Kostentreiber der Bestandsverbesserung erkennbar

Wie zuvor verdeutlicht wurde, ermöglichen paarweise Vergleiche von LifeCycle Benchmarks für IH-Kosten und Energiekosten für einzelne technische Anlagen und Komponenten – wie in einer ärztlichen Anamnese – die Identifizierung von Verbesserungspotenzial. Das darf aber nicht isoliert nur aus der Betreibersicht definiert werden. Abb. 6-2 verdeutlicht den hierfür wichtigen Gesamtzusammenhang mit den Nutzungsprozessen und somit den Verknüpfungen von Anlagenleistungen mit Räumen. Deswegen treffen bei der Identi-

fizierung von Verbesserungsmaßnahmen in den Anlagen und davon i.d.R. völlig unabhängige Erfordernisse raumbezogener Veränderungen aufgrund des Nutzungswandels immer wieder aufeinander – werden aber in der Praxis durch unzureichende Kommunikation oft nicht ausreichend kommuniziert.

Die Prozesse des Nutzungswandels und des technologischen Wandels haben gleichsam Kreuzungspunkte, die vom Betreiber erkannt werden und zum Gegenstand von Szenarien für Investitionen im Bestand der Lebenszyklusobjekte gemacht werden müssen.

Reengineering Technischer Anlagen

Daraus erwächst ein Reengineering-Ansatz, der eine grundlegende Voraussetzung für eine Optimierungsstrategie liefert, die der allgemein bekannten Regel folgt: „Das Bessere ist der Feind des Guten“. Für eine betrachtete technische Anlage, für das übergreifende Subsystem, oder für Komponenten gilt das Prinzip der Substitution – mit der Frage: Gibt es Alternativen im Hinblick auf Lebenszykluskosten und damit einhergehende Qualitätsverbesserungen?

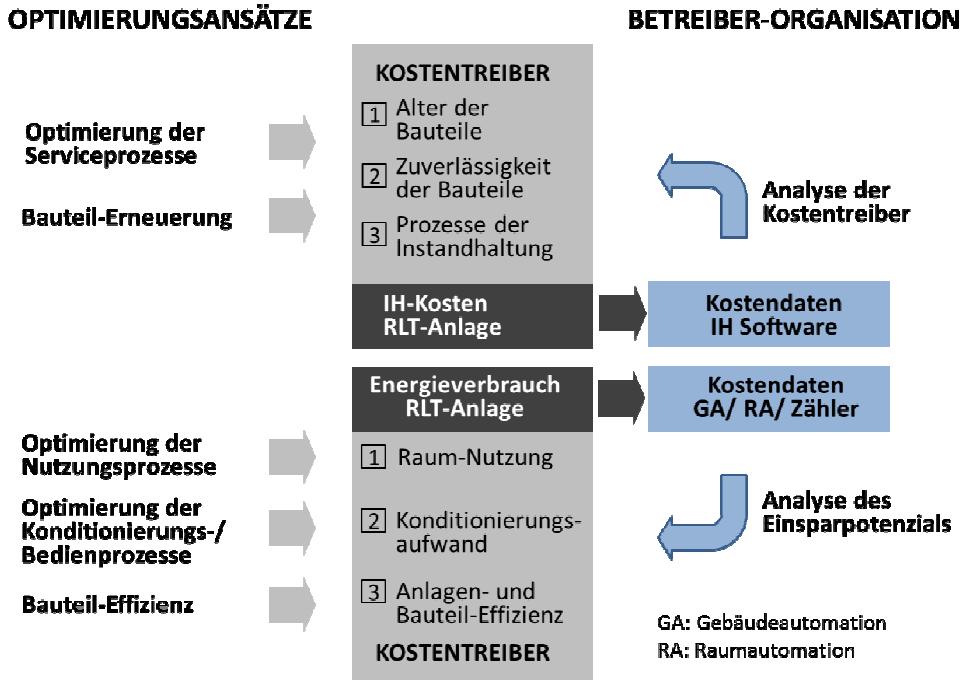


Abb. 6-2: Optimierungsansätze für RLT Anlagen durch Verknüpfung der Verbesserung von Energieeffizienz und Reduzierung von Instandhaltungskosten (IH-Kosten)

6.2.2 Marktverfügbarkeit innovativer Produkte – Messlatten für Erneuerungen

Die Marktverfügbarkeit von Produkten – besonders von innovativen Produkten - ist aber die Voraussetzung für jeden Modernisierungsprozess, in dem auch Nachhaltigkeitsziele verfolgt werden. Da nun mit dem Grad des technologischen Veraltens im Verlauf der Zeitspanne eines Produktlebenszyklus alternative Produkte immer auch zum Gegenstand einer Modernisierungsentscheidung werden, ergeben sich im Hinblick auf die konkreten Bedingungen einer Erneuerung von Lebenszyklusobjekten (Bauteilen/ Anlagen/ Räumen/ Gebäude) grundlegend verschiedene Erneuerungsstrategien im Lebenszyklusansatz:

- Einfache Erneuerung mit baugleichen Produkten
- Erneuerung von Bauteilen aufgrund hoher physischer Abnutzungsmerkmale durch effizientere bzw. qualitativ hochwertigere Produkte.
- Proaktiver Bauteiltausch: Eine noch vorhandene Restlebensdauer kein ausreichender Grund der weiteren Nutzung. Vielmehr sind alternative Produkte mit z.B. signifikant höherer Energieeffizienz der Grund für einen vorzeitigen Bauteiltausch (typischer Beispiel ist der Tausch von Leuchtmitteln, Pumpen[65], Ventilatoren).

Die Koppelung von IH-Daten und Energiedaten ermöglicht einen Beitrag zum Nachhaltigkeitsmanagement – sowohl im Hinblick auf den Carbon Footprint als auch im Hinblick auf die Ressourcen-Verantwortung ökologisch wichtiger Baustoffe (Abb. 6-3).

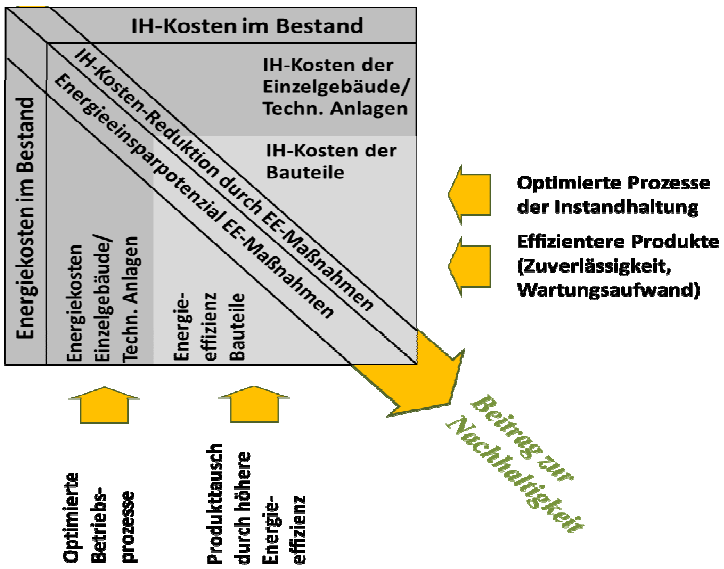


Abb. 6-3: Beitrag zum Nachhaltigkeitsmanagement durch Instandhaltungs- und Energiemanagement

[65] Mit dem Forschungspartner WILO wurden hierzu Szenarien des „Proactive Replacement“ untersucht. Es ergab sich eine aufschlussreiche methodische Verzahnung zwischen den von uns entwickelten Methoden des LifeCycle Benchmarking und Szenario-Rechnungen mit Austauschoptionen.

LifeCycle Benchmarks steuern Erneuerungsprozesse

Die beim Forschungspartner Fraport ermittelten LifeCycle Benchmarks dienen auch als Entscheidungshilfe, um identifizierten Erneuerungsbedarf in alten Anlagen im Zuge der Umsetzung von Nachhaltigkeitszielen in die Instandhaltungsbudgets aufzunehmen. So werden z.B. veraltete Pumpen und Ventilatoren erfasst, die gegenüber den am Markt verfügbaren Hocheffizienzpumpen bzw. Hocheffizienzventilatoren aufgrund ihrer im Vergleich geringen Energieeffizienz ausgetauscht werden. Diese Beispiele zeigen ein Erneuerungsmuster, in dem anders als in der klassischen Instandsetzung, vor dem Ende der physischen Lebensdauer Bauteile durch moderne Produkte ausgetauscht werden können.

Lifecycle Benchmarks und ermittelte Restlebensdauern als Basis für den „proaktiven Tausch“

In den bisher im Markt eingeführten Rechenmodellen für Lebenszykluskosten ist der Tausch vorhandener Bauteile durch nachweisbar effizientere Produkte nicht vorgesehen. Durch die in unserem Ansatz miteinander verbundene Berechnung von Restlebensdauern und der kostenbezogenen Bewertung zurückliegender Instandhaltungsaufwendungen ist es möglich Szenarien des „Re-Engineering“ der betrachteten Anlagen zu modellieren. Ein solcher Ansatz unterscheidet sich wesentlich von reinen Prognosemodellen für Lebenszykluskosten, wie sie im Rahmen von Neubauvorhaben durchgeführt werden.

Koppelung von LZK-Berechnungen und LCA-Bewertungen im Bestand

Die Anwendung von LifeCycle Benchmarks auf der Basis von Instandhaltungsdaten und der Ermittlung energetischer Optimierungsoptionen eröffnet auch eine für die Zukunft interessante methodische Verknüpfung der Produktbewertung von im Bestand vorhandenen Alt-Produkten und verfügbaren effizienteren/ effektiveren Neuprodukten. So wird derzeit in Umsetzungsmaßnahmen beim Forschungspartner Fraport untersucht, welche Pumpen in vertretbar kurzen Amortisationszeiten getauscht werden können. Parallel dazu werden Recycling-Gesichtspunkte für die Rücknahme der Altpumpen in Betracht genommen.

Können LifeCycle Benchmarks helfen, den optimalen Ersatz-Zeitpunkt für den Bauteiltausch zu bestimmen?

Eine ebenso wichtige wie schwierige Frage ist die Ermittlung und Entscheidung für einen Zeitpunkt des Bauteiltausches. Nach den uns vorliegenden Benchmarking-Ergebnissen und bisher durchgeführten Rechenmodellen können solche Zeitpunkt-Entscheidungen durch Rechenmodelle nur in kurz- und mittelfristigen Zeithorizonten vorgenommen werden. Das hat unter Anderem folgende Gründe:

- Die Feststellung, dass aufgrund vorliegender LifeCycle Benchmarks die Instandhaltung von Anlagen oder deren Komponenten unwirtschaftlich ist, müsste als Ergebnis eines regelmäßigen technisch-wirtschaftlichen Controllings in der betrei-

benden Organisation durchgeführt werden. Dazu fehlen bis heute aber weitgehend die softwaregestützten Instrumente (vgl. Kap. 9).

- Die Bereitschaft eines Betreibers, vorhandene Bauteile, die „noch funktionieren" auszutauschen, ist abhängig von verfügbaren Budgets. Selbst wenn kurze Amortisationszeiten ermittelt werden konnten, sind Tauschmaßnahmen oft chancenlos, weil Budgets dafür nicht verfügbar sind.
- Ein nicht zu unterschätzender Gesichtspunkt für eine Tausch-Entscheidung bei Bauteilen durch neue Produkte ist der Nachweis der attraktiven Produktalternative am Markt. Hier ist auch für zukünftige innovative Produktentwicklungen im Baugeschehen ein noch weites Feld für entsprechend erforderliche Produktinformationen und die Kommunikation zwischen Produktanbietern und Betreibern. Zurzeit fehlen dazu im Marktgeschehen noch viele Voraussetzungen[66].

Strategien der Optimierung durch Koppelung von Energiemanagement und Instandhaltung

Die beschriebene Leistungskette der gebäudetechnischen Anlagen ist nicht nur erforderlich für die Beherrschbarkeit und Optimierung der Prozesse des Betreibens und Instandhaltens. Sie ist auch ein immer noch viel zu wenig beachteter methodischer Einstieg in die Verbesserung der energetischen Effizienz dieser Prozesse und vor allem der Überprüfung energetischer Effizienz veralteter Anlagen und Komponenten. Mit den Forschungspartnern wurden am Beispiel raumlufttechnischer Anlagen (RLT-Anlagen) Einsparpotenziale bei elektrischer Energie (wesentlich verursacht durch Ventilator-Leistungen) und thermischer Energie untersucht. Das erkennbare Einsparpotenzial liegt zwischen 25 und 45 %. Dieses Potenzial ist abhängig vom jeweiligen Alter der untersuchten Anlagen. Im Hinblick auf das für Modernisierungsmaßnahmen grundsätzlich kritische Budget fanden wir zwei Ansätze, die zu beachten sind:

Gering-investive Maßnahmen:

Durch den Beginn der Analyse bei den Nutzerprozessen in Räumen konnten immer wieder Einsparpotenziale durch „überdimensionierten" Betrieb festgestellt werden. Z.B. finden sich häufig Fälle des 24-Stunden-Betriebs von RLT-Anlagen, obgleich oft nur 12 Stunden und weniger für die Konditionierung der Raumbelegung erforderlich wäre. Also kann mit geringem Aufwand durch Zeitmanagement oder durch die Nachrüstung von CO_2-Sensoren ein bedarfsorientierter Betrieb realisiert werden. Das Ergebnis sind beachtliche Einsparungen mit „gering investiven Maßnahmen".

Einsparpotenzial durch Beheben von Instandsetzungsstau:

Technische Anlagen, die älter als 15 Jahre sind, haben einen tendenziell erhöhten Instandhaltungsaufwand und sind zugleich durch veraltete Technik energetisch ineffizient.

[66] vgl. Balck 2012

Hier lässt sich also durch Modernisierungsmaßnahmen ein 2-facher Einspareffekt erzielen. Außerdem gehen mit wachsendem Instandsetzungsstau Budgetplanungen einher. D.h. ab einem in der Instandhaltung festgestellten überhöhten Grad der Betriebskosten ist die notwendige Bereitstellung für Instandhaltungsbudgets zugleich auch eine Grundlage für die Finanzierung von Maßnahmen der Effizienzverbesserung.

7 LC-Auswertungen - Standortspezifische Kosten der Instandhaltung

7.1 Standortprofile der Instandhaltung von lokal zusammenhängenden Liegenschaften

Die Folgekosten von Bauinvestitionen werden innerhalb der Nutzungsdauer ihrer Bestandteile weitgehend durch die entstehenden Kosten des Betreibens, der Instandhaltung und Erneuerung bewirkt[67]. Die nachfolgenden Kapitel beschreiben ausschließlich Auswertungen der verfügbaren Daten der Instandhaltung nach der im Forschungsprojekt entwickelten Methode der Datenaufbereitung. Nach dem international üblichen Prozessstandard haben auch die beteiligten Forschungspartner in der eingesetzten Instandhaltungssoftware[68]

Die bei den Forschungspartnern erfassten Liegenschaften sind jeweils Gebäudebestände an einem Standort. Sie sind nach dem in Kap. 5.2.3 beschriebenen methodischen Konzept in einem Relevanzbaum-Verfahren entstanden. Das Ergebnis spiegelt den beschriebenen Ansatz der Strategischen Kostengruppen. Die drei ermittelten Standortergebnisse für IH-Kosten der Forschungspartner haben interessante Parallelen zu den IH-Kosten bei den Liegenschaften der Deutschen Bahn (Bahnhöfe)[69] und der untersuchten Kliniken. Erkennbar sind unverwechselbare Muster in der gewählten Darstellung als sortierte IH-Kostenblöcke 2-stelliger DIN 276 Kostengruppen. Solche Muster sind gleichsam wirtschaftliche Kennlinien des Immobilienbestandes eines Standortes, bedingt durch die Besonderheiten der Nutzung, das historische Wachstum der Liegenschaften und die Charakteristik der Einzelgebäude. Deswegen bezeichnen wir die Gesamtauswertungen der Instandhaltungskosten als „Standortprofile der Instandhaltung“ und verstehen sie als ein Leitmuster der Bewirtschaftung von Immobilien.

Solche spezifischen Kostenprofile für Instandhaltungskosten, die auf der Basis ursprünglicher Investitionskosten nach den DIN 276 Kostengruppen sortiert sind, haben im Vergleich völlig verschiedener Standorte und Nutzungen eine beachtenswerte Invarianz: Sie sind in jedem Jahr für einen konkreten Standort mit dort vorhandenen Gebäuden immer wieder im gleichen Muster erkennbar. D.h. die in Liegenschaften vorhandenen gebäudebezogenen Anlagevermögen spiegeln sich in einem spezifischen Kostenprofil der Instandhaltung. Ähnliche Muster entstehen aber auch, wenn man unabhängig von Standor-

[67] Ein weiterer großer Kostenblock der Folgekosten sind Reinigungskosten. Da wir für unsere Untersuchung als Schwerpunkt gebäudetechnische Anlagen gewählt haben, kommen die für Bodenbeläge und Glasflächen erforderlichen Reinigungsaufwendungen nicht in Betracht. Hier lassen sich aber als methodische Parallele ebenfalls bauteilbezogene LifeCycle Benchmarks bilden. In dem parallel laufenden Forschungsvorhaben LZ-orientierte Ausschreibung und Vergabe“ haben wir solche Kennwerte für alternative Hartböden als Entscheidungshilfe in Neubauvorhaben für ein Büro- und ein Schulgebäude verwendet (vgl. Balck 2013c).

[68] Bei Fraport wird der SAP IH-Modul SAP PM, bei AUDI Neckarsulm wird die IH-Software MAXIMO und beim UKL eine CAFM-Software eingesetzt

[69] Vgl. Balck (2012)

ten Liegenschaften zusammenfasst, die z.B. insgesamt in einem Eigentümer-Portfolio verwaltet werden. Dann kann man selbstverständlich nicht von Standortprofilen sprechen. Dann handelt es sich lediglich um Auswertungen, die z.B. unterschiedliche Bauweisen, Gebäudealter oder Nutzungsbedingungen spiegeln.

WEITERFÜHRENDE FORSCHUNGSAUFGABE

Da es sich bei der Instandhaltung im Hinblick auf Life Cycle Analysen (LCA) um Aspekte des stofflichen Ressourcenverbrauchs handelt, könnten die Daten der ermittelten IH-Standortprofile eine Grundlage bilden, um in Analogie zum „Carbon Footprint“ einen „Maintenance Footprint“ zu begründen. Darin wären u.a. folgende Aspekte interessant:

- Auswertung realer Nutzungsdauern von Bauteilen (Langlebigkeit)
- CO2-Reduktionen als Folge von Energieeinsparungen durch „Proactive Replacement“ von Energy using Products (EuPs) im Vergleich zum dadurch erforderlichen erhöhten stofflichen Ressourcenverbrauch
- Entsorgungsprofile von Alt-Bauteilen nach dem Wiederverwendungsanteil und dem Recyclinganteil mit jeweils erreichtem Recyclinggrad

7.2 Standortspezifisches Kostenprofil der Instandhaltung bei Fraport

Das in

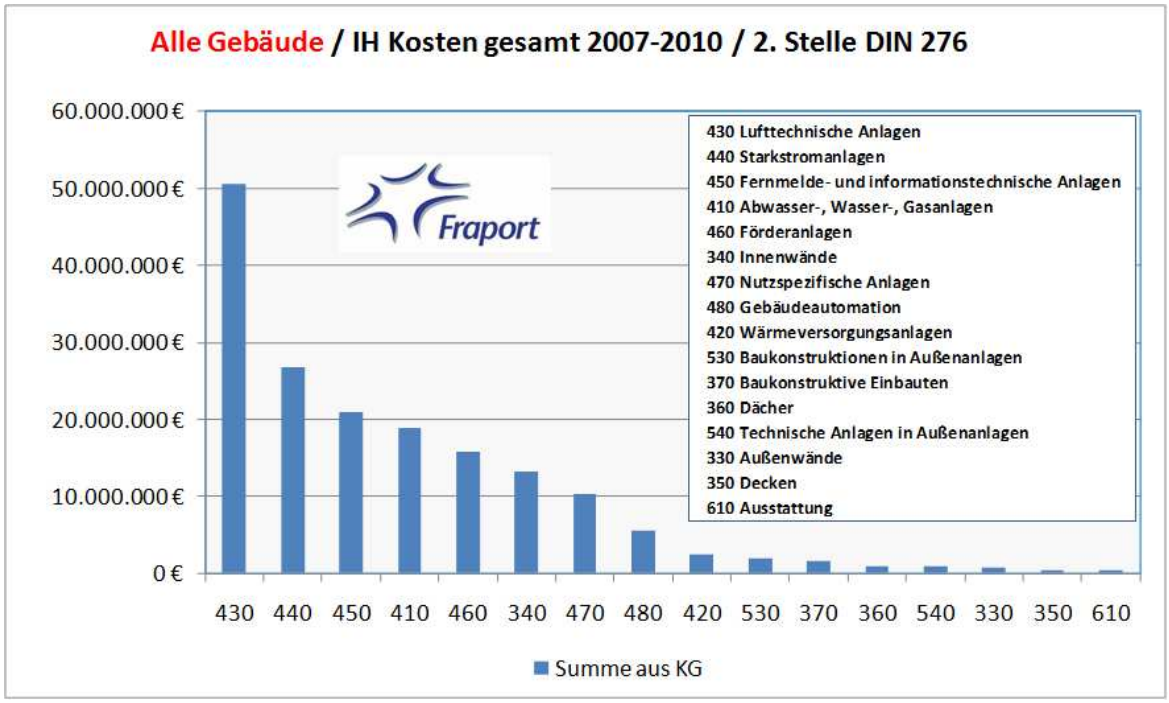


Abb. 7-1 dargestellte Standortprofil der Instandhaltungskosten bei Fraport umfasst sowohl die regelmäßigen IH-Kosten RIH (Inspektionen, Wartungen, wiederkehrende Prüfung) als auch die Entstörungen und Instandsetzungen, also die unregelmäßigen IH-

Kosten UIH. Die Abb. 7-2 zeigt die Aufspaltung dieser Kosten mit einem ähnlichen Verlauf, aufgeschlüsselt nach standardisierten Aktivitäten. Sie geben aber auch Aufschluss über das Verhältnis vorbeugender Maßnahmen zu den nicht planbaren Störungen und Instandsetzungen. Im Gesamtdurchschnitt betragen UIH-Kosten 70% und RIH-Kosten 30% der gesamten IH-Kosten. Die differenzierte Aufschlüsselung liefert ein Spiegelbild praktizierter Instandhaltungsstrategien nach Objektklassen. Die in Abb. 7-2 differenzierten IH-Aufwendungen nach Prozessklassen (Aktivitäten) machen deutlich, dass innerhalb der Instandhaltung die vorbeugenden Maßnahmen für Inspektionen und Wartungen insgesamt einen geringeren Anteil haben als die unvorhersehbaren Folgekosten durch Instandsetzungen (Reparaturen). Dieser Befund gilt in ähnlicher Weise auch für die Forschungspartner Audi und Universitätsklinikum Leipzig. Dieser Sachverhalt ist zwar allgemein bekannt, wurde aber selten quantifiziert. Das vorliegende Ergebnis stützt auch die unter Betreibern immer wieder gestellte Frage nach dem Verhältnis von vorbeugenden Leistungen und ausfallbedingten Aufwendungen. Eine gängige Antwort ist die Festlegung einer „Instandhaltungsstrategie“. Die legt fest, welcher Aufwand an RIH-Maßnahmen in Abwägung von wirtschaftlichen Gesichtspunkten und Ausfallrisiken akzeptabel ist.

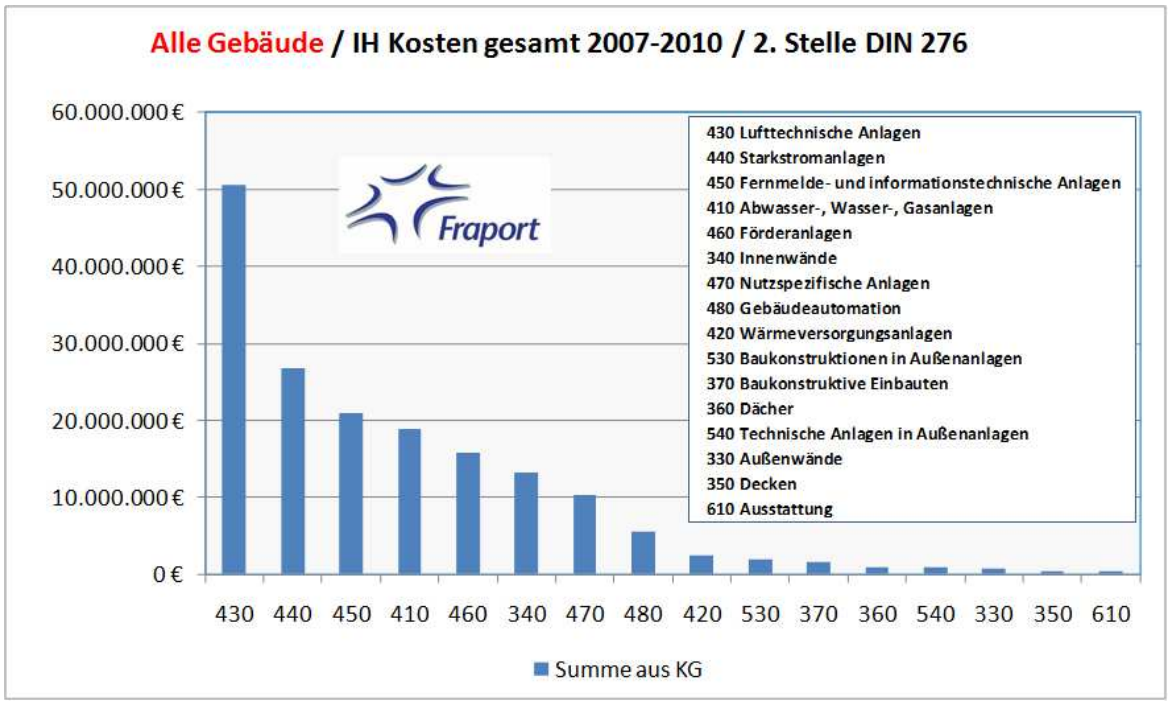


Abb. 7-1: IH-Kostenprofil aller Fraport-Liegenschaften am Standort Flughafen Frankfurt/ Main (Quelle: Fraport)

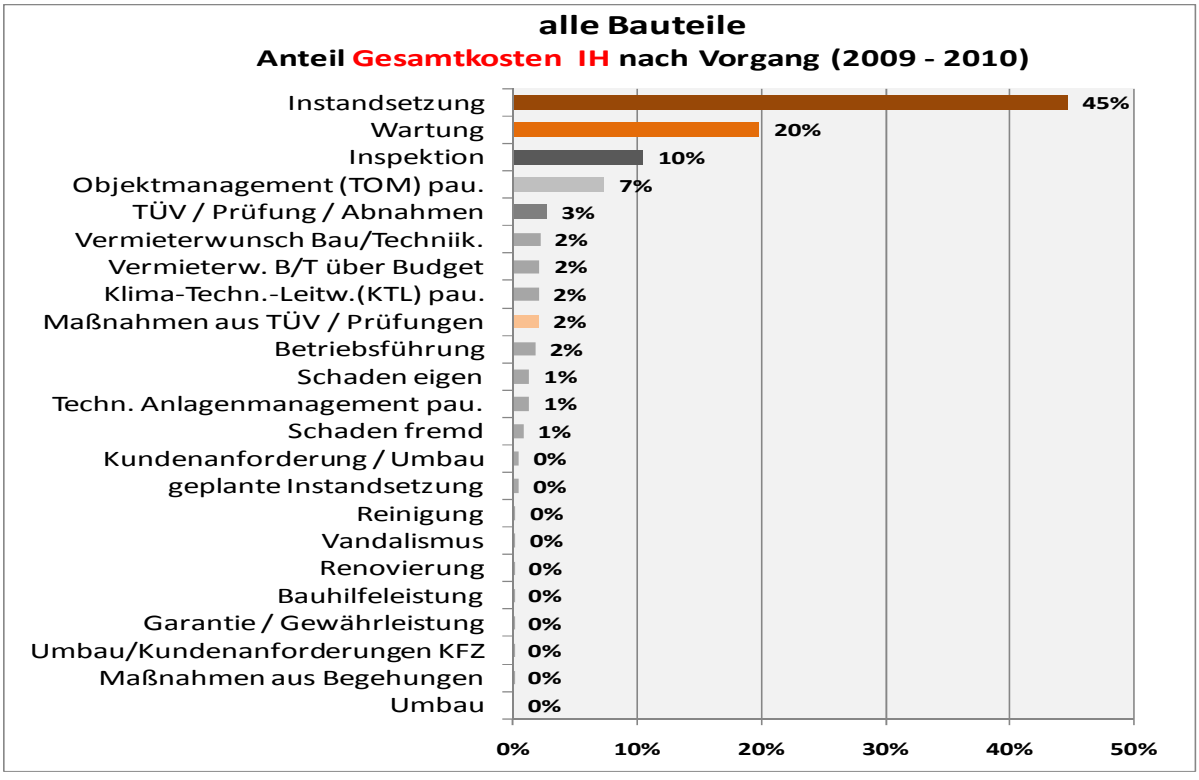


Abb. 7-2: IH-Kostenprofil aller Fraport-Liegenschaften am Standort Flughafen Frankfurt/ Main sortiert nach Standard Aktivitäten – Auszug / %-Werte gerundet (Quelle: Fraport

WEITERFÜHRENDE FORSCHUNGSAUFGABE

Die aus den vorliegenden Auswertungen sich ergebenden Verhältniswerte zwischen regelmäßigen Instandhaltungen (RIH) und unregelmäßigen Instandhaltungen (UIH) fallen sowohl für die betrachteten Gebäudearten und technischen Anlagen, als auch für die jeweils jahresbezogen erfassten Daten unterschiedlich aus. Die zurzeit quantifizierbaren „gelebten“ Instandhaltungsstrategien sind aber nicht in ihren Folgewirkungen darstellbar. Erforderlich wären Analysen über mehrjährige Zeitreihen.

Analyse der Standortprofile der Instandhaltung

Zur Analyse der Standortprofile der Instandhaltung“ dienen folgende Fragen:

1 Welche Rangfolge haben die DIN 276 Kostengruppen? – und warum?

2 Welche Kostengruppen der Technik haben hohe strategische Relevanz?

3 Welche Kostengruppen der Baukonstruktion haben hohe Relevanz?

FRAPORT 1 Welche Rangfolge haben die DIN 276 Kostengruppen? – und warum?

Mit deutlichem Abstand zu allen anderen Kostengruppen ist die KG 430 Lufttechnische Anlagen der größte Kostenblock. Er spiegelt die funktionale Charakteristik zahlreicher, oft großvolumiger geschlossener Räume. In den Rangstufen 2-5 folgen in gleicher Größenordnung die Kostengruppen 440 Starkstromanlagen (insbesondere Beleuchtung) 450 Fernmelde- und informationstechnische Anlagen, 410 Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen und 460 Förderanlagen (Fahrsteige, Fahrtreppen, Aufzüge). Erst auf niederen Aufwandstufen folgen Kosten der Instandhaltung von Baukonstruktionen. Zu den Gründen gehören die durch passive Bauteilfunktionen bedingte Langlebigkeit der Baukonstruktionen und der damit einhergehende geringe Aufwand für Entstörungen, Instandsetzungen, Inspektionen, Wartungen und wiederkehrende Prüfungen. Eine Sonderstellung haben Innenwände aufgrund von Anpassungen an räumliche Nutzungsänderungen und besondere Nutzungsintensität.

FRAPORT 2 Welche Kostengruppen der Technik haben hohe Relevanz?

Die für Fraport höchstrangige Kostengruppe KG 430 der IH-Kosten ist auch ein Hinweis auf die funktionale Bedeutung dieser Klasse technischer Anlagen. Sie sind aber nicht nur erforderlich aufgrund geltender Standards für künstlich belüftete klimatisierte Räume. In einem Verkehrsunternehmen, wie einem Flughafen, ist die Luftqualität in umfangreichen Verkehrszonen und öffentlichen Nutzungsbereichen für tausende von Fluggästen auch eine Bedingung für das Wohlbefinden der Kunden – und damit ein Erfolgsfaktor für das Kerngeschäft des Unternehmens.

Insbesondere die Qualität der von Fluggästen genutzten Verkehrsbereiche, Retail-Bereiche und gastronomischen Einrichtungen erfordert funktionale Leistungen bei Licht-

qualität (KG 440), Hygiene (KG 410), Kommunikationstechnik (KG 450) und insbesondere bei der Beförderung durch Aufzüge, Fahrtreppen, Laufbänder (KG 460).

FRAPORT 3 Welche Kostengruppen der Baukonstruktion haben hohe Relevanz?

Die einzige strategische Kostengruppe aus Baukonstruktionen innerhalb der hochrelevanten Kostengruppen ist die KG 340 Innenwände.

Der relativ hohe Kostenanteil für „Innenwände“ (innerhalb der sonst geringen IH-Aufwendungen für Baukonstruktionen) ist ein Anzeichen für die Bedeutung dieser Bauteilklasse aufgrund von Umbelegungen und Umnutzungen (Flexibilitätskosten), aber auch für hohe Beanspruchungen der äußeren Bauteilschichten (Farben, Lacke) und Kosten für nutzungsintensive Innentüren (Wartung von Brandschutztüren, Beschädigungen durch extreme Beanspruchung). Innenwände sind zudem ein wichtiger Bestandteil im räumlichen Erscheinungsbild und damit für Kunden und Besucher „beachtenswert“.

7.3 Standortspezifisches Kostenprofil der Instandhaltung beim Universitätsklinikum Leipzig UKL

Das Kostenprofil der IH-Kosten im Universitätsklinikum Leipzig (Abb. 7-3) hat im Ganzen ein ähnliches Muster wie bei Fraport. Die Gebäude haben vergleichsweise hohe Niveaus der Technisierung (Raumkonditionierung durch Lüftungsanlagen, Beleuchtung, medizinische Infrastruktur) und eine intensive Durchdringung von Raumnutzungen und logistischen Prozessen (Patientenverkehr, Krankentransporte, medizinischer Produkte).

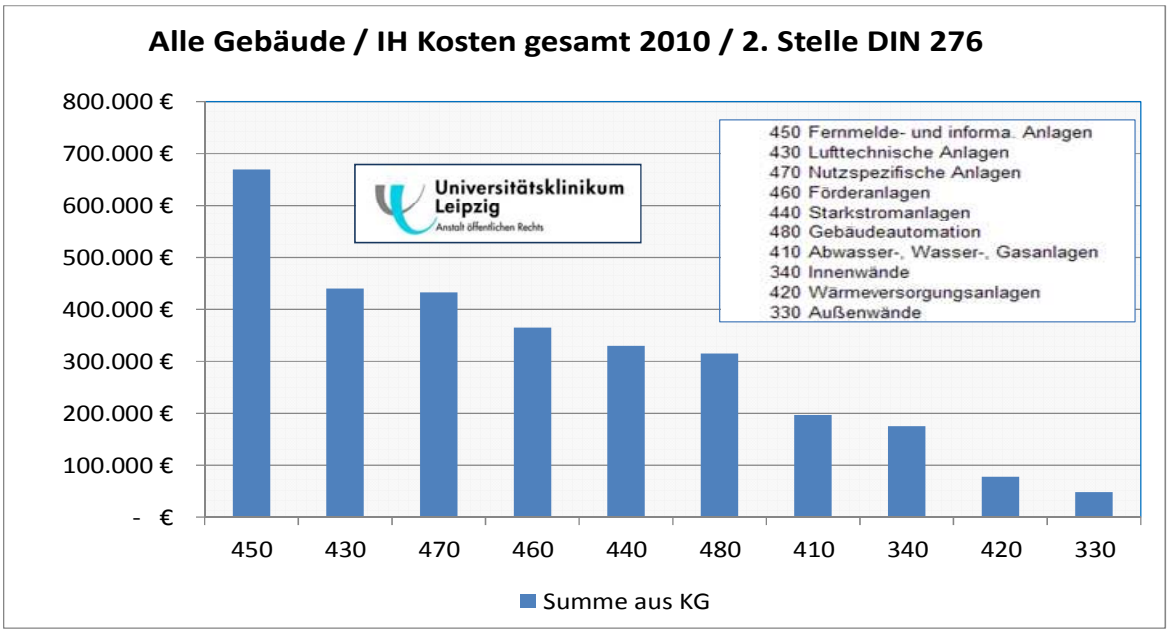


Abb. 7-3: IH-Kostenprofil bei UKL nach DIN 276, 2. KG-Stelle (Quelle: UKL)

UKL 1 Welche Rangfolge haben die DIN 276 Kostengruppen? – und warum?

Rang 1 belegt KG 450 Fernmelde- und informationstechnische Anlagen. Es folgen auf Rang 2 bis Rang 7 Kostengruppen der Gebäudetechnik. Kostengruppen der Baukonstruktionen mit Rang 8 für KG 340 Innenwände und Rang 10 für KG 330 Außenwände.

UKL 2 Welche Kostengruppen der Technik haben hohe Relevanz?

Die deutlich auf Rang 1 platzierte KG 450 fernmelde- und informationstechnische Anlagen verweist auf den hohen Stellenwert der Schwachstromtechnik, wie Telefonanlagen, Brand- und Einbruchmeldetechnik, Videoüberwachung, Schwesternruf, elektronische Schließsysteme. Der Stellenwert derartiger Anlagen nimmt tendenziell zu[70].

Beachtenswert erscheinen die hohen Kosten für KG 470 nutzungsspezifische Anlagen. Letzteres liegt an spezifischen krankenhaustechnischen Einrichtungen, wie z.B. Sterilisationstechnik, Med. Gasversorgungsanlagen, Laboreinrichtungen.

UKL 3 Welche Kostengruppen der Baukonstruktion haben hohe Relevanz?

Die einzige strategische Kostengruppe aus Baukonstruktionen innerhalb der hochrelevanten Kostengruppen ist – wie bei Fraport - die KG 340 Innenwände.

Die Kostengruppe KG 340 Innenwände bezieht sich auf die darin enthaltene KG Innentüren, mit hohen Aufwendungen für Automatiktüren (Barrierefreiheit), Feststelleinrichtungen, Brandschutztüren.

[70] Die betrieblichen IT-Kosten in den Krankenhausbereichen und der medizinischen Forschung sind in den erfassten IH-Kosten nicht enthalten.

7.4 Standortspezifisches Kostenprofil der Instandhaltung bei Audi Neckarsulm

Die bei Audi ausgewerteten Daten (Abb. 7-4), die im dort verwendeten CAFM System Maximo verfügbar waren, zeigen ein Profil, das den technischen Support von Fertigungsprozessen charakterisiert.

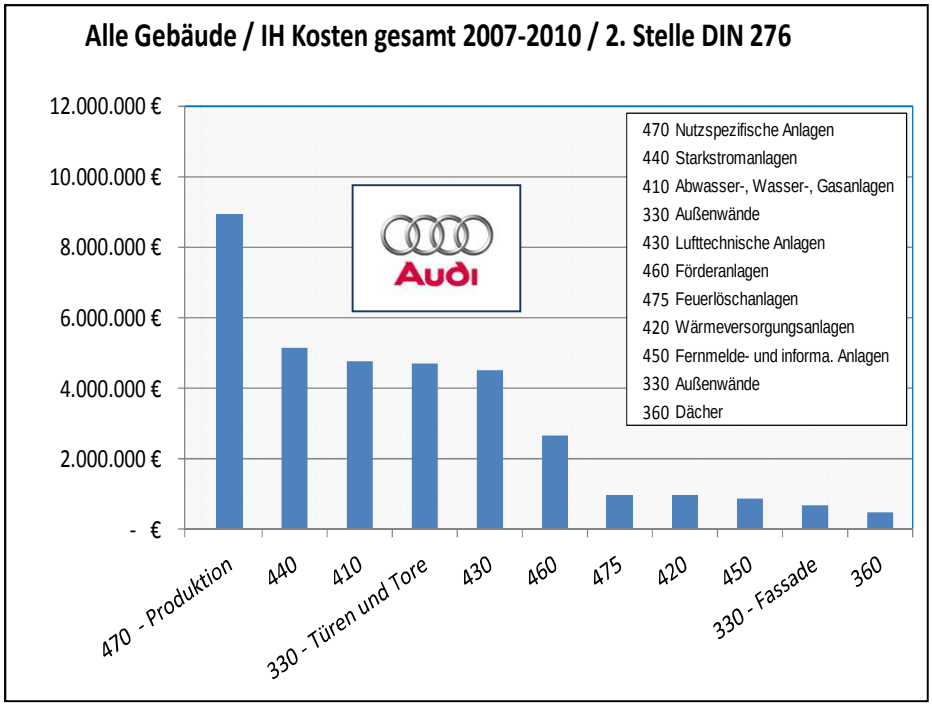


Abb. 7-4: IH-Kostenprofil bei Audi nach DIN 276, 2. KG-Stelle (Quelle: IPS / Audi)

Audi 1 Welche Rangfolge haben die DIN 276 Kostengruppen? – und warum?

Der größte IH-Kostenblock ist die produktionsnahe Instandhaltung (470 Produktion). Es folgt ein Block mit fast gleichen Aufwendungen an technischen Anlagen für KG 440 Starkstromanlagen (inkl. Beleuchtung) / KG 410 Abwasser / Wasser / KG 430 Lüftungsanlagen. Anders als bei Fraport und UKL ist die Fördertechnik auf Rang 7. Erst auf Rang 9 folgen KG 420 Wärmeversorgung und auf Rang 10 KG 450 Fernmelde-und Informationstechnik. Von 12 erfassten Kostengruppen gehören 3 zu Baukonstruktionen, davon 2 auf Rang 11 und 12.

WEITERFÜHRENDE FORSCHUNGSAUFGABE

Dieses Muster könnte auch für andere Produktionsstätten mit ausgeprägten Fertigungsprozessen typisch sein. Baulich dominiert der Gebäudetyp Hallen mit vergleichbar geringem Heizungsbedarf. Durch hohe Regelmäßigkeit – mit wachsender Automation – ist die Kommunikation zwischen Arbeitsplätzen und Mikrostandorten geringer als in den sehr interaktiven Nutzungsweisen der baulich-technischen Infrastrukturen in Verkehrsunternehmen (z.B. Bahnhöfe, Flughäfen) und Kliniken / Krankenhäusern.

Audi 2 Welche Kostengruppen der Technik haben hohe Relevanz?

Hohe Relevanz zeigt sich, wie bei den vorangegangenen Auswertungen, fast nur für Kostengruppen der technischen Anlagen. Auf Rang 3 steht die die KG 440 Starkstromanlagen (fast alle Produktionsanlagen haben elektrische Antriebe). Die Instandhaltung für produktionsnahe Beleuchtungsanlagen wird allerdings von IH-Teams der Fertigung betreut und ist in den erfassten Daten nicht enthalten.

Auffallend sind die relativ geringen Kosten für Aufzüge. Eine Erklärung ist die für Fertigungsprozesse typische horizontale Ausrichtung der logistischen Abläufe. Die Gesamt kosten der Fördertechnik wurden aber in unserer Auswertung nicht erfasst, da die IH-Aufwendungen der Fördertechnischen Einrichtungen nicht vom Gebäudemanagement, sondern, wie bei der Beleuchtung, von IH-Teams der Fertigung in Kontenklassen der Produktion abgerechnet werden.

Audi 3 Welche Kostengruppen der Baukonstruktion haben hohe Relevanz?

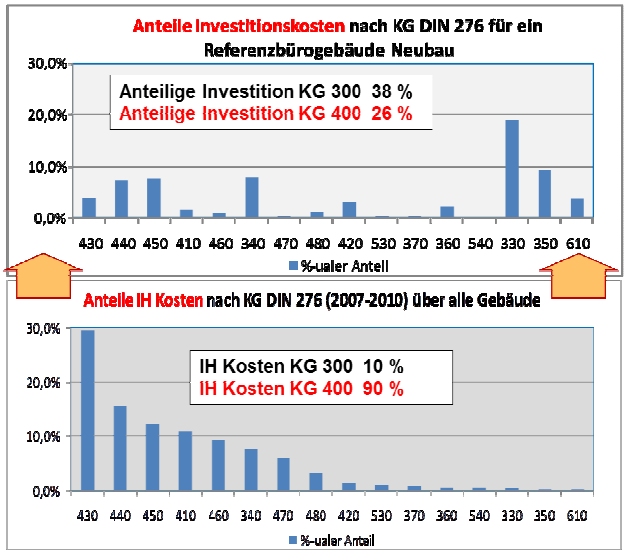
Die Kostengruppe 334 Außentüren/ Toranlagen bzw. 344 Innentüren ist die einzig herausragende IH-Kostengruppe bei den Baukonstruktionen. Das spiegelt die logistischen Besonderheiten in einem Werksgelände mit hoch beanspruchten „Raumöffnungen“ aufgrund interner logistischer Prozesse, aber auch aufgrund von Beschädigungen, die durch Flurförderzeuge (IH Kosten dieser Kostengruppe auf Rang 1!) entstehen.

7.5 Abgleich zwischen IH-Standortprofil und Investitionsprofil

Die in Abb. 7-5 für das Fraport-Standortprofil dargestellte Zuordnung der zuvor betrachteten Instandhaltungskosten ist ein rechnerisches Experiment. Durch die Zuordnung der IH-Kostengruppen zu entsprechenden Investitionskostengruppen einer vergleichbaren Neubauinvestition mit ähnlichem technischen Niveau (ausgewählt wurde ein High Tech Büroneubau) entsteht ein aufschlussreicher Vergleich durch Verhältniswerte zwischen Investitionen und Folgekosten (zunächst nur für die Instandhaltung) innerhalb gleicher Kostengruppen. Das methodische Muster verdeutlicht die bei allen Forschungspartnern erkennbare Dominanz technischer Anlagen in den Aufwendungen der Instandhaltung. Wenn man Energiekosten „anlagenscharf“ hinzunimmt, um die Lebenszykluskosten dieser Objekte zu ermitteln, erhält die Relevanz dieses Muster für Folgekostenanalysen sogar noch eine Verstärkung (vgl. Kap. 6.1.).

Kennwerte der IH Relevanz

Die in Abb. 7-5 ausgewiesenen Verhältniswerte sind ein erster Einstieg für LifeCycle Benchmarks. Wir nennen sie Kennwerte der IH Relevanz. Differenziert nach Strategischen Kostengruppen sind sie ein Beleg für die in Kap. 5.2.1 beschriebene Umkehrung der Pareto-Verteilung zwischen den Kostengruppen der Technik (KG 400) und den Kostengruppen der Baukonstruktionen (KG 300) im Phasenübergang von der Investition zum Betrieb.



430 Lufttechnische Anlagen
440 Starkstromanlagen
450 Fernmelde- und informa. Anlagen
410 Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen
460 Förderanlagen
340 Innenwände
470 Nutzspezifische Anlagen
480 Gebäudeautomation
420 Wärmeversorgungsanlagen
530 Baukonstruktionen in Außenanl.
370 Baukonstruktive Einbauten
360 Dächer
540 Technische Anlagen in Außenanl.
330 Außenwände
350 Decken
610 Ausstattung

Abb. 7-5: Vergleich IH-Kosten Fraport zu Investitionskosten Referenzprojekt (Quelle: Fraport / IPS)

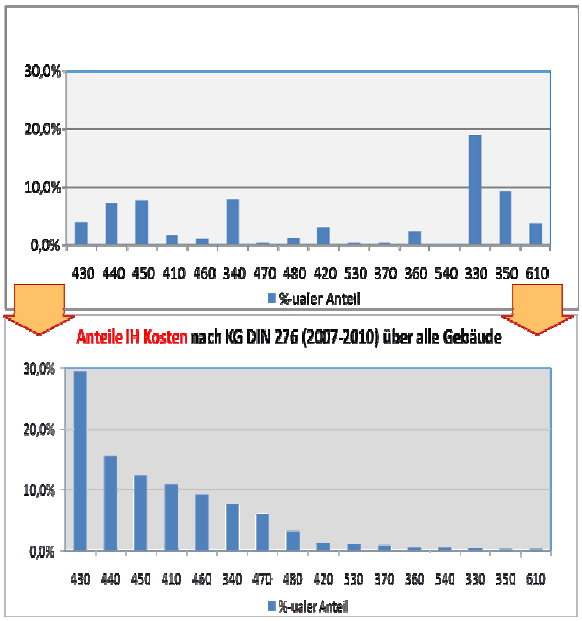
WEITERFÜHRENDE FORSCHUNGSAUFGABE

Das beschriebene Gedankenexperiment dient zur Klärung des weiteren Vorgehens in der Forschung. Tatsächlich ist sowohl bei Fraport als auch bei den anderen Forschungspartnern der angedachte Berechnungsweg zurzeit aufgrund fehlender Daten nicht möglich.

Bei einer Umsetzung dieser Benchmark Methode mit Investitionsprofilen realisierter Fraport- Projekte, ist davon auszugehen, dass die im Folgenden nur beispielhaft angegebenen IH-Relevanz-Faktoren des Gedankenexperiments anders ausfallen – mit deutlichen Unterschieden für Verwaltungsgebäude, Parkhäuser oder Terminals.

In Abb. 7-6 besagt der (beispielhaft grob ermittelte) Relevanzfaktor 10 für RLT Anlagen: Wenn ein Anteil von ca. 3% der Investitionssumme eines Bauprojektes für die Lüftungstechnik benötigt wird, und durchschnittlich 3% des installierten Anlagevermögens die Lüftungstechnik betrifft, resultiert daraus ein durchschnittlicher Anteil von ca. 30% bei den Instandhaltungskosten[71]. Entsprechende Verhältniswerte gelten für andere Faktoren der IH Relevanz.

[71] In den zur Verfügung gestellten Instandhaltungsdaten bei Fraport wurden für jedes erfasste Jahr (2008 bis 2010) nahezu gleiche Standortprofile, also ähnliche %-Anteile für die Kostengruppen ermittelt



KG 430 Lüftungsanlagen

$$\text{IH Relevanz KG 430} = \frac{\text{Ca. 30\% S-IH-Kosten}}{\text{Ca. 3\% S-Investitionskosten}} = \text{ca. 10}$$

KG 460 Fördertechnik

$$\text{IH Relevanz KG 460} = \frac{\text{Ca. 9 \% S-IH-Kosten}}{\text{Ca. 1,6 \% S-Investitionskosten}} = \text{ca. 5,6}$$

KG 330 Außenwände

$$\text{IH–Relevanz KG 330} = \frac{\text{ca. 1 \% S-IH-Kosten}}{\text{ca.19 \% S-Investitionskoster}} = \text{ca. 0,05}$$

Abb. 7-6: IH-Relevanz-Faktoren eines Gedankenexperiments (Quelle: Fraport / Prof. Balck)

Alle folgenden %-Werte und IH-Relevanz-Faktoren sind nur Beispiele zur Darstellung der Benchmark-Methode und müssen mit realen Projektdaten neu ermittelt werden.

- Die Kostengruppe Raumlufttechnik (KG 430) hat im gesamten Kostenvolumen bei Fraport einen Prozentsatz von 30% der gesamten IH-Kosten. Beim Referenzgebäude beträgt der Anteil der Investitionskosten dieser KG ca. 3%. Der IH-Relevanzfaktor beträgt ca. 10
- Die Kostengruppe Starkstromanalagen, insbesondere Beleuchtung (KG 440) hat bei Fraport einen Prozentsatz von 16% der gesamten IH-Kosten. Beim Referenzgebäude beträgt der Anteil der Investitionskosten dieser KG ca. 8%. Der IH-Relevanzfaktor beträgt ca. 2
- Die Kostengruppe Fernmelde- und Informationstechnische Anlagen (KG 450) haben im gesamten Kostenvolumen bei Fraport einen Prozentsatz von 12% der gesamten IH-Kosten und in dem Vergleich zum Referenzgebäude einen Anteil von ca. 8%. Der IH-Relevanzfaktor beträgt ca. 1,5
- Die Kostengruppe Innenwände (KG 340) hat im gesamten Kostenvolumen bei Fraport einen Prozentsatz von 9% der gesamten IH-Kosten und in dem Vergleich zum Referenzgebäude einen Anteil von ca. 9%. Der IH-Relevanzfaktor beträgt ebenfalls ca.1
- Bei der Baukonstruktionskostengruppe 330 – Außenwände – sind in der Instandhaltung kaum nennenswerte Anteile (ca. 1%), im Referenzgebäude dagegen ca. 19% der Investitionsanteile. Der IH-Relevanzfaktor beträgt ca. 0.05%

Ein wesentlicher Grund für den geringen Anteil der Baukonstruktionen in den Instandhaltungskosten liegt in den auseinander klaffenden Nutzungsdauern zwischen Bestandteilen der Baukonstruktion und Bestandteilen der Technischen Anlagen. Damit einher geht die Buchungsregel für die Kostenerfassung in der Instandhaltungssoftware: Erfasst wurden nur Ersatzmaßnahmen von Bauteilen ohne Kosten für große Instandsetzungen oder umfangreiche Maßnahmen der Sanierung, Modernisierung bzw. Umbaumaßnahmen.

Die Fokussierung auf Strategische Kostengruppen/ Bauteile führte unser Forschungsteam zu der Frage, in welchem Verhältnis die ermittelten IH-Kosten zu den ursprünglichen Investitionskosten stehen. Wie schon ausgeführt, war es nicht möglich, diesen Vergleich durchzuführen (das gilt für alle Forschungspartner)[72]. Aus diesem Grunde haben wir aus vergleichbaren Forschungsarbeiten ein Bauprojekt ausgewählt, das im Technisierungsgrad und in der Konditionierung der vorhandenen Büroräume Ähnlichkeiten mit Terminals und hochtechnisierten Bürogebäuden, wie sie bei Fraport bestehen, aufweist[73]. Abb. 7-6 enthält eine Projektion aus den zuvor in Abb. 7-5 dargestellten Auswertungen. Dadurch wurde aus dem Referenzgebäude nur der Teil von investiven Kostengruppen der DIN 276 ausgewählt, die unmittelbar dem Standortprofil der Fraport IH-Kosten entsprechen. Im Einzelnen ist nun folgender Vergleich als Tendenzaussage[74] aufschlussreich. Verglichen werden Anteile in Prozent zwischen den gesamten IH-Kosten bei Fraport zu den gesamten Investitionskosten des Referenzgebäudes:

Umkehrung der Kostenverteilung zwischen Investitionskosten und Instandhaltungskosten der TGA – und dazu gegenläufige Kostenverhältnisse bei Baukonstruktionen

Auf der höchsten Klassenebene (alle Bauwerke, alle Gliederungsebenen) wird deutlich, welche Kostengruppen für den Betrieb der Bauwerke von Bedeutung sind. Die Auswertungen ergeben in aufsteigender Sortierung Einblick in die Folgekostenstruktur der Instandhaltung des in den betrachteten Immobilien realisierten Anlagevermögens.

Interessant im Tabellenvergleich der Kostengruppen zwischen Investitionsanteilen und Anteilen der IH-Kosten sind die unterschiedlichen Verhältnisse der KG 300 und KG 400.

Insbesondere das Kostenverhältnis der IH-Kosten zwischen KG 300 und KG 400 ist eine Umkehrung gegenüber den Investitionskosten in den gleichen KGs. Die Gründe für dieser Verwerfungen zwischen Folgekosten und Investitionskosten sind offenkundig: Technische Anlagen sind wartungsintensiv, störungsintensiv und instandsetzungsaufwendig.

[72] Dieser Sachverhalt ist keine Besonderheit der Forschungspartner, sondern ein Regelfall. Auch aus diesem Grunde war es bisher nicht möglich, Nutzungskosten zu den objektbezogenen Investitionskosten auszuwerten.
[73] Es handelt sich um ein modernes Bürogebäude mit 100 Mio. € Investitionssumme. Dazu wurden auch Lebenszykluskostenanalysen im IPS-Institut ermittelt.
[74] Mit Tendenzaussage benennen wir ein Forschungsergebnis, das noch nicht durch exakte Zahlen und statistische Vergleiche validierbar ist. Dennoch meinen wir, mit der dargestellten Größenordnung von Kostenverhältnissen zwischen Investitionskosten eines Referenzobjektes und typischen IH-Folgekosten, eine grobe Charakterisierung vornehmen zu können.

Sie haben zudem besonders in den Kleinkomponenten (z.B. Filter, Leuchtmittel, u. dgl.) relativ kurze Lebensdauern. Umgekehrt sind langlebige Baukonstruktionen innerhalb ihrer Nutzungsdauern weitgehend wartungsfrei, störungsfrei und haben nur geringen Bedarf für Instandsetzungen.

WEITERFÜHRENDE FORSCHUNGSAUFGABE

Darstellung von Standortprofilen als „strategische Muster“ des Energieverbrauchs – Forschungsaufgabe zur Weiterentwicklung des LifeCycle Benchmarking

Die in aufgeführten Parallelen zwischen IH-Kosten und Energieverbrauch innerhalb gleicher strategischen Kostengruppen ließen sich methodisch in gleicher Weise als Relevanzbaum darstellen. Vermutlich würde sogar ein ähnliches Bild in der Rangordnung der investiven Kostengruppen mit zugeordneten Energieverbräuchen ergeben. Tatsächlich ist aber eine solche Auswertung zurzeit auch bei den Forschungspartnern aufgrund mangelnder Daten nicht möglich. Hier besteht ein Ansatz für die Weiterentwicklung des LifeCycle Benchmarking in zukünftigen Entwicklungs- und Forschungsarbeiten.

8 LC-Auswertungen - LifeCycle Benchmarks ausgewählter technischer Anlagen

Die in Kapitel 4.2.2 vorgestellte Polarität zwischen Instandhaltungskosten und objektbezogenen Energiekosten für Technische Anlagen und energieverbrauchende Geräte/ Komponenten ist asymmetrisch. Objektbezogene Energiekosten können nicht durchgängig in der gleichen Erfassungsbreite und -tiefe wie für Instandhaltungskosten ermittelt werden. So haben z.B. Brandschutzklappen ungewöhnlich hohe IH-Folgekosten aber keine oder keine nennenswerten bauteileigenen Energieverbräuche. Der methodische Ansatz der Polarität von Instandhaltungsaufwand und Energieverbrauch gilt also nur dann, wenn die Asymmetrie nicht zu groß ist. Zu solchen Objekten gehören Lüftungstechnische Anlagen (RLT-Anlagen) und Aufzüge. Wir haben uns deswegen beispielhaft auf diese Lebenszyklusobjekte konzentriert, die bei allen Forschungspartnern zugleich einen hohen Stellenwert bei Lebenszykluskosten und im Hinblick auf die funktionale Nutzbarkeit in den betrieblichen Prozessen haben:

Investitionskosten von Bestandsanlagen – ein „missing link“

Wer heute in vorhandenen Gebäudebeständen für oft Jahrzehnte alte Gebäude die ursprüngliche Projektdokumentation mit Plänen und Berechnungen benötigt, hat nur in seltenen Fällen Erfolg. Diese Einsicht ist eine der Grunderfahrungen seit der Anfangsphase des Gebäudemanagement und Facility Management in den 1980er Jahren. Dort ist das „Dokumentationsproblem“ bis heute ein Gegenstand immer wiederkehrender Klagen[75]. Leider gilt der gleiche Befund auch für die Dokumentation der ursprünglichen Investitionskosten. Auch die in der Anlagenbuchhaltung geführten Daten sind dafür kein Ersatz, weil sie anders gegliedert sind und nicht die für Lebenszykluskosten erforderliche Detaillierung aufweisen. Der verbleibende Ausweg in unseren Ermittlungen der Verhältnisse von Folgekosten zu den korrespondieren – nicht dokumentierten – Investitionskosten sind klassische Verfahren der Kostenschätzung, wie sie in Planungsprozessen gebräuchlich sind. Die nun vorliegenden Ergebnisse sind ausreichend genau, um das methodische Vorgehen zu belegen. Um in Zukunft belastbare Benchmarks zu erhalten, sind aber softwaregestützte Verfahren einzusetzen, die gleichermaßen die Kosten der Investitionsphase und die Kosten nachfolgender Betriebsprozesse transparent und prüfbar abbilden.

[75] Das traditionelle Dokumentationsproblem zu bewältigen, ist leider keine Erfolgsgeschichte. Seit Ende der 80er Jahre hat man in Deutschland als Ersatz oft versucht, nachträglich durch Vor-Ort-Bestandsaufnahmen, eine brauchbare Dokumentation von Plänen zu erzeugen. Das hat allerdings erhebliche Kosten verursacht, sodass auch hier bis heute für den umfangreichen Gebäudebestand in unserem Land nur sehr rudimentäre Bestandsdokumente bestehen. Der einzige erkennbare – aber langwierige – Ausweg besteht in einem Dokumentationsmanagement, das notwendige Modernisierungen und Umbauten begleitet. Die Forschungspartner haben diesen Weg bestätigt. Er ist auch eine Voraussetzung um die in Kap. 9.0 zusammengestellten Anforderungen an eine Projektdokumentation für den Lebenszyklusansatz umzusetzen.

8.1 Vergleich des Alters von RLT-Anlagen und Aufzügen mit Lebensdauertabellen

Aufschlussreich ist der Vergleich erfasster Altersdaten und –gruppen im untersuchten Anlagenbestand der Forschungspartner mit verfügbaren gültigen Lebensdauer-Tabellen. Folgende Quellen wurden in einer Datenbank eingepflegt und verwendet:

- Leitfaden Nachhaltiges Bauen (BBSR 2009)
- Lebensdauer von Bauteilen (BTE - Bund Technischer Experten e.V.) (2008)
- Technische Lebensdauern (ifBOR - Institute for Building Operations Research)
- Lebensdauer von Bauteilen und Bauteilschichten (IEMB - Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. an der TU Berlin) (2006)
- DIN EN 13779 (2009) Lüftung von Nichtwohngebäuden
- DIN EN 15459 (2008) Energieeffizienz von Gebäuden
- VDI 2067-1 (2012) Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen

Die Tab. 2 und Tab. 3 enthalten Auswertungen aus diesen Quellen für RLT Anlagen und Aufzüge, die Min- und Max-Werte sind identifizierte Extremwerte aus allen erfassten Tabellen. Die angegebenen Mittelwerte beziehen sich auf die Gesamtheit aller Einzelangaben dieser Quellen.

KG nach DIN 276			Anlagen und Bauteile	Ergebnis über alle Quellen in Jahren		
3. KG-Stelle	4. KG-Stelle	5. KG-Stelle		Min.	Mittel	Max.
430			**Lufttechnische Anlagen**			
431			**Lüftungsanlagen**			
	4311		**Lüftungsanlagen Bauelemente des Luftverteilunssystems**			
		4311-01	Lüftungsanlagen Bauelemente des Luftverteilunssystems, Brandschutzklappen	10	23	40
		4311-03	Lüftungsanlagen Bauelemente des Luftverteilunssystems, Jalousieklappen	20	30	40
	4312		**Lüftungsanlagen Luftbefeuchter**			
		4312-01	Lüftungsanlagen Luftbefeuchter, Dampfbefeuchter mit eigenem Dampferzeuger	4	11	25
		4312-02	Lüftungsanlagen Luftbefeuchter, Dampfbefeuchter ohne eigenen Damperzeuger	4	16	35
	4313		**Lüftungsanlagen Luftfilter**			
		4313-01	Lüftungsanlagen Luftfilter, Elektrofilter	10	15	20
		4313-02	Lüftungsanlagen Luftfilter, Rollbandfilter	1	10	20
	4314		**Lüftungsanlagen Luftfördereinrichtung**			
		4314-01	Lüftungsanlagen Luftfördereinrichtung, Dämmung	20	30	40
		4314-02	Lüftungsanlagen Luftfördereinrichtung, Luftkanäle	30	30	40
		4314-03	Lüftungsanlagen Luftfördereinrichtung, Ventilatoren	15	24	40
	4315		**Lüftungsanlagen Wärmeüberträger,**			
		4315-01	Lüftungsanlagen Wärmeüberträger, Elektro-Lufterhitzer	10	19	20
		4315-02	Lüftungsanlagen Wärmeüberträger, Kreuzstrom-Wärmeübertrager	10	23	25
		4315-03	Lüftungsanlagen Wärmeüberträger, Kühldecken	10	18	30

Tab. 2: Auswertung von Nutzungsdauerdaten für RLT Anlagen aus verfügbaren gültigen Tabellen (Quelle IPS)

KG nach DIN 276			Anlagen und Bauteile	Ergebnis über alle Quellen in Jahren		
3. KG-Stelle	4. KG-Stelle	5. KG-Stelle		Min.	Mittel	Max.
460			**Förderanlagen**			
461			**Aufzugsanlagen**			
	4611		**Aufzugsanlagen, Aufzugschachtbekleidungen, Lastenaufzüge und Panoramaaufzüge**			
		4611-01	Aufzugsanlagen Aufzugschachtbekleidungen	20	40	50
		4611-02	Aufzugsanlagen Lastenaufzüge	20	40	50
		4611-03	Aufzugsanlagen Panoramaaufzüge	20	40	50
	4612		**Aufzugsanlagen Personenaufzüge**			
		4612-01	Aufzugsanlagen Personenaufzüge, hydraulisch	20	35	50
		4612-02	Aufzugsanlagen Personenaufzüge, seilbetrieben	20	40	50
469			**Förderanlagen, sonstiges**			
	4691		**Förderanlagen, sonstiges Antriebselemente**			
		4691-01	Förderanlagen, sonstiges Antriebselemente, Antriebskupplungen	10	20	30
		4691-02	Förderanlagen, sonstiges Antriebselemente, Elektromotore	10	23	40
		4691-03	Förderanlagen, sonstiges Antriebselemente, Getriebe	10	25	40
		4691-04	Förderanlagen, sonstiges Antriebselemente, Kettentriebe	3	15	25
		4691-05	Förderanlagen, sonstiges Antriebselemente, Riementriebe	1	7	15

Tab. 3: Auswertung von Nutzungsdauerdaten für Aufzugsanlagen aus verfügbaren gültigen Tabellen (Quelle IPS)

Da Lebensdauertabellen prinzipiell nur Bauteil-Lebensdauern enthalten, ist der Vergleich mit dem Anlagenalter in den erfassten Beständen nur im Hinblick auf die Größenordnung möglich:

- Bei den untersuchten RLT-Anlagen stimmen die Real-Lebensdauern mit den Mittel- und Max-Werten überein.
- Bei den erfassten Aufzügen sind die Ergebnisse je Forschungspartner unterschiedlich.

Aber auch dieser festgestellte Sachverhalt ist nur das Ergebnis einer methodischen Annäherung. Erst wenn in gleicher Richtung umfangreiche Datenbestände empirisch und systematisch verglichen werden, lassen sich die Orientierungswerte aus allgemeinen Tabellen auf ihre Realitätsnähe überprüfen – bzw. nach Nutzungsweisen, Bautypen oder anderen Kriterien spezifizieren.

8.2 Energieeffizienzklassen und Verbrauchswerte von Technischen Anlagen

8.2.1 Probleme der Verknüpfung von IH-Kennwerten und Energiekennwerten bei Technischen Anlagen

Die in den vorangegangenen Ausführungen aufgezeigte Polarität der großen Kostentreiber IH-Kosten und Energiekosten durch den Betrieb Technischer Anlagen führt schnell zu einem methodischen „Stolperstein“. Bei der Erfassung von Energieverbräuchen hat sich seit den 1990er Jahren ein Standard etabliert, zu dem lange Zeit keine Alternative gab: die gebäudebezogene Erfassung aller energetischen Verbräuche. Das war zunächst eine Errungenschaft, denn noch zu Beginn der Einführung von Gebäudemanagement/ Facility Management in den 1980er Jahren wurden Verbräuche in vielen Liegenschaften von Un-

ternehmen und Institutionen oft nur standortbezogen gemessen und gezählt. Erst mit der konsequenten Zuordnung von energetischen Verbrauchswerten bzw. Verbrauchskosten konnte auch der Ende der 1990er Jahre stärker beachtete Nachhaltigkeitsansatz in eine messbare und überprüfbare Form gebracht werden. Dies geschah aber, weitgehend bis heute, völlig entkoppelt von den immer schon auf Bauwerk-Bestandteile ausgerichteten Erfassung und Bewertung von Instandhaltungskosten. Sobald man dies für konkrete Einzelanlagen und darüber hinaus für identifizierte strategische Bauteile verursacht, entsteht aber nicht nur ein erfassungstechnisches Datenproblem. Hinzu komm durch die Unterscheidung von thermischem Energieverbrauch (Heizenergie) und elektrischer Energie ein grundlegendes Problem der Objektzuordnung:

- Thermische Energie in Gebäude wird wesentlich beeinflusst durch die Eigenschaften der Gebäudehülle. Das spiegelt sich in der seit 2004 eingeführten EnEV und den darin ausgewiesenen Bauteildaten mit U-Werten[76]. Die auf dieser Basis möglichen Effizienzberechnungen von Planungen wie auch von vorhandenen Gebäuden werden mit Verbrauchswerten und auf Flächeneinheiten bezogenen Kennwerten jeweils auf der Gebäudeebene dargestellt.
- Reale Verbrauchswerte technischer Anlagen, wie z.B. RLT-Anlagen, Aufzüge, Beleuchtungsanlagen mit ausgewiesen Leuchten und Leuchtmitteln, u. dgl., sind im Sinne der Ökodesign EU-Verordnung „Energy-using Products (vgl. Anhang 10), d.h. es handelt sich um Anlagen und Komponenten, die ihre eigene Funktion nur durch den Verbrauch elektrischer Energie realisieren können. Folglich sind die Verbrauchswerte auch anlagenscharf bzw. bauteilscharf erfassbar. Tatsächlich sind aber für Anlagen und Bauteile Verbrauchswerte nur in Ausnahmefällen durch Mess- und Zähleinrichtungen auswertbar.

Dieses Auseinanderklaffen von Datenerfassung, aber auch von Möglichkeiten der Optimierung des Energieverbrauchs innerhalb von Bauwerken und seiner Bestandteile ist grundsätzlich ein ernst zu nehmendes Problem für Planer, Betreiber und Eigentümer. Mit den Forschungspartnern haben wir für unsere Untersuchung einen Lösungsansatz verfolgt, indem wir dieses Problem durch den Ausschluss der Betrachtung thermischer Energie soweit verringern konnten, dass mit ausreichender Signifikanz die angestrebte Koppelung von IH-Kosten und Kosten elektrischer Energie für ausgewiesene Lebenszyklusobjekte darstellbar wurden.

[76] Die EnEV ist in ihren Ursprüngen dominant auf die Eigenschaften der Bauteile von Gebäudehüllen ausgerichtet. Die hinterlegten Referenzwerte technischer Anlagen hatten bislang einen eher sekundären Hintergrund. Erst in der Fassung 2011 werden auch energetische Eigenschaften technischer Anlagen genauer betrachtet.

8.2.2 Bewertung Technischer Anlagen nach Energieeffizienzklassen

Die Ermittlung von Energiekosten ist in den letzten Jahren bei Fraport begonnen worden. Die

Tab. 4 enthält eine Übersicht von zurzeit durchgeführten Ermittlungen für Energieverbrauchswerte. Dabei wurden alle Werte aus Zählerdaten ermittelt. Die Zuordnung zu Gebäudeflächen nach NGF zeigen sehr unterschiedliche Kennwerte in einer erheblichen Bandbreite (max. Unterschied Faktor 20). Die

Tab. 4 ist eine Zusammenfassung dieser Einzelwerte durch Sortierung nach Gebäudeclustern mit Mittelwerten.

Grobcluster Gebäude	Kennwert Strom Mittelwert	Kennwert Wärme Mittelwert	Anzahl der Gebäude auf denen die Kennwerte beruhen
DLH-Basis (Logistik)	515 kWh/m²	427 kWh/m²	1 Gebäude
Service-Verwaltungs-gebäude	205 kWh/m²	230 kWh/m²	14 Gebäude
Terminal	326 kWh/m²	264 kWh/m²	1 Gebäude

Tab. 4: Energieverbrauchskennwerte von Gebäudeclustern (Quelle: Fraport)

Solche Flächenbenchmarks eignen sich aber nicht unmittelbar für die Anlagen-Optimierung, denn die Unterschiede resultieren aus sehr verschiedenen Kostentreibern und anlagenbezogenen bzw. bauteilbezogenen Effizienzfaktoren. Zu deren Aufdeckung und Analyse ist ein vertiefender Ansatz erforderlich. Der dafür notwendige Bearbeitungsaufwand ist aber im Rahmen dieses Forschungsvorhabens nicht möglich. Deswegen wurden zur Entwicklung des methodischen Ansatzes Anlagen ausgewählt, die gleichermaßen energetisch und im Hinblick auf den beeinflussbaren Instandhaltungsaufwand von Interesse sind: Aufzüge und Raumlufttechnische Anlagen (RLT).

8.3 Bewertung Lüftungstechnischer Anlagen und Aufzüge nach Energieeffizienzklassen

Die Beurteilung der RLT in ausgewählten Bestandsgebäuden für 15 RLT-Anlagen wurde in erster Linie anhand von Anlagenschemata durchgeführt. Die daraus ersichtlichen Regelstrategien mit den Bauteilen der thermischen Behandlung, wie Erhitzer und Wärmerückgewinnung für Zu- und Abluft, ermöglichen die Klassifizierung der Energieeffizienz nach DIN EN 15232[77]. Da uns für die Berechnung nach DIN V 18599 keine ausreichende Detaildaten zu den Gebäuden vorlagen, haben wir uns für die EN 15232 mit einem ver-

[77] gemäß DIN EN 15232 (2012-09) Energieeffizienz von Gebäuden – Einfluss von Gebäudeautomation und Gebäudemanagement

einfachten Verfahren entschieden. Der Fokus liegt hier auf den Auswirkungen der Gebäudeautomation auf die Energieeffizienz. Zur Bewertung der RLT-Anlagen musste das Verfahren jedoch modifiziert werden, da die EN 15232 die Betrachtung eines Gebäudes als Ganzes und nicht die Energieeffizienz einzelner Anlagen vorsieht. So wird bei den RLT Anlagen nur das Einsparpotenzial der elektrischen Verbraucher in Abhängigkeit von Energieeffizienzklassen berücksichtigt. Die Auswirkungen der thermischen Einsparpotentiale mussten für die Untersuchung anhand der uns bekannten Volumenströme und den aus ähnlichen Anwendungsfällen ermittelten Kennwerten geschätzt werden. Das Ergebnis ist eine erste Einschätzung des Energieeinsparpotentials und möglicher Maßnahmen, um jeweils höhere Effizienzklassen zu erreichen. Zusätzlich wurde die Amortisation der Investitionskosten grob in drei Kategorien ermittelt. Optionen für die Umsetzung der Maßnahmen bewegen sich in einem Amortisationsfeld kleiner 5 Jahre.

Bewertung von Aufzugsanlagen nach Energieeffizienzklassen gemäß VDI 4707

Die VDI-Richtlinie 4707/ Teil1 ermöglicht die Ermittlung von Energieeffizienzklassen für Aufzüge. Grundlage der Berechnung sind die Parameter Stillstandbedarf und Fahrtbedarf. Der daraus ermittelte spezifische Energiebedarfswert wird in mWh pro kg Nennlast und zurückgelegtem Meter Fahrstrecke angegeben. Die Messung des Stillstandbedarfs erfolgt 5 Minuten nach Beendigung der letzten Fahrt. Erfolgskritisch sind Komponenten, die zur Betriebsbereitschaft oder zum Betrieb beitragen (vgl. Entwurf 4707/ Teil 2). Dazu gehören:

- Beleuchtung der Aufzugkabine
- Steuerung des Aufzugs
- Frequenzumrichter des Aufzugs
- Druckknöpfe in der Kabine des Aufzugs
- Druckknöpfe auf den Etagen
- Anzeige auf den Etagen
- anteiliger Verbrauch durch eine Aufzugsgruppensteuerung

Je nach Energiebedarfswert erfolgt für die Parameter Stillstandbedarf und Fahrtbedarf getrennt eine Zuordnung zu einer Energiebedarfsklasse von A bis G (Tab. 5).

Tabelle 3. Energiebedarfsklassen für den Stillstand / Table 3. Energy demand classes for standby

Leistung / Output in W	≤ 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	≤ 1600	> 1600
Klasse / Class	A	B	C	D	E	F	G

Tabelle 4. Energiebedarfsklassen für das Fahren / Table 4. Energy demand classes for travel

Spez. Energieverbrauch / Specific energy consumption in mWh/(kg m)	≤ 0,56	≤ 0,84	≤ 1,26	≤ 1,89	≤ 2,80	≤ 4,20	> 4,20
Klasse / Class	A	B	C	D	E	F	G

Tab. 5: Energiebedarfsklassen Stillstand und Fahren (Quelle: VDI 4707-1)

Aufzugsanlagen wurden bei allen Forschungspartnern hinsichtlich der Instandhaltungsdaten erfasst und ausgewertet (370 Aufzüge bei Fraport, 100 Aufzüge bei Audi, 90 Aufzüge bei UKL). Energetische Daten wurden bei Fraport für 100 Aufzüge und bei UKL für 2 Beispielaufzüge ermittelt. Die detaillierte Feinanalyse von Energieeffizienzklassen war aber im Rahmen der bisherigen Forschungsaufgaben nicht vorgesehen und wird als weiterführende Umsetzung vorgeschlagen[78].

8.4 Ermittelte LifeCycle Benchmarks von RLT-Anlagen auf Basis ausgewerteter Instandhaltungskosten bei Fraport

8.4.1 Abhängigkeit der Instandhaltungskosten vom Alter der Anlagen

Der im Betrieb von Maschinen und Industrieanlagen seit langem bekannte Verlauf des Instandhaltungsaufwandes entspricht der „Badewannenkurve“. Danach sind in der Anfangsphase der Nutzungsdauer Störungen und ggf. technische Anpassungen relativ hoch. In der Normalphase der Nutzung (z.B. über 10-20 Jahre) verläuft der IH-Aufwand in weitgehend unveränderter Höhe. Nach Überschreiten einer anlagenabhängigen Altersgrenze steigen Entstörungen und Instandsetzungen rapide an. Wenn dies geschieht, wird der Betrieb durch die Kosten der Betriebsführung, Reparaturen und Ersatzteile sehr bald unwirtschaftlich. Wenn dann keine Ersatzinvestitionen erfolgen, wird in der Fachwelt von einem „Instandsetzungsstau“ gesprochen

[78] Die Umsetzung der Forschungsergebnisse für die untersuchten Aufzüge kann in Qualitätszirkeln erfolgen. Das Ziel ist die Identifizierung von Aufzügen, in denen zugleich geringe Energieeffizienzklassen und ausgewiesene überproportional hohe Instandhaltungskosten in einer „Rang A Liste“ zusammengestellt werden können. In anschließenden Untersuchungen kann herausgefunden werden, welche Bauteile wirtschaftlich effizient ausgetauscht werden sollten.

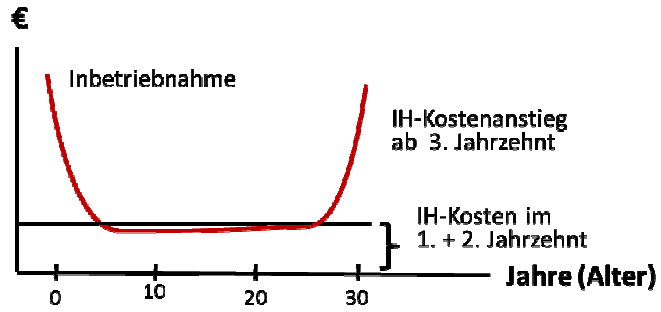


Abb. 8-1: IH Kosten als Badewannenkurve im Zeitverlauf

Aufgrund der bei Fraport mit der SAP PM Instandhaltungssoftware nach Baujahren erfassten technischen Anlagen konnten wir durch Zuordnungen der Instandhaltungskosten zeitlich nach dem Alter der Einzelanlagen ordnen. In Tab. 6 wurden jahresbezogene IH-Kosten-Kennwerte (Verhältnis der IH-Kosten zu den geschätzten Investitionskosten) von RLT-Anlagen in zwei Altersklassen unterschieden (bis 22 Jahre und älter 30 Jahre). Bei den IH-Kostenfaktoren unterscheiden sich die Extremwerte mit dem Faktor 3 bis 4. D.h. RLT-Anlagen haben um das Dreifache höhere IH-Kosten, wenn sie älter als 30 Jahre sind. Diese aufschlussreichen Kostensprünge entsprechen dem Badewannenverlauf. Die „Badewannenkurve“ ist ein Grundbegriff der Instandhaltung. Er bezeichnet im zeitlichen Verlauf der gesamten Lebensdauer einer Anlage oder eines Bauteils die Häufigkeit von Störungen, bzw. Ausfällen und Instandsetzungen. Die Badewannenkurve ist 3-teilig: Am Anfang eine schnell abnehmende Störungsrate, im mittleren, zeitlich langen Teil, eine konstante Störungsrate und im Endteil eine zunehmende Störungsrate. Die erste Phase wird auch als „Frühausfälle“ bezeichnet. Sie beginnt mit der Inbetriebnahme und endet im ersten oder zweiten Betriebsjahr. In der zweiten Phase wird von „Zufallsausfällen“ gesprochen. Die durch Verschleiß/ Abnutzung/ Alterung bedingten Ausfälle in der dritten Phase sind für unsere Untersuchung besonders interessant für Optimierungsansätze im Zuge von Erneuerungen. Da reale Zeitreihen aufgrund der verfügbaren Daten (nur Daten von 2008 – 2010) nicht gebildet werden können, sprechen wir von „Virtuellen Badewannenkurven“. Die bisherigen Auswertungen sind vorläufig und bedürfen umfassender weiterer empirischer Untersuchungen. Sie bestätigen aber eine wichtige methodische Forderung, dass IH-Kosten und Energiekosten auf Anlagennummern und ggf. Einzelkomponenten für Lebenszykluskostenanalysen erfassbar[79] sein müssen.

[79] Bei den Energiekosten konnten wir in den vorläufigen Berechnungen noch keine altersbedingten Unterschiede nachweisen. Das wäre aber möglich, wenn man die vorhandenen Anlagen nach Energieeffizienzklassen gemäß DIN EN 15232 beurteilt

Alter RLT-Anlagen	Anzahl RLT-Anlagen	∑ Investition	1 Jahre		10 Jahre	
			Kosten	Faktor	Kosten	Faktor
IH-LZK-Faktor (Verhältnis IH-Kosten zu Investition)						
zw. 15-22 Jahre	11	3.449.240 €	109.317 €	0,03	1.196.988 €	0,3
> 30 Jahre	4	622.900 €	67.541 €	0,11	739.554 €	1,2
E-LZK-Faktor (Verhältnis Energiekosten zu Investition)						
zw. 15-22 Jahre	11	3.449.240 €	171.450 €	0,05	1.877.330 €	0,5
> 30 Jahre	4	622.900 €	29.722 €	0,05	325.450 €	0,5
TE-LZK-Faktor (Verhältnis therm. Energiekosten (Wärme, Kälte) zu Investition)						
zw. 15-22 Jahre	11	3.449.240 €	28.869 €	0,01	359.279 €	0,1
> 30 Jahre	4	622.900 €	5.391 €	0,01	67.191 €	0,1
LZK-Faktor (Verhältnis Energiekosten+IH-Kosten zu Investition)						
zw. 15-22 Jahre	11	3.449.240 €	309.636 €	0,09	3.433.597 €	1,0
> 30 Jahre	4	622.900 €	102.654 €	0,16	1.132.195 €	1,8

Tab. 6: Folgekosten-Faktoren für RLT Anlagen in Abhängigkeit vom Alter der Anlagen – (Quelle Fraport)

Software- und Datenbasis Instandhaltungsdaten RLT Anlagen

IH-Software bei Fraport: SAP PM

IH-Software bei Audi: MAXIMO

IH-Software bei UKL: FAMOS bis 06/2011; SAP PM ab 07/2011

Datenbasis Energiedaten RLT Anlagen

Gebäudebezogene Zählerdaten und Rechenmodellelle bei Fraport

8.4.2 Folgekosten-Faktoren von RLT Anlagen

In Abstimmung mit dem Forschungspartner Fraport wurden für ausgewählte Bürogebäude mit hohem Technikanteil einer vertiefenden Analyse der Lebenszykluskosten unterzogen. Dazu wurden in diesen Gebäuden ausschließlich RLT-Anlagen betrachtet. Es wurden ermittelt:

- Investitionskosten der RLT-Anlagen als Wiederbeschaffungswert. Dazu wurde auf der Basis einer professionellen Kostenschätzung, wie sie in technischen Planungen üblich ist, die Investitionskosten der Gesamtanlagen[80].
- Die anlagenbezogenen IH-Kosten wurden auf der Basis der verfügbaren SAP-Daten nach dem Verhältnis der Volumenströme der RLT-Anlagen proportional aufgeschlüsselt. Die energetischen Kosten für den spezifischen Stromverbrauch (durch Ventilatoren und andere Strom verbrauchenden Komponenten) wurde auf

[80] Die Ermittlungsgrundlage zur Berechnung geschätzter Investitionskosten für RLT-Anlagen sind folgende Anlagenmerkmale: Volumenstrom / Heizen / Kühlen / Befeuchten / Entfeuchten und Kostenkennwerte der TGA KO der staatlichen Vermögens- und Hochbauverwaltung (siehe TGA KO (2008)

der Basis des ermittelten Anschlusswertes (planerisch geschätzt) und eines anlagenbezogen angesetzten Nutzungsprofils mit Betriebszeiten grob ermittelt.

Auf dieser dreiteiligen Kostenbasis – Investitionskosten / IH-Kosten / Stromverbrauch - wurden jahresbezogene Folgekosten in einem Betrachtungszeitraum über 30 Jahre errechnet. Die Abb. 8-2 ist eine beispielhafte Darstellung für eine ausgewählte Einzelanlage und die Abb. 8-3 zeigt die aufsummierten Kosten aller betrachteten Anlagen. Sie zeigen den Kostenverlauf unter Berücksichtigung von zugeordneten Preissteigerungsraten auf der Basis von Kennwerten des statistischen Bundesamtes (siehe Anhang).

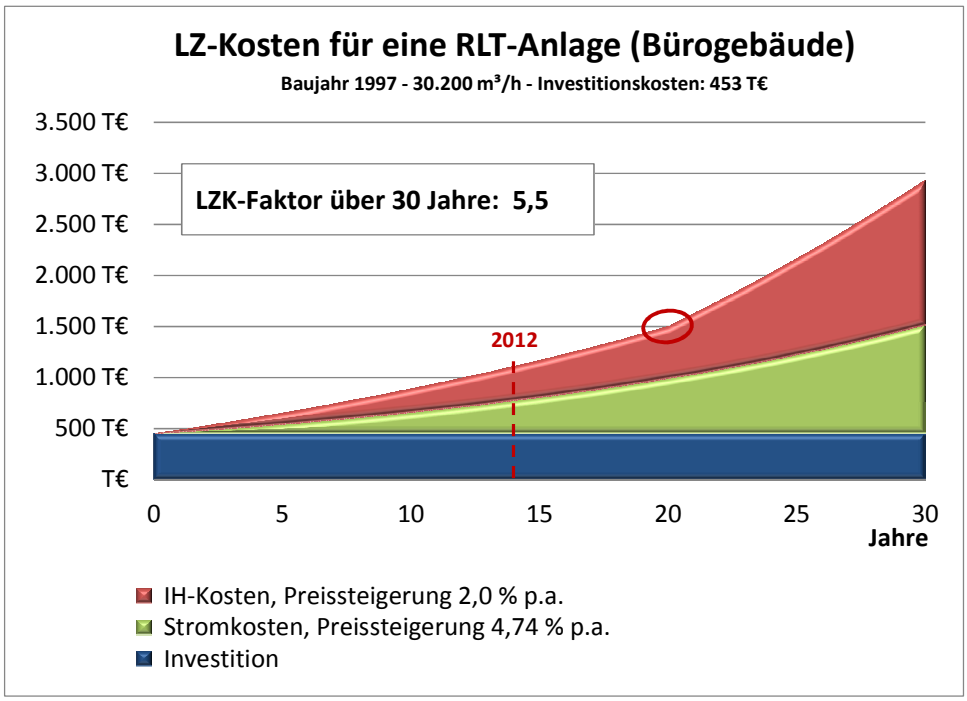


Abb. 8-2: Lebenszykluskosten und LZK-Faktor für eine RLT-Anlage im Betrachtungszeitraum 30 Jahre (Quelle IPS / Fraport)

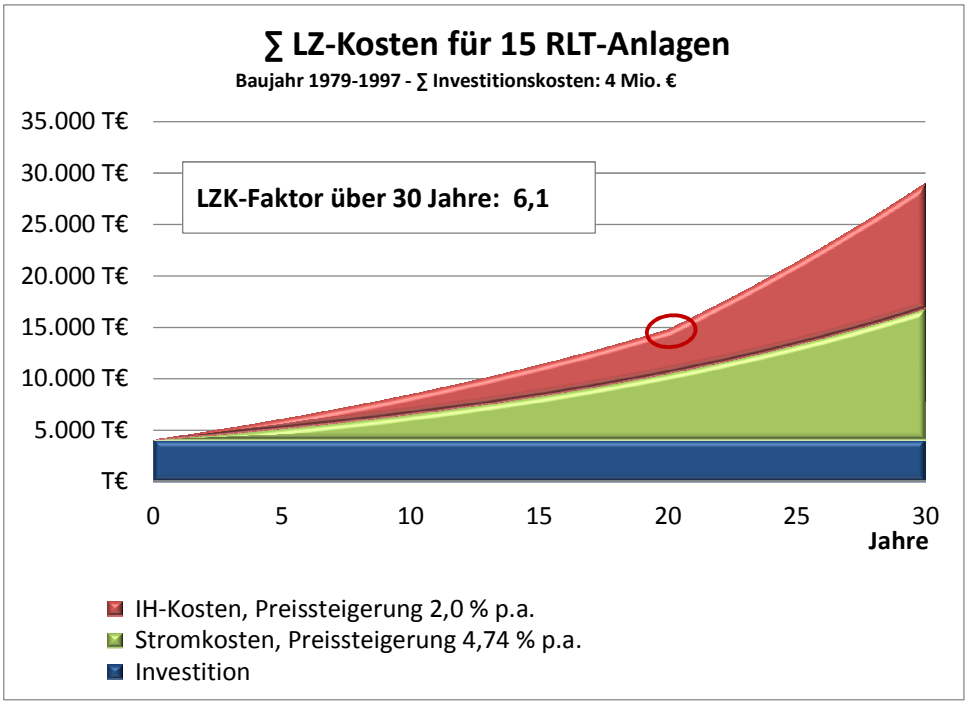


Abb. 8-3: Lebenszykluskosten und LZK-Faktor für 15 RLT-Anlage im Betrachtungszeitraum 30 Jahre (Quelle IPS / Fraport)

Im Interesse einer historisierenden Darstellung der Kostenentwicklung wurde auf eine Berechnung nach der Barwert-Methode verzichtet[81.] Als Forschungsergebnis halten wir fest, dass solche Darstellungen in der Fachwelt bislang nicht üblich sind. Wir wollen aber anregen, die Koppelung von IH-Kosten und zuordnungsfähigen energetischen Kosten zum Gegenstand für Bestandsoptimierungen und Effizienzstrategien in der Entwurfsarbeit bei Neubau- und Umbauprojekten zugrunde zu legen. Für die dargestellte Einzelanlage wird dazu schematisch ein mögliches Einsparpotenzial erkennbar gemacht. Dabei geht es neben der ablesbaren Größenordnung der Kosten im Zeitverlauf, vor allem um den methodischen Nachweis gekoppelter Potenziale, durch Effizienzverbesserungen bei Energieverbrauch und Instandhaltung im Anlagenbetrieb. So bewirkt z.B. bei RLT-Anlagen die Veränderung eines 24-Stunden-Betriebs auf einen 12-Stunden-Betrieb die Verringerung des thermischen Energieverbrauchs und des Stromverbrauchs. Indirekt verringern sich durch die Reduzierung von Gerätelaufzeiten Instandhaltungsaufwendungen.

[81] Die in der Fachwelt verbreiteten Berechnungen von Lebenszykluskosten mithilfe der Barwert-Methode haben wir nicht verwendet (keine Diskontierung), weil die Forschungspartner auf der Basis von prognostizierten Jahresbudgets historisch konkret anfallende Instandhaltungskosten zum Vergleich benötigen. Berücksichtigt wurden allerdings Preissteigerungen nach Durchschnittswerten des Bundesamtes für Statistik (für Energie 4,74 % p.a. und für IH-Leistungen 2%).

Abb. 8-4 veranschaulicht die Doppelwirkung von Maßnahmen wie Prozessverbesserung, Bauteiltausch, Sanierung für eine 15 Jahre alte RLT Anlage. Da nach unseren Vergleichswerten in wenigen Jahren ein steiler Kostenanstieg der IH-Kosten zu erwarten ist (vgl. Tab. 6), könnten Modernisierungsmaßnahmen mit energetischen Effizienzverbesserungen bei strategischen Komponenten diesen Anstieg verringern und im günstigsten Fall normalisieren.

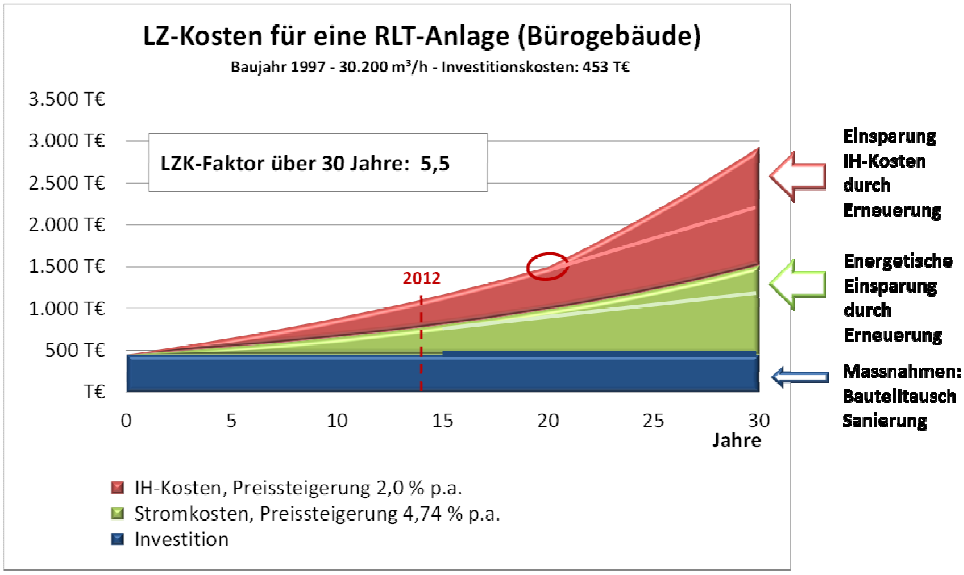


Abb. 8-4: Lebenszykluskosten und durchschnittlicher LZK-Faktor für 15 RLT-Anlagen im Betrachtungszeitraum Ermittelte LifeCycle-Benchmarks von Aufzügen

Für Aufzüge wurden bei den Forschungspartnern Fraport (ca. 370 Aufzüge), bei Audi Neckarsulm (ca. 100 Aufzüge) und beim Universitätsklinikum Leipzig (ca. 90 Aufzüge) sowohl statistisch ausgerichtete Benchmarks als auch selektive Betrachtungen im Einzelvergleich durchgeführt.

Datenbasis Instandhaltungsdaten Aufzüge

IH-Software bei Fraport: SAP PM – ca. 370 Aufzüge

IH-Software bei Audi: MAXIMO – ca. 100 Aufzüge

IH-Software bei UKL: CAFM – ca. 90 Aufzüge

Datenbasis Energiedaten Aufzüge

Temporäre Messungen und Rechenmodellelle bei Fraport und UKL

Parameter für Berechnungen nach SIA 380/4 Elektrische Energie im Hochbau

8.4.3 Instandhaltungskosten von Aufzügen

Sowohl die Gesamtzahl der Aufzüge bei jedem der beteiligten Forschungspartner aber auch Gesamtsumme aufgrund von vergleichbaren Bauweisen und technischen Merkmalen ermöglicht zumindest ansatzweise ein statistisches Herangehen. Mit den Aufzugsexperten in den beteiligten Betreiberorganisationen wurden alle erfassten Aufzugsanlagen einheitlich nach folgendem Merkmalprofil (Tab. 7) beschrieben und verglichen und auf dieser Grundlage der Wiederbeschaffungswert geschätzt:

1	Anzahl Haltestellen	
2	Geschwindigkeit	m/s
3	Anschlussleistung	kW
4	Tragkraft	kg
5	Automatische Türen	ja/nein
6	Fahrkorbtiefe	m
7	Fahrkorbbreite	m
8	Förderhöhe	m

Tab. 7: Merkmalprofil zur Ermittlung der Investitionskosten von Aufzügen

Durch die Systematik der Anlagen und Bauteilcodes in SAP bzw. die Nummerungssysteme der bei den Forschungspartnern eingesetzten CAFM-Systeme wurden drei Aufzugsklassen unterschieden:

AUFZUGSTYP 1: Seilaufzüge

AUFZUGSTYP 2: Hydraulikaufzüge

AUFZUGSTYP 3: Hybridaufzüge (Kombination aus Seilaufzug und Hydraulikaufzug)

Die verfügbaren Daten ermöglichten folgende Benchmarkarten und Benchmarkcluster:

- Durchschnittliche Stückkosten je Aufzugsart pro Jahr für unregelmäßige Instandhaltungen UIH (Entstörungen, Instandsetzungen OIH innerhalb der Nutzungsdauer der Aufzüge)
- Durchschnittliche Stückkosten je Aufzugsart pro Jahr für regelmäßige Instandhaltungen RIH (Inspektionen, Wartungen, wiederkehrende Prüfungen, u dgl.)
- Verhältniswerte UIH zu RIH (Instandhaltungsstrategie)
- Zeitanalyse der Unregelmäßigen IH-Kosten UIH und der Regelmäßigen IH-Kosten RIH in 10-Jahres-Schnitten (10 Jahre alt/ 20 Jahre alt/ älter als 20 Jahre)
- Lebenszykluskosten-Faktoren für die Instandhaltung (Verhältniswerte zwischen individuellen/ durchschnittlichen Investitionskosten zu den Folgekosten der Instandhaltung)

WEITERFÜHRENDE UNTERSUCHUNGEN

Weitergehende Benchmarks mit betrieblichen Bezugsgrößen, wie Fahrtenanzahl oder Ausfallhäufigkeiten sind sicher von Bedeutung. Hierzu fehlten aber die Daten. Solche Auswertungen sollten in anstehenden Forschungsarbeiten durchgeführt werden.

Für Aufzüge konnten die Forschungspartner Fraport und Universitätsklinikum Leipzig zwar in Einzelfällen Investitionskosten angeben. Für eine Gesamtbetrachtung haben wir aber ähnlich wie für RLT-Anlagen auf der Basis von systematischen Kostenschätzungen für alle untersuchten Aufzüge nach einer einheitlichen Methode Investitionskosten zum Wiederbeschaffungswert geschätzt[82]. Die Auswahl dieser Aufzüge erfolgte durch die Forschungspartner. Folgende Daten wurden verwendet:

- Investitionskosten waren nur in geringem Umfang verfügbar. Sie wurden nach einem einheitlichen Merkmalprofil geschätzt. Dieses Profil und die Ermittlungsmethode hat uns der Aufzugsfachplaner Friedhelm Meermann zur Verfügung gestellt.
- Die IH-Kosten wurden auf der Basis eindeutiger Anlagennummern je Aufzug durch die Forschungspartner bereitgestellt. Bei allen Forschungspartnern konnten aufgrund großer Altersunterschiede in ähnlicher Weise wie bei den RLT-Anlagen deutliche Kostensprünge bei Aufzügen in 10 Jahres Schritten nachgewiesen werden.
- Die energetischen Verbräuche wurden unterschiedlich ermittelt: Durch temporäre Messungen haben sowohl Fraport wie UKL Verbrauchswerte zur Verfügung gestellt, die dann in Hochrechnungen in unser Rechenmodell eingeflossen sind. Außerdem wurden Ergebnisse einer bei Fraport durchgeführten Untersuchung verwendet, in der Seilaufzüge, Hydraulikaufzüge und Hybridaufzüge nach einem standardisierten Rechenmodell energetisch bewertet wurden[83].

Insgesamt zeigten sich aufgrund unterschiedlicher Bauweisen der untersuchten Aufzüge (Seilaufzüge, Hydraulikaufzüge. Hybridaufzüge) unterschiedliche Kostenprofile. Die Gesamtauswertungen sind in der Dokumentation in Anhang 2-4 enthalten. Der Gesamtvergleich zeigt – wiederum als „Tendenzaussage“ – günstigere jährlichere Durchschnitts-IH-Kosten für Seilaufzüge.

Energieeffizienz und Erneuerungspotenzial von Aufzügen

[82] Die Schätzung der Investitionskosten wurde nach dem zuvor dargestellten Merkmalsprofil nach einem Rechenverfahren durchgeführt, das F. Meermann unserem Forschungsteam zur Verfügung gestellt hat. Die methodische Vorgehensweise zur Ermittlung der Wiederbeschaffungswerte hat eine Parallele zu der Berechnungsmethode nach einem Merkmalprofil für RLT-Anlagen. Für die weitere Entwicklung der Methodik des LifeCycle Benchmarking ist zu untersuchen, ob für andere strategische Kostengruppen / Bauteile ähnliche Verfahren möglich sind. Dann könnten Anforderungen an die Softwareentwicklung ggfs. vereinfacht werden (vgl. Kap. 9.0).

[83] Zur Ermittlung energetischer Verbrauchswerte und Kennwerte wurden bei Fraport zwei Verfahren angewendet: Lokale Messungen und Kennwertermittlungen nach SIA 380/4 Elektrische Energie im Hochbau.

Durch die von Alfred Wieser durchgeführte Bachelorarbeit auf der Basis von Forschungsdaten im Rahmen der Zusammenarbeit mit Fraport wurde außerdem ein Optimierungsansatz erkennbar, der für vorliegende Instandhaltungskosten und individuell für Einzelaufzüge ausgewiesene Effizienzklassen nach VDI 4707 Blatt 1 verschiedene Optimierungsansätze eröffnet[84]:

- Nach Ermittlung einer Energieeffizienzklasse gemäß VDI 4707 und der Feststellung des Alters eines Aufzuges kann für eine mögliche Erneuerungsmaßnahme das Einsparpotenzial errechnet werden. Außerdem kann bei einer vorgezogenen Erneuerung (bevor das Nutzungsende wahrscheinlich ist) ggf. ein Kostenvorteil in den Lebenszykluskosten erzielt werden.
- Die Ermittlung der Restlebensdauer geht einher mit einer Bewertung des technischen Anlagenzustandes, der sowohl im Hinblick auf Kostensprünge (Badewannenkurve) und im Hinblick auf mögliche Komfortverbesserungen die Dispositionen von Erneuerungsmaßnahmen auch in den zukünftigen Jahresplanungen unterstützt.
- Die Prognose zu erwartender Jahreskosten für Instandhaltung und Energieverbrauch auf der Basis ermittelter LZK-Faktoren innerhalb eines betrachteten Zeitraums (z.B. 30 Jahre) liefern auch Hinweise für die Aufzugsplanung, um verwertbare Lebenszykluskosten zu optimieren.

8.4.4 Folgekosten-Faktoren von Aufzügen

In einer zweiten Analyse wurden mit den beteiligten Forschungspartnern die Instandhaltungskosten der Aufzüge ein erster Abgleich mit den Energiekosten dieser Aufzüge versucht. Dabei ergab sich aber eine Reihe von Schwierigkeiten. Das Hauptproblem bestand darin, dass bisher die Energiekosten der Aufzüge nicht erfasst wurden. In der Zeit des laufenden Forschungsvorhabens konnten aber durch einzelne Messungen aufschlussreiche Ergebnisse erzielt werden, die zwar keinen Benchmarking-Ansatz aber einen methodischen Weg eröffneten, in dem zukünftig parallel zu den IH-Benchmarks auch energetische Benchmarks erfasst und zur Grundlage von Optimierungsansätzen bzw. Einkaufsentscheidungen gemacht werden können. Methodisch zeigte sich folgende Perspektive für umfassende LifeCycle Benchmarks von Aufzügen:

- Vergleich von Investitionskosten ausgewählter Aufzüge mit den zugehörigen IH-Folgekosten und entsprechenden IH-LZK-Faktoren. Mit den E-Folgekosten (Energieverbrauch) und den zugehörigen E-LZK-Faktoren.

[84] Bachelorarbeit von Alfred Wieser an der FH der SRH, August 2012

- Verhältniswerte der Investitionskosten ausgewählter Einzelaufzüge oder für Aufzugsgruppen der jeweiligen Investitionskosten zu den gesamten Folgekosten (Instandhaltungskosten + Energieverbräuche) und den entsprechend LZK-Faktoren.

Durch die Clusterung der zur Verfügung gestellten Aufzugsdaten in die Alterszeitschnitte 10 Jahre/ 20 Jahre/ älter 20 Jahre ergab sich eine eindeutige Tendenz: In den betrachteten Zeitschnitten vergrößerten sich die LZK-Faktoren deutlich je 10-Jahres-Zeitschnitt. (Tab. 8). Diese Werte waren zwar zu erwarten, aber ihr quantitatives Maß war bislang den Beteiligten unbekannt. Die tendenzielle Erhöhung der LZK-Faktoren ist auch eine Bestätigung für die in der Instandhaltungstheorie bekannten „Badewannenkurve“ (vgl. Kap. 8.1) Diese Werte sind deswegen auch ein bislang nicht verfügbarer Indikator für den Anstieg von Entstörungs-/ Instandsetzungsaufwand in den Spätphasen der Lebenszyklen betriebener Anlagen.

			IH-LZK-Faktor (Verhältnis IH-Kosten zu Investition)* Betrachtungszeitraum, dynamisch			
Alter Aufzüge	**Anzahl Aufzüge**	**∑ Investition**	**1 Jahre**		**10 Jahre**	
			IH-Kosten	**IH-LZK-Faktor**	**IH-Kosten**	**IH-LZK-Faktor**
Hydraulik						
< 10 Jahre	5	224.000 €	14.862 €	0,07	162.733 €	0,7
10 - 20 Jahren	7	423.000 €	42.893 €	0,10	469.665 €	1,1
Seil						
< 10 Jahre	36	2.318.448 €	201.155 €	0,09	2.202.592 €	1,0
10 - 20 Jahren	29	1.802.000 €	209.580 €	0,12	2.294.838 €	1,3
> 20 Jahre	13	834.000 €	113.933 €	0,14	1.247.538 €	1,5

* IH-Kosten 2010 über den Betrachtungszeitraum hochgerechnet, inkl. Preissteigerung 2 % p.a. für Service, alle Kosten netto

Tab. 8: IH-Folgekosten und IH-Folgekosten-Faktoren für Aufzugsarten in Abhängigkeit vom Alter der Anlagen – (Quelle IPS / Fraport

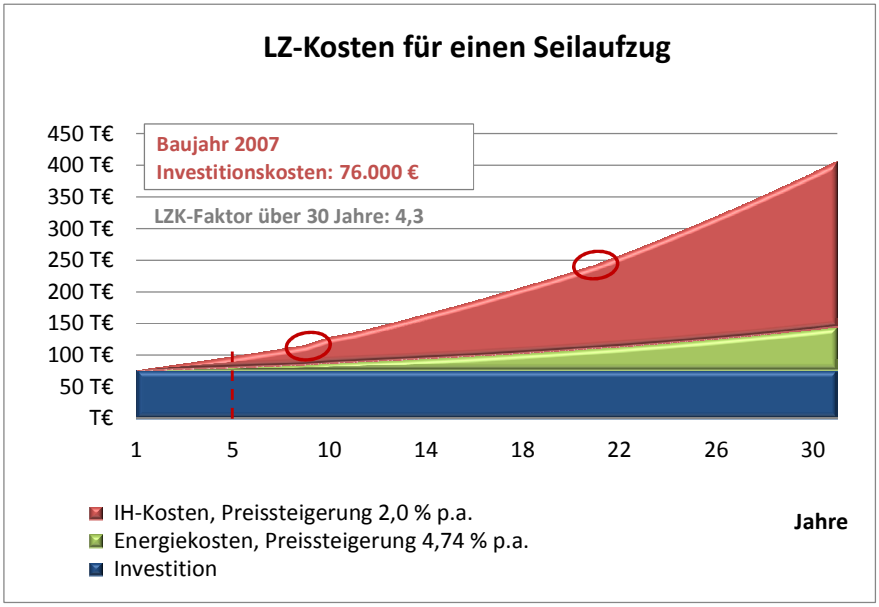


Abb. 8-5: Lebenszykluskosten und LZK-Faktor für einen 5 Jahre alten Seilaufzug in 30 Jahren (Quelle IPS / Fraport)

Die Abb. 8-5 ist eine Darstellung des zu erwartenden Verlaufs der Lebenszykluskosten für einen bestehenden 5 Jahre alten Aufzug bis zum 30. Nutzungsjahr. Abb. 8-6 zeigt die aggregierten LZK für 49 Seilaufzüge (ausgewählte Gesamtheit) idealtypisch bei gleichem Alter im Betrachtungszeitraum 30 Jahre.

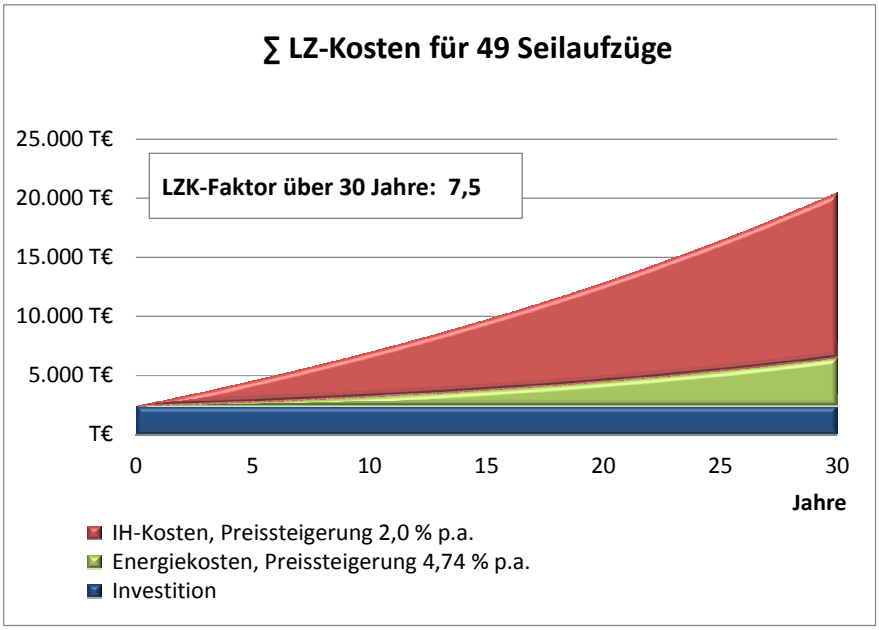


Abb. 8-6: Lebenszykluskosten und LZK-Faktor für 49 Seilaufzüge in 30 Jahren (Quelle IPS / Fraport)

8.4.5 Vorgehensmodell der Ermittlung von LifeCycle Benchmarks für Aufzüge

Folgekosten von Aufzügen aus Instandhaltungskosten und anlagenbezogenen Energieverbräuchen können nach folgenden Gesichtspunkten untersucht werden:

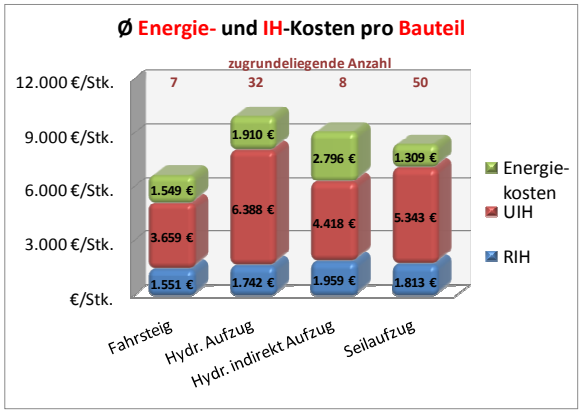
- Bauweise (Seilaufzug/ Hydraulikaufzug/ Hybridbauweise)
- Nutzungsdauer in Abhängigkeit von der Bauweise (statistischer Durchschnittswert oder Erwartungswert aus eigenen Betriebserfahrungen)
- Aus IH-Software ermittelte jährliche Kosten für UIH/ RIH
- Erfassung jährlicher Betriebsstunden (durch Fahrtenzählen und entsprechenden Zeiterfassungen)
- Ermittlung von Energieverbräuchen durch Einzelmessungen an Aufzügen

Auf der Grundlage dieser Eckdaten werden Folgekosten in Rechenmodellen ermittelt, die sowohl im Hinblick auf konkrete Einzelaufzüge oder abgegrenzte Aufzugsklassen Auswertungen ermöglichen:

- IH-Kosten (RIH/ UIH) pro Jahr
- Energiekosten je Einzelaufzug/ Aufzugsklasse pro Jahre
- Identifizieren von Kostentreibern bezogen auf Aufzugskomponenten der IH-Kosten (z.B. stark beanspruchte Bauteile, Ersatzteile)
- Energiekosten je Aufzugs/ je Aufzugsklasse pro Jahr (teilweise Hochrechnungen auf der Basis von Einzelmessungen von ausgewählten typischen Aufzügen)
- Identifizierungen von energetischen Kostentreibern nach Komponenten/ Nutzungsintensitäten u. dgl.
- Einordnung der ermittelten Energieverbrauchswerte nach Energieeffizienzklassen (VDI 4707)

Mithilfe der aufgelisteten Indikatoren und danach erfassten Daten können softwaregestützt Lebenszykluskostenfaktoren (LZK-Faktoren) nach IH-Kosten und Energiekosten differenziert werden:

- Als Basis müssen Investitionskosten je Aufzug/ Aufzugsklasse ermittelt werden. Da bei unseren Forschungspartnern, aber auch in der verfügbaren Fachliteratur darüber keine Informationen beschafft werden konnten, helfen nur klassische Kostenschätzungen auf der Basis kostenrelevanter Parameter.
- Instandhaltungsbezogene LZK-Faktoren (IH-LZK-Faktoren) pro Jahr. In den erforderlichen Zeitschnitten (min. 10 Jahre – max. 50 Jahre).
- Energiebezogene LZK-Faktoren (E-LZK-Faktoren) pro Jahr. In den erforderlichen Zeitschnitten (min. 10 Jahre – max. 50 Jahre).
- Aufsummierung der aufzugsbezogenen IH-Kosten und Energiekosten und Ermittlung der LZK-Faktoren für Aufzüge mit Gesamt-LZK-Faktoren (Abb. 8-7).



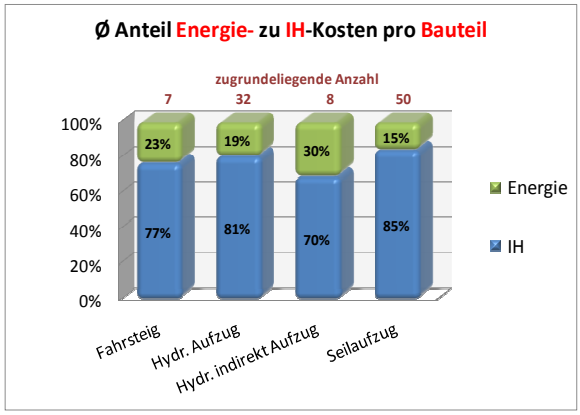


Abb. 8-7: Energie- und IH-Stückkosten je Anlage / Verhältnis Energie zu IH je Anlage (Quelle: IPS / Fraport)

9 Softwareentwicklung für das LifeCycle Benchmarking - Probleme und Potenziale

9.1 Schlüsselfragen zu informationstechnischen Prozess-Schnittstellen des Bauens, Betreibens und Bewirtschaftens

Die folgenden Fragen beziehen sich sowohl auf die Entwicklung neuer Software als auch auf die Weiterentwicklung bestehender Software (insbesondere SAP PM und CAFM). Die wichtigsten 2 Anwendungslinien sind Instandhaltungs-Benchmarks und Energie-Benchmarks.

Schnittstelle zwischen CAD-Planungssoftware und Software zur Kostensteuerung von Lebenszykluskosten (HOAI-Phasen 2-9)

- Wie erfolgt der Transfer aus der DIN 276 Gliederung der Projektleistungen in die DIN 276- / Equipment-Gliederung der IH-Software?
- Wie erfolgt der Transfer aus Bauteildaten /Produktdaten der CAD-Software in Bauteildaten /Produktdaten der IH-Software?
- Wie erfolgt der Transfer aus Bauteildaten /Produktdaten der CAD-Software in Bauteildaten /Produktdaten der Betreiber-Software für Reinigungsleistungen?

Schnittstelle zwischen AVA-Software (HOAI-Phasen 6-8) und IH-Software (Betreiben und Instandhalten)

- Wie erfolgt der Transfer aus der AVA-Gewerke-Gliederung (Bauprojekt) in die DIN 276-/ Equipment-Gliederung der IH-Software (SAP- / CAFM-Module)?
- Wie erfolgt der Transfer aus Bauteildaten /Produktdaten der AVA-Software in Bauteildaten /Produktdaten der IH-Software (SAP-Module)?

Schnittstelle zwischen Gebäudeautomation (HOAI-Phasen 5-8) und Energiemanagement-Software

- Wie erfolgt der Transfer aus dem Mess- und Zähl-Konzept der Planung in die Energiemanagement-Software?
- Wie erfolgt der Transfer aus Systemdaten von MSR / Gebäudeautomation / Raumautomation und zugehörigen Produktdaten der CAD-Software in eine Energiemanagement-Software?
- Wie erfolgt die Effizienzkontrolle energetischer Produktdaten (Zugesicherte Eigenschaften durch Anbieter) durch die Energiemanagement-Software?

Schnittstelle zwischen Lebenszykluskostenplanung (HOAI-Phasen 3-7) und Life Cycle Assessment (LCA)

- Wie erfolgt die Effizienzkontrolle ökologischer Bauteildaten im Projektverlauf durch LCA-Software (Schnittstellen mit Planungssoftware)?
- Wie erfolgt die Effizienzkontrolle ökologischer Produktdaten (Zugesicherte Eigenschaften durch Anbieter) durch die LCA-Software?

Schnittstelle zwischen Lebenszykluskostenplanung (HOAI-Phasen 3-7) und Einkauf / Materialwirtschaft / Controlling

- Wie erfolgt der Transfer von AVA- Bauteildaten im Lebenszyklusansatz durch Einkauf-Software für Ersatzteile (Schnittstellen mit Einkaufstandards)?
- Wie erfolgt die Überprüfung von Einkaufsentscheidungen in Projekten nach dem Lebenszyklusansatz innerhalb von Software des Controllings?

9.2 Möglichkeiten der Datenerfassung für das LifeCycle Benchmarking in der Betreiberpraxis – Erfahrungen der Forschungspartner

Die Umsetzung der beschriebenen Methodik für die Erfassung und Aufbereitung von Instandhaltungsdaten und energetischen Daten zu LifeCycle Benchmarks erforderte in der gemeinsamen Arbeit mit den Forschungspartnern die Überwindung einiger praktischer Hürden. Als Hauptproblem erwies sich das derzeitige, in der Praxis des Betreibens und Instandhaltens über lange Jahre gefestigte Leitmuster der eingesetzten Software – mit IH-Standards ohne ausreichenden Bezug zu den Investitionsdaten und nur erschwert ermittelbaren energetischen Daten.

Die in den nächsten Abschnitten dargestellten Defizite sind aber ein wichtiges Forschungsergebnis, weil sich daraus wesentliche Anforderungen und Aufgaben zur anstehenden Softwareentwicklung ergeben. Sie sind auch deswegen eine geeignete Ausgangssituation für Softwareentwickler, weil die eingesetzte Software der beteiligten Forschungspartner durchweg ein hohes Niveau hat, verbunden mit ungewöhnlichen Kompetenzen innerhalb der Betreiberorganisation. Mit anderen Worten: Die herausgefundenen Probleme der Datenerfassung und des Softwareeinsatzes spiegeln ein veraltetes Leitmuster, das überwunden werden muss[85]

[85] Die Schwierigkeit der bisher eingesetzten Instandhaltungssoftware – das gilt gleichermaßen für SAP-PM wie für CAFM-Systeme – liegt weniger in den Möglichkeiten der Software, als vielmehr in organisatorischen Schnittstellen. Diese Schnittstellenprobleme sind bedingt durch den Phasenübergang aus dem investiven Projektgeschehen in die Betriebsprozesse und die damit einhergehenden organisatorischen Schnittstellen der Aufbauorganisation zwischen der Investitionsverantwortung in Bauabteilungen und der Betreiberverantwortung im Facility Management. Bei Fraport wurde 2010 mit der Einführung des Bereiches ZIM Zentrales Infrastrukturmanagement ein organisatorischer Neuansatz begonnen, um diese Schnittstellenprobleme zu reduzieren.

Aktuelle Probleme bei der Erfassung von Instandhaltungsdaten und Energiedaten für Technische Anlagen

Im Forschungsprojekt wurden Instandhaltungs- und Energiedaten schwerpunktmäßig bei Technischen Anlagen untersucht, da nur in der DIN 276 Kostengruppe 400 IH-Kosten und energetische Verbräuche anlagenbezogen bzw. bauteilbezogen innerhalb der zugehörigen Nutzungsdauern zugeordnet werden können. Für die DIN 276 Kostengruppe 300 gilt das nicht, da i.d.R. Baukonstruktionen innerhalb ihrer Nutzungsdauern keine nennenswerten Instandhaltungskosten haben und zudem aufgrund ihrer passiven energetischen Funktionen keine bauteilbezogenen Energieverbräuche haben.

- Generell sind den betriebenen Anlagen keine Anschaffungskosten/ Investitionskosten zugeordnet. Diese Kosten sind in der IH-Software nicht vorgesehen wurden von den Betreibern bisher nicht benötigt.
- Die Gliederung der IH-Kosten nach Systemebenen, bis auf die Bauteilebene, ist nicht durchgängig in den Eingabedaten der IH-Software angelegt.
- IH-Kosten sind nur in Ausnahmefällen „anlagenscharf“, sondern i. d. R. nur als Gewerkesumme für konkrete Gebäude gebäudescharf auswertbar (z.B. sind mehrere RLT-Anlagen innerhalb eines Gebäudes zwar der DIN 276 Kostengruppe 431 Lüftungstechnischer Anlagen zugeordnet, aber nicht nach Einzelanlagen unterscheidbar)
- Bauteilbezogene Instandhaltungskosten sind nur in Ausnahmefällen durch erweiterte DIN 276 Positionen in den vorgegebenen Erfassungsmasken der IH-Software vorhanden. Für die größte Zahl der von uns „strategische Bauteile“ definierten Lebenszyklusobjekte sind IH-Auswertungen nicht möglich.
- Energetische Verbräuche werden bei eigen genutzten Gebäuden nur für die Gebäudegrenze durch entsprechende Zähleinrichtungen erfasst. Eine Differenzierung dieser Verbräuche auf die darin betriebenen einzelnen technischen Anlagen ist nur mit großem Aufwand und entsprechender Unschärfe rekonstruierbar.
- Die Zuordnung von technischen Anlagen zu Energieeffizienzklassen und die Ermittlung von anlagenbezogenen Einsparpotenzialen (z.B. durch veränderte Betriebsprozesse oder durch Bauteiltausch) sind nur mit großer Schwierigkeit errechenbar.
- Bauteilbezogene Energieverbräuche sind in der Regel nicht erfassbar, da bislang kaum Messwerte vorliegen. Folglich sind auch systematische Auswertungen nach Strategischen Bauteilen entweder nur grob oder gar nicht möglich.

Auswertungsprobleme durch unsystematische Buchungen

Abb. 9-1 ist ein typisches Beispiel für „Buchungslücken“, das wir bei allen Forschungspartnern gefunden haben und offenbar auch in der Betreiberpraxis weit verbreitet ist. Tat-

sächlich gibt es immer wieder Instandhaltungsleistungen und über Kontenklassen gebuchte Aufträge, die nicht in der vorgegebenen Systematik nach Kostengruppen, bzw. Anlagenklassen zugeordnet werden. In der Rangfolge der nach Anlagen gegliederten IH-Kosten ist die Kategorie „Nicht-zugeordnet“ auf Rang 2 mit einer beachtlichen Größenordnung. Entsprechend ungenau sind Auswertungen mit Kennwerten oder prozessbezogene Effizienzanalysen. Die Nicht-Zuordnung hat in der Instandhaltungspraxis sehr unterschiedliche Gründe, z.B.:

- Es handelt sich bei den zu erfassenden Aufträgen um Baumaßnahmen, an denen unterschiedliche Gewerke beteiligt sind. Folglich sind eindeutig Anlagen/ Bauteilzuordnungen nicht möglich.
- Unklare Budgetzuordnungen und Abgrenzungsprobleme bei der Differenzierung zwischen Maßnahmen, die als „Ersatzinvestitionen“ nicht den Instandhaltungsaufwendungen zugeordnet werden dürfen.

Im Interesse einer konsequenten Fokussierung aller Aufwendungen im Leistungsspektrum von Prozessen des Betreibens, des Instandhaltens und Übergangsformen wie Modernisierungen und Sanierungen sollte für das LifeCycle Benchmarking die Systematik der Kontenklassen und deren Anwendung in der Betreiberpraxis überprüft werden.

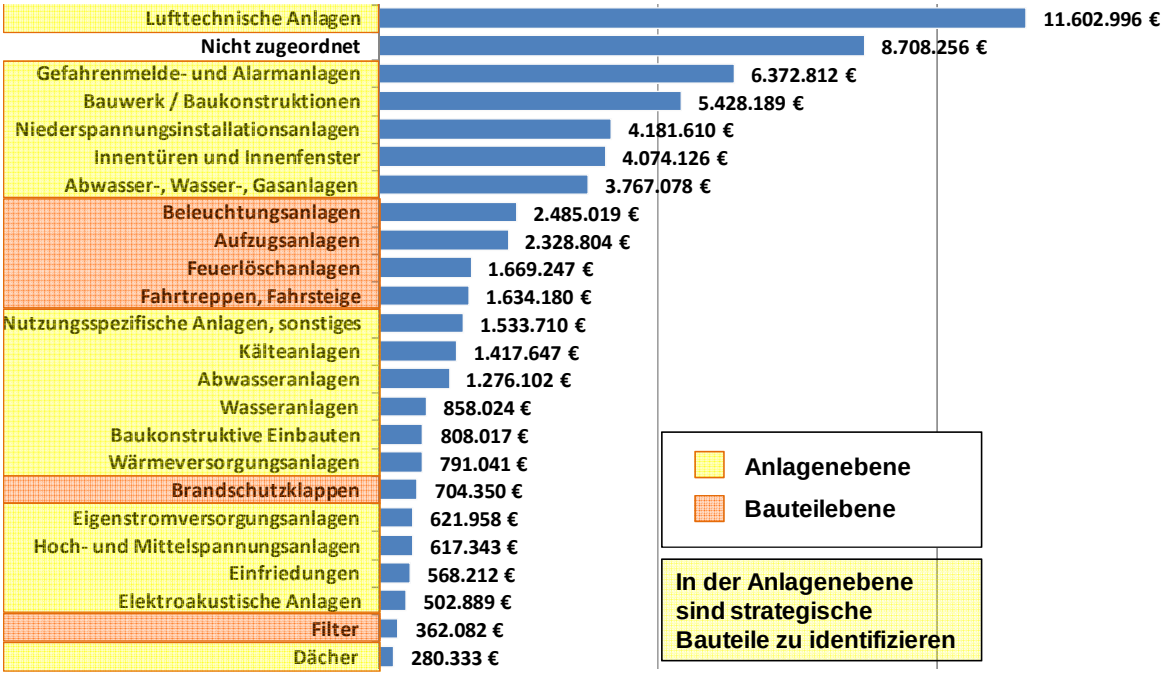


Abb. 9-1: Absteigende Sortierung der IH-Kosten nach Klassen (Quelle: Fraport)

9.3 Anforderungen an die Dokumentation im Bauvorhaben als Datenbasis für softwaregestütztes LifeCycle Benchmarking

Das größte Hindernis für die Einführung von LifeCycle Benchmarks ist die häufig nicht vorhandene oder unzureichende Informationsschnittstelle zwischen Bauprojekten (Neubau/ Umbau/ Modernisierung/ Sanierung) und den Prozessen des Betreibens und Bewirtschaftens. Dadurch können vor allem Verhältniswerte zwischen Investitionskosten und Folgekosten nicht ermittelt werden.

Das Problem zeigte sich auch bei den Forschungspartnern, die über eine leistungsfähige Instandhaltungssoftware verfügen, aber keinen Zugriff auf die ursprünglichen Dokumente der Investitionsphase haben und deswegen auch über den Wiederbeschaffungswert der betriebenen Anlagen keine Aussagen machen können. Dadurch fehlt die Grundlage für folgende Basis-Benchmarks:

- Verhältnis von Investitionskosten zu Instandhaltungskosten
- Verhältnis von Investitionskosten zu energetischen Folgekosten
- Verhältnis von Investitionskosten zu dem ursprünglichem ökologischen Aufwand in den Produktions- und Lieferketten (Ökobilanz, insbesondere „Graue Energie[86]“)

Prinzipiell sind für Prozessschnittstellen die Verknüpfung von Informationen/ Daten in der Investitionsphase je HOAI-Leistungsbereich zu den zuvor genannten Leistungs- und Kostendaten des Betreibens softwaretechnisch aufzuzeigen:

LZ-orientierte Vorgaben in HOAI 2-5 Architektenplanung

- Vorgabe der 6-stelligen Kostengliederung nach DIN 276 für alle Baukonstruktionen
- CAD-Daten mit alpha-numerischer Aufbereitung von Grundrissflächen als Mengengerüst für horizontale Bauteile (z.B. Bodenbeläge)
- CAD-Daten mit alpha-numerischer Aufbereitung als Mengengerüst für vertikale Bauteile (insbesondere Glasflächen, Türen, mit Reinigungs- und Pflegeaufwand)
- CAD-Daten mit alpha-numerischer Aufbereitung als Mengengerüst für Volumenbauteile (in kg), wie z.B. für die Betondecken, Wände, als Grundlage für Ökobilanzen.

LZ-orientierte Vorgaben in HOAI 2-5 Ingenieurplanung (Gebäudetechnik)

- Vorgabe der 6-stelligen Kostengliederung nach DIN 276 für alle technischen Anlagen, die auch in der Betriebsphase verwendet wird

[86] Mit diesem gebräuchlichen Ausdruck wird der Energieverbrauch bezeichnet, der für die gesamte Prozesskette der Produktion und Logistik eines Produktes und seiner Vorprodukte benötigt wird.

- Anlagenlisten mit nummerungstechnischer Gliederung gemäß Betreiberanforderungen für alle TGA-Anlagen
- Nummerungstechnische Differenzierung zwischen klassifizierenden und identifizierenden Objektbezeichnungen. Hier geht es um die Festlegung einer Arbeitsvorschrift der softwaregestützten Dokumentation.

  STUFE 1 (innerhalb der HOAI Phasen):
  Erfassung der Anlagen innerhalb der Anlagenliste mit dem klassifizierenden Code (keine Identitäten !)

  STUFE 2 (innerhalb der Betriebsphasen)
  Ergänzung der klassifizierten Anlagen/ Komponenten durch einen identifizierenden Schlüssel nach Übergabe der fertig gestellten Anlage in die Betriebsphase (nur im Betrieb ist eine Identifizierung erforderlich und i.d.R. in der Planung zu aufwendig)

LZ-orientierte Vorgaben in HOAI 6-7 Architektenplanung

- Matrix-Ordnung zwischen DIN 276 Gliederung und AVA-Gliederung nach Gewerken
- Mengengerüst instandhaltungsrelevanter Anlagen/ Bauteile in der 4.-6. Stelle der DIN 276
- Mengengerüst der energetisch relevanten Bauteile (passive Bauteile) der Baukonstruktionen mit energetischen Kenndaten (U-Werte u.dgl.) in der 4.-6. Stelle der DIN 276
- Beschreibung von Bauteilen/ Bauteillisten als Übergabedokumentation für die Betriebsphase. Damit ist eine Schnittstelle definiert von der Software-Welt der HOAI-Phasen in die CAFM-Software des Betreibens.

LZ-orientierte Vorgaben in HOAI 2-7 Ingenieurplanung Gebäudetechnik 1 (Bedarf und Vernetzung)

- Dokumentation der Räume mit Konditionierungsanforderungen und nummerungstechnischen Festlegungen (z.B. Raumlisten)
- Dokumentation der Soll-Werte je Raum (Raumliste mit Soll-Anforderungen)
- Dokumentation der Raumgliederung (Fensterachsen, Raumtiefen)
- Raum-Anlagen Verknüpfungen für RLT-Anlagen
- Raum-Anlagen Verknüpfungen für Heizungsanlagen
- Raum-Anlagen Verknüpfungen für Beleuchtung
- Raum-Anlagen Verknüpfungen für Sicherheitstechnische Anlagen (z.B. Schließsysteme, Videoüberwachung und dgl.)

LZ-orientierte Vorgaben in HOAI 6-7 Ingenieurplanung Gebäudetechnik 2 (ohne Automation)

- Verknüpfungen zwischen DIN 276 Gliederung und AVA-Gliederung nach Gewerken
- Mengengerüst instandhaltungsrelevanter Anlagen/ Bauteile in der 3.-6. Stelle der DIN 276
- Mengengerüst der energetisch aktiven Bauteile (EuP Energy using Products) in der 3.-6. Stelle der DIN 276 der Technischen Anlagen

LZ-orientierte Vorgaben in HOAI 2-7 Ingenieurplanung Gebäudetechnik 3 (Gebäudeautomation/ Raumautomation / Sicherheitstechnik)

- Darstellung der Bedienfunktionen (zentral und nutzerbezogen)
- Dokumentation der Mess- und Zähleinrichtungen
- Dokumentation der Informationspunkte
- Dokumentation möglicher Trendaufzeichnungen
- Ortsdaten von Bauteilen

LZ-orientierte Anforderungen nach Abschluss einer Baumaßnahme

Nach Abschluss einer Baumaßnahme sind folgende Informationen eine notwendige Voraussetzung zur objektorientierten Erfassung und Auswertung von Betreiberdaten und anschließender Ermittlung von LifeCycle Benchmarks

- Anforderungen an eine kontinuierlich fortgeschriebene Bauwerksgliederung nach DIN 276 bis zu 6 Stellen entlang aller HOAI Phasen (ab Phase 2 bis Phase 8)
- Zuordnung von Mengengerüsten der in der DIN 276 erfassten Anlagen und Bauteile (z.B. Anzahl Fenster, differenziert nach Fensterarten/ Quadratmeter Bodenbeläge, differenziert nach Bodenbelagsarten / Anzahl von Pumpen, differenziert nach Pumpenarten)
- Berechnungsvorschrift für die Aktualisierung von Elementekosten in den HOAI Phasen 6 bis 8 nach der 5- bis 6-stelligen DIN 276 auf der Basis von Gewerkekosten (AVA-Kosten). Hier geht es um die klassische Matrix-Beziehung zwischen Kostengliederung nach DIN 276 und Kostengliederung nach Gewerken (Standardleistungsbuch)

9.4 Rahmenvorgaben für ein Pflichtenheft des softwaregestützten LifeCycle Benchmarking

9.4.1 Anforderungen an die Strukturierung der Lebenszyklusobjekte

Die beim Forschungspartner DB Station & Service[87], wie auch beim Forschungspartner Fraport durchgängig eingeführte Verknüpfung von DIN 276 und Anlagencode ermöglichte die systemtechnische Strukturierung von Lebenszyklusobjekten und die Analyse zugehöriger Ausfallhäufigkeiten und Nutzungskosten. In dieser Analyse wurden Kosten der Instandhaltung bis auf die Ebenen der 5- bis 6-stellige Objekthierarchie ermittelt. Das Ergebnis sind identifizierte Bestandteile, sortiert nach Instandsetzungshäufigkeiten bzw. IH-Kosten.

LZ-orientiertes Profil der Objektgliederung

- Erweitertes Gliederungsschema nach DIN 276 (bis zu 6 Stellen)
- Systematik für Folgekosten, die den DIN 276 Positionen zugeordnet werden
- Abgleich von DIN 276-Folgekosten mit den Kostenarten der Nutzungskosten DIN 18960
- Abgleich der DIN 276-Folgekosten mit Prozesskategorien (entspricht Prozesskosten der VDI 3810 Betreiben und Instandhalten technischer Anlagen)

  Koppelung der nummerungstechnischen Erfassung von Anlagen und Bauteilen im Rahmen eines CAFM-Systems. Formulierung von Anforderungen an die nummerungstechnische Erfassung im Rahmen einer Dokumentationsrichtlinie für die HOAI-Phasen.
- Zuordnen/ Erfassen von bauteilbezogenen Massen (kg) für Ökobilanzen
- Reporting für das Management der Nachhaltigkeit im Betreiber-Unternehmen bzw. in den Facility Service Unternehmen

Objektbezogene Zuordnung von Instandhaltungskosten mit Energiekosten

- Spiegelung: Bauteilbezogene Energiekosten zu Wiederbeschaffungswerten
- Spiegelung: Bauteilbezogene Energiekosten zu Instandhaltungen
- Spiegelung: Bauteilbezogene Instandhaltungskosten + bauteilbezogene Energiekosten zu Wiederbeschaffungswerten
- Ermitteln der strategischen Kostengruppen in Relevanzbäumen

[87] Balck (2012)

Die durchgeführten Analysen beziehen sich auf den nach DIN 276 strukturierten 5- bis 6-stelligen Code für Baukonstruktionen und Technische Anlagen

- Die Analyse auf der Ebene von Auftrags-/ Tätigkeitsbeschreibungen (Textzeilen) ist aufschlussreich. Sie enthalten Informationen über Bauteil-Prozesskosten auf der 5.-6. Ebene der Objekthierarchie:
- Identifizierung von Objektkomponenten mit hoher Detailschärfe. Das sind z.B. Schwachstellen im Sinne der Instandhaltungsmethodik.
- Differenzierung von Aktivitätsklassen (was ist innerhalb der Reparatur „getan" worden, z.B. „erneuert", „instandgesetzt", „getauscht").
- Identifizierung von Zustandsklassen (Differenzierung von Fehlern, Mängeln, u.dgl.).
- Ausweisen geeigneter Methoden / Instrumente / Daten für den kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP) für das Betreiben und Bewirtschaften.
- Identifizieren konkreter Verbesserungsmaßnahmen in ausgewiesenen Objekten und dort identifizierten konkreten Anlagen.

Klassifikation und Identifikation

Die in der Nummerungstechnik übliche Unterscheidung zwischen Klassifikation und Identifikation ermöglicht die Unterscheidung von allgemeinen Objektklassen oder Typen und individuellen Objekten. Durch die Anwendung von identifizierenden Bezeichnungen, d.h. durch konkrete Unterscheidung einzelner Gebäude und deren Bestandteile (z.B. mit Equipment-Nummern bei SAP) können darüber hinaus lokale Schwachstellen und Handlungsschwerpunkte identifiziert werden.

- Das hat für ein technisch-wirtschaftliches Controlling wichtige Konsequenzen:
- Die durchgeführten Analysen beziehen sich auf den nach DIN 276 strukturierten 5- bis 6-stelligen Code für Baukonstruktionen und Technische Anlagen. All diese Analysen sind klassifizierend. Sie haben den Vorteil innerhalb von strategisch sortierten Klassen (Anlagenklassen / Klassen von Baukonstruktionen / Klassen von Bauteilen) durch konsequente Anwendung des Relevanzbaum-Verfahrens relevante Kostenbereiche bis in die Komponenten herauszufinden.
- Durch die Anwendung von identifizierenden Bezeichnungen, d.h. durch konkrete Unterscheidung einzelner Bahnhöfe und deren Equipment-Nummern können darüber hinaus auch lokale Optimierungsaufgaben identifiziert werden.
- Ausweisen geeigneter Methoden / Instrumente für den kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP) für das Betreiben und Bewirtschaften.
- Identifizieren konkreter Verbesserungsmaßnahmen in ausgewiesenen Gebäuden und dort identifizierten konkreten Anlagen.

9.4.2 Kontenklassen für Instandhaltungsaufträge

Die folgenden Anforderungen an die Auswertbarkeit von IH-Daten für das LifeCycle Benchmarking bauen auf die SAP Erfahrungen bei Fraport auf, denn SAP PM verfügt seit 2007 über eine DIN 276 Struktur für die Objektgliederung.

Die Instandhaltungskosten werden als Einzelaufträge in der SAP Software erfasst. Neben der Zuordnung der Kosten- und Anlagenart werden ebenso die DIN 276 Kostengruppe, das Geschäftsjahr, das Gebäude, eine Kurzbeschreibung sowie der Objektnummer erfasst. Die Kostenarten werden 2 Hauptkostenpositionen zugeordnet, den regelmäßigen (RIH) und unregelmäßigen (UIH) Instandhaltungskosten. Folgende Daten werden in SAP erfasst:

Jahr	Zeitpunkt in dem der Auftrag anfiel (Geschäftsjahr).
Technischer Platz	Erweiterte Gebäudenummer für zonale Zuordnungen.
Wirtschaftseinheit	Gebäude oder Liegenschaft mit fortlaufender Gebäudenummer. Die Gebäude werden nach Grob- und Feincluster für die Auswertung zusammengefasst.
Klasse (Equipment)	Zuordnung der IH-Aufträge zu einer Kostengruppe nach DIN 276. Die Kosten werden von der 1. bis zur 3. Kostengruppenstelle zugeordnet. Teilweise erfolgt auch eine Zuordnung auf der 4. KG-Stelle.
Beschreibung Klasse	Technische Beschreibung eines Auftrages / Zuordnung der Klasse nach der DIN 276
Klassen-Merkmal Anlagenart	Aufteilung der Klasse auf Anlagen / Bauteile (entspricht einer 4. / 5. Kostengruppenstelle nach DIN 276)
Equipment (Anlagennummer)	Jeder Anlage / jedem Bauteil wird eine individuelle Identifikationsnummer zugeordnet
Bezeichnung Anlage	Detailliertere Beschreibung der Anlagen / Zusatzinformationen
Vorgang	Hierbei erfolgt eine Zuordnung der Kosten zu einer Leistungsart. Z.B. Wartung, Instandsetzung, TÜV oder Umbau. Eine vollständige Auflistung der Vorgangsarten ist dem nachfolgenden Kapitel zu entnehmen, dabei sind die Vorgangsarten zusätzlich nach regelmäßigen und unregelmäßigen IH-Kosten gegliedert.

Regelmäßige / Unregelmäßige Instandhaltungskosten (RIH / UIH)

Die Auftragseingänge (Vorgänge) werden nach regelmäßigen oder unregelmäßigen IH-Kosten gegliedert. Des Weiteren erfolgt eine Zuordnung der Kostenvorgänge nach Eigen oder Fremd erbrachte Leistung bzw. nach Eigen- und Fremdmaterial.

IH-Auftrag Jedem Auftrag wird eine Auftragsnummer zugewiesen.

Beschreibung IH-Auftrag Der Tätigkeit wird kurz verbal beschrieben.

Obligo Bestellungen Fremdleistungen werden in der Instandhaltung immer über die Instandhaltungsaufträge gebucht. Ist die Bestellung ausgeführt, die Leistung aber noch nicht abgenommen und die Rechnung noch nicht gestellt, wird das Bestellobligo ausgewiesen

Die Unterscheidung der IH-Kosten in regelmäßige und unregelmäßige Kosten ist zwingend notwendig, da die regelmäßigen IH-Kosten auf die Mieter umlegbar sind. Außerdem kann auf dieser Grundlage die Instandhaltungsstrategie festgelegt, überprüft und angepasst werden.

Regelmäßige Instandhaltungskosten (RIH)

Die regelmäßigen Instandhaltungskosten (RIH) beinhalten Bauhilfeleistungen, die Betriebsführung, Inspektion, Klima-Techn.-Leitwarte, Objektmanagement, Reinigung, Technisches Anlagenmanagement, TÜV/Prüfung/Abnahmen sowie die Wartung.

Unregelmäßige Instandhaltungskosten (UIH)

Die unregelmäßigen Instandhaltungskosten (UIH) enthalten: die Garantieleistungen / Leistungen der Gewährleistung, geplante und ungeplante Instandsetzungen, Kundenanforderung/Umbau, Maßnahmen aus Begehungen, Maßnahmen aus TÜV/Prüfungen, Renovierung, Schaden eigen, Schaden fremd, Kundenanforderungen, Vandalismus, Vermieterwünsche Bau/Technik über Budget und Kosten für Vermieterwünsche Bau/Technik.

Zuordnung von IH-Aufträgen zu Gebäuden

Der Gebäudebestand gliedert sich in insgesamt 337 Wirtschaftseinheiten, differenziert nach ausgewiesenen Nutzungsarten. Aufgrund der Bandbreite sind einzelne Bauteile (z.B. Aufzüge) einer unterschiedlichen Beanspruchung (Abnutzung) ausgesetzt.

Die Differenzierung der Gebäude nach Nutzungsarten wird bei Fraport durch festgelegte Gebäudecluster vorgenommen. Die nach diesen Clustern differenzierten Auswertungen zeigen, dass sich nutzungsspezifische Beanspruchungsintensitäten in den Instandhal-

tungskosten deutlich widerspiegeln. Damit verbunden sind auch unterschiedliche Anforderungen an Planung und Betrieb und damit an das gesamte Spektrum von Investitionskosten und Folgekosten.

Fraport untergliedert die Gebäude in 7 Haupt- / Grobcluster, wobei das Gebäudecluster „Service- und Verwaltungsgebäude“ in weitere 12 sogenannte Feincluster untergliedert wird. Diese Systematik wurde für die Auswertungen beibehalten.

9.4.3 Auswertungsanforderungen nach Prozessklassen des Betreibens (ohne Energiemanagement)

Durch die Anwendung einer einheitlichen Instandhaltungssoftware (SAP / CAFM) und umfangreicher Daten in einer Datenbank verfügen die Forschungspartner über ein Datenpotenzial, das systemtechnische Auswertungsmöglichkeiten auf verschiedenen Objektebenen und für unterschiedliche Kostengruppen ermöglicht. Ein Vorteil dieser Datenbestände besteht vor allem in der Bandbreite unterschiedlicher Gebäudearten und der in den Anlagen/ Baukonstruktionen verwendeten zahlreichen Komponenten:

- Nutzungspanne zwischen Verwaltungsbereichen, Nutzungsbereichen des Kerngeschäftes und Logistikbereichen.
- Breite Anwendungsspanne auf der Komponentenebene (Pumpen, Beleuchtung, u.a.)

Das folgende Programm für Auswertungen von Instandhaltungsdaten wurde mit den Forschungspartnern verfolgt. Es wurde im Forschungsprojekt in Teilen umgesetzt und dient der Weiterentwicklung des begonnenen LifeCycle Benchmarking.

Auswertung von Instandsetzungen / Entstörungen

- Entstörungen und sogenannte „kleine Instandsetzungen“, die innerhalb der Nutzungsdauer der betrachteten Bauteile durchgeführt werden, werden bei den Forschungspartnern als unregelmäßige Instandhaltungen (UIH) bezeichnet. Es geht darum, im Rahmen einer Instandhaltungsstrategie diese nur indirekt beeinflussbaren Aufwendungen durch regelmäßige Instandhaltung (RIH) tendenziell gering zu halten.
- In der Instandhaltungsstrategie muss ein Optimum gesucht werden, das auf der Grundlage von Datenanalysen begründet werden muss. Dazu werden RIH-Daten zu den UIH-Daten in ein Verhältnis gesetzt und in Zeitreihen abgeglichen. Dabei können z.B. minimale UIH-Kosten mit einem überproportionalen Anstieg von RIH-Kosten einhergehen. Dieses Verhältnis muss anschließend durch entsprechende Anpassungen in ein tendenziell optimales Verhältnis überführt werden. Die im Folgenden als „Spiegelung“ bezeichneten Verhältniswerte sind eine Grundlage für diesen Abgleich.

9.4.4 Anforderungen an Auswertungen von Energiedaten

Energiedaten sind inhaltlich und softwaretechnisch mit Instandhaltungsdaten nicht vergleichbar. Während Instandhaltungskosten immer mit kaufmännisch definierten Einzelaufträgen und Buchungen entstehen, erfolgt die Erfassung von Energieverbräuchen und deren Abrechnung in gänzlich andersartigen Prozessen. Grundlegend für die Erfassung von Energieverbräuchen sind realisierte Mess- und Zählfunktionen:

- Zählereinrichtungen und Systeme der Erfassung von Zählerdaten
- Mess- und Zählfunktion innerhalb der Gebäudeautomation

Mit der Einführung von Energiemanagementsystemen werden die Funktionen und Prozesse der Datenerfassung nicht nur mit Schnittstellen zur softwaregestützten Abrechnung (i.d.R. Umlageverfahren) sondern auch mit Kontroll- und Optimierungsprozessen verbunden.

Indikatoren zur Erfassung und Auswertung von Energiedaten

Energiedaten und die damit verbundene Ermittlung von Verbrauchswerten und Energiekosten müssen anlagenscharf erfolgen – mit Verknüpfungsmöglichkeiten zu energetischen Effizienzeigenschaften von Anlagenbestandteilen.

INDIKATOR : Energieverbrauch durch aktive Komponenten

INDIKATOR : Beeinflussbarkeit des Gesamtenergieverbrauchs durch passive Komponenten

INDIKATOR : Nutzungsbezogene Qualitätsmerkmale

Energieverbrauch aktiver Bauteile nach Kostengruppen

- Check energetisch aktive Bauteile nach Kostengruppen (Relevanzbaum)
- Ermittlung Energieverbrauch für ausgewählte Kostengruppen
- z. B. Aufzüge / Fahrtreppen / Beleuchtung
- Analyse von Kosten-Interdependenzen zwischen bauteilbezogenen Energiekosten und IH-Kosten

Abgleich der bauteilbezogenen Energiedaten mit der EU Ökodesign-Richtlinie

- Die EU-Ökodesign-Richtlinie definiert Energieeffizienzklassen für unterschiedliche Produktarten. Betrachtet werden im Lifecycle Benchmarking für Gebäude die „aktive Bauteile“.
- Energieeffizienzklassen nach der EU-Ökodesign Richtlinie haben Parallelen in den TGA-Branchen mit entsprechenden eingeführten Effizienzklassen, z.B. nach den Richtlinien von EUROVENT.

- Für das Lifecycle Benchmarking stehen Kennwerte über das Verhältnis von bauteilbezogenen IH-Kosten und den gleichen Bauteilen zugeordnete Energiekosten im Vordergrund.
- Für das Nachhaltigkeitsmanagement im Unternehmen (Forschungspartner Fraport, Audi, UKL) geht es zugleich um die Verfolgung von Optimierungsmöglichkeiten im Bestand und um den Nachweis im ökologischen Reporting (Carbon Footprints).

9.5 Anforderungsprofile für LifeCycle Benchmarks Technischer Anlagen

9.5.1 Anforderungsprofile für LifeCycle Benchmarks Raumlufttechnischer Anlagen

Für die Entwicklung einer Software für das LifeCycle Benchmarking Raumlufttechnischer Anlagen sind auswertbare Datenbestände –je Anlage / Bauteil - eine notwendige Voraussetzung- mit folgenden Basisforderungen:

BASISFORDERUNG 1:

Verknüpfung von IH-Daten und Energiedaten auf Anlagen- / Bauteilebene

BASISFORDERUNG 2:

Verknüpfung der IH-Daten und Energiedaten mit zugehörigen Investitionskosten

BASISFORDERUNG 3:

Anforderungsprofil des gewünschten / vorgeschriebenen Nutzungskomforts (Behaglichkeit) je konditioniertem Raum

BASISFORDERUNG 4:

Anforderungsprofil des gewünschten / vorgeschriebenen Zuverlässigkeit der Konditionierung je Anlage (Soll-Verfügbarkeit)

Auswertbare Daten zu Funktionen, baulichen Anforderungen und Errichtungsdaten

- Ursprüngliche/ geschätzte Investitionskosten der RLT-Anlagen / Komponenten
- Datum der Inbetriebnahme
- Nutzungszeiten
- Nutzungsbedarf im Tagesverlauf (Luftwechsel, Soll-Temperatur, Feuchte)
- Erwartete Nutzungsdauer / Restlebensdauer
- Technologisches Niveau zum Betrachtungszeitpunkt (Obsoletheit)
- Basisdaten der Anlagen: Bauweise, Volumenstrom, Thermische Funktionen (Heizen, Kühlen, Be- und Entfeuchten

- Raum-Anlagen-Matrix und Verteilung (Kanäle) / konditionierte Räume
- Energie-Effizienzklasse der Anlage zum Betrachtungszeitpunkt
- Anzahl und Leistungsdaten energetisch kritischer Komponenten
- Energie-Effizienzklassen der Komponenten zum Betrachtungszeitpunkt

Auswertbare Verbrauchsdaten für RLT-Anlagen

Benötigt werden anlagenbezogene Verbrauchsdaten

- Wärmeverbrauch anlagenbezogen
- Kälteverbrauch anlagenbezogen (Stromverbrauch als Basis)
- Stromverbrauch anlagenbezogen

QUELLE 1: Betriebsdaten aus den in mind. 2 zurückliegenden Jahren im GA-System aufgezeichneten Mess- und Zähldaten

QUELLE 2: Verbrauchsdaten aus anlagenbezogenen Mess- und Zähleinrichtungen

QUELLE 3: Verbrauchsdaten aus Zähleinrichtungen für Gebäude mit Rechenmodellen zur anlagenbezogenen Aufschlüsselung

Differenzierte IH-Auswertungen Lüftungstechnik

- Dokumentation der Filter / Filterstufen
- Unregelmäßiger IH-Aufwand (UIH)
- Regelmäßiger IH-Aufwand (RIH)
- Verhältnis von UIH zu RIH als Zeitreihe – Abgleich mit Instandhaltungsstrategie
- Analyse des zeitlichen Kostenanstiegs (Badewannenkurve) nach jahresbezogenen LZK-Faktoren
- Verfügbarkeitswerte jährlich als Zeitreihen
- Analyse der Ausfallzeiten (mit Ausfallfolgen) – Abgleich mit Ausfall-Szenarien
- Reaktionszeiten als Chronologie – Abgleich mit Servicelevel Agreements
- Ersatzteillieferungen – Performance-Analyse

Auswertungsschwerpunkt Einzelkomponenten – Beispiel Ventilatoren

(weitere Komponenten: Wärmerückgewinnung / Brandschutzklappen / Volumenstromregler / CO2 Sensoren, u.a.)

- Art und Anzahl Ventilatoren (Mengengerüst)
- Technologisches Niveau der Ventilatortypen
- Energie-Effizienzklassen der Ventilatoren
- Effizienzbeurteilung (Stromverbrauch)

9.5.2 Anforderungsprofile für LifeCycle Benchmarks von Aufzügen

Für die Entwicklung einer Software für das LifeCycle Benchmarking von Aufzügen sind auswertbare Datenbestände – je Anlage / Bauteil - eine notwendige Voraussetzung- mit folgenden Basisforderungen:

BASISFORDERUNG 1:

Verknüpfung von IH-Daten und Energiedaten auf Anlagen- / Bauteilebene

BASISFORDERUNG 2:

Verknüpfung der IH-Daten und Energiedaten mit zugehörigen Investitionskosten

BASISFORDERUNG 3:

Anforderungsprofil des gewünschten / vorgeschriebenen Nutzungsprofils je Aufzug / Aufzugsklasse

BASISFORDERUNG 4:

Anforderungsprofil der gewünschten / vorgeschriebenen Zuverlässigkeit je Aufzug / Aufzugsklasse

Daten zu Funktionen, baulichen Anforderungen und Errichtungsdaten

- Ursprüngliche/ geschätzte Investitionskosten der Aufzüge / Komponenten
- Datum der Inbetriebnahme
- Erwartete Nutzungsdauer / Restlebensdauer
- Technologisches Niveau zum Betrachtungszeitpunkt (Obsoletheit)
- Basisdaten der Konstruktion (Aufzugstyp, Bauweise)
- Energie-Effizienzklasse der Anlage zum Betrachtungszeitpunkt
- Anzahl und Leistungsdaten energetisch kritischer Komponenten

9.6 Softwaregestütztes technisch wirtschaftliches Controlling – Ausblick

Die vorliegenden Auswertungen und Analysen von Betreiberprozessen bei den Forschungspartnern ermöglichen ein erstes Anforderungsprofil an das technisch-wirtschaftliche Controlling in Verbindung mit LifeCycle Benchmarking.

- Im technisch-wirtschaftlichen Controlling geht es um die Weiterentwicklung der vorhandenen Controlling-Funktionen in den Prozessen des Betreibens und des Energiemanagements:
- 2-Ebenen Controlling: Kaufm. Controlling und Technisches Controlling auf einer einheitlichen Software- und Datenbasis

- Selbst-Evaluierung und übergreifende Evaluierung mit Benchmarking Partnern
- Ausweisen geeigneter Methoden / Instrumente für den kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP) für das Betreiben und Bewirtschaften
- Die Auswertung nach Gebäudeklassen (Cluster) ermöglicht Kennwerte und den Aufbau eines spezifischen Benchmarkings für nutzungsabhängige Anlagenklassen und Bauteilklassen

Energetische Optimierungen in Einzelgebäuden

- Feinplanung konkreter Verbesserungsmaßnahmen mit Wirtschaftlichkeitsberechnungen und Qualitätsanalysen im Lebenszyklusmodell in ausgewiesenen Gebäuden und dort identifizierten konkreten Anlagen.
- Hochrechnung des gesamten Einsparpotentials nach festgelegten erfolgskritischen Kostenarten und Prozessklassen

Prozess-Reengineering / Verbesserung der erfolgskritischen Schnittstellen

- Prozessoptimierung der durch Schnittstellenprobleme behinderten Service-Hauptprozesse
- Einführung von planmäßigen Instandsetzungen: Veränderung des üblichen IH-Schemas durch Einbindung einer neuen IH-Kategorie: „Vorbeugende Instandsetzung“ in Verbindung mit darstellbaren Vorteilen bei Lebenszykluskosten und Verfügbarkeitsvorteilen.
- Die kombinierte Vorgehensweise von klassischem Anlagenmanagement und zugehörigem Energiemanagement hat Auswirkungen auf die Frage nach der bestmöglichen Prozessorganisation und zugehörigen Linienorganisation.
- Standardisierte Prozessmodelle als Grundlage des Qualitätsmanagement
- Periodische Performancemessungen, um den qualitativen und wirtschaftlichen Erfolg nachzuweisen
- Prozessstandard für die informationstechnische Prozesskette in Verbindung mit Regularien für die Bestandsdokumentation und die Regelung der Zuständigkeiten

QUELLEN

Gliederung

- Literatur alphabetisch (zitiert)
- Relevante Regelwerke für den Lebenszyklusansatz
- Nutzungsdauertabellen
- Datensammlung und Software
- Literatur Vertiefung (nicht zitiert)

Literatur alphabetisch

AMEV → Relevante Regelwerke für den Lebenszyklusansatz

Balck (2003): Balck, H.: Umkehrung der Wertschöpfungskette – Service revolutioniert das Bauen – in: Deutscher Beton- und Bautechnik-Tag e.V. (Hrsg.): Deutscher Bautechnik-Tag 2003 – Vorträge, Ernst & Sohn, Berlin 2003

Balck (2004): Balck, H.: Wertschöpfungsketten im Industriellen Facility Management – in: Lutz, U. (Hrsg.) Facility Management Jahrbuch 2004-2005 – Springer Verlag, Berlin, New York, 2004

Balck (2012): Balck, H.: Lebenszyklusorientierte Vergabe im Hochbau – Methodische Grundlagen Fraunhofer IRB, Bauforschungsprojekte 2012.

Balck (2013a): Balck, H.: Betreiben nach Vorschrift ? – Nachhaltigkeit verlangt auch Erneuerungen – in FACILITY MANAGEMENT Hef1 1 /2013

Balck (2013b): Balck, H. „Abschlussbericht Forschungsvorhaben Lebenszyklusorientierte Produktinformation“ / Forschungsinitiative ZukunftBAU

Balck (2013c): Balck, H. „Abschlussbericht des Forschungsvorhabens Pilotierung Lebenszyklusorientierte Ausschreibung und Vergabe“ / Forschungsinitiative ZukunftBAU

BBSR → Nutzungsdauertabellen

BKI → Relevante Regelwerke für den Lebenszyklusansatz

BMVBS (2010): Bekanntmachung des Bundesministeriums für Verkehr und Stadtentwicklung über die Nutzung und die Anerkennung von Bewertungssystemen für das nachhaltige Bauen vom 15.04.2010 / B 13-8141.7/7, Berlin 15.04.2010

BTE Lebensdauertabellen→ Nutzungsdauertabellen

Bullinger (2009): Bullinger, H. J. (Hrsg.) Handbuch Unternehmens-Organisation/ Kap. 11 Information und Kommunikation/ Abschnitt 11.1.6.10 Kontinuierliche Verbesserungsprozesse/ S. 711.

Corbusier (1927), Corbusier, E.J.– Vers une architecture 1927

DGNB (2010): Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen e.V. – Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen – www.dgnb.de / siehe Übersicht durchgeführter Zertifizierungen

Fink (1999): Fink, R.: Stand des Recycling – in: Die ökologische Herausforderung in der Architektur, Deutsches Architektur- Museum / M. Volz, Wasmuth, Tübingen 1999

Fisch / Plesser (2007): Fisch, M.N./ Plesser, S.: EVA – Evaluierung von Energiekonzepten für Bürogebäude, Forschungsbericht IGS TU Braunschweig Institut für Gebäude- und Solartechnik

Fohler (2003): Fohler, S. – Technikтheorien – der Platz der Dinge in der Welt des Menschen – Wilhelm-Fink Verlag 2003.

FM Benchmarking Bericht 2011/12 - Rotermund – Ingenieure (Hrsg.): fm.benchmarking Bericht 2011/2012

GEFMA→ Relevante Regelwerke für den Lebenszyklusansatz

Gerdes (2012): Gerdes, G.: Sind zertifizierte Gebäude nicht kostengünstiger?- in Facility Manager 4/2012 – Gütersloh: Bauverlag BV

Hegner (2008): Hegner, H.D.: Fortschreibung des Leitfadens Nachhaltiges Bauen des Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung – 11. Sitzung des Runden Tisches Nachhaltiges Bauen beim BMVBS, Berlin 30.07.2008

Hegner (2007): Hegner, H.D.: Der BMVBS Leitfaden „Nachhaltiges Bauen“ – Zertifizierung nachhaltiger Gebäude, Forschungsaktivitäten, Berlin 11.12.2007

Imai (1986): Imai, M.: Kaizen, The key to Japans competitive success, Verlag Random House Business Division, New York, 1986

Kalusche (1991): Kalusche, W.: Gebäudeplanung im Betrieb - Springer Verlag, Berlin, 1991

Kohler (1999): Kohler, N..: Lebenszyklusbezogene Bewertung von Gebäuden – in: Deutsches Architektur Museum; M. Volz: Die ökologische Herausforderung in der Architektur – Ernst Wasmuth Verlag 1999

König et. al (2009): König, H./ Kohler, N./ Kreißig, J./ Lützkendorf, T.: Lebenszyklusanalyse in der Gebäudeplanung – Grundlagen, Berechnung, Planungswerkzeuge – Detail Green Books – DETAIL Verlag, 2009

Leitfaden (2010): Bundesministerium für Verkehr, bau- und Wohnungswesen: Leitfaden Nachhaltiges Bauen – Eigenverlag 2010

Lützkendorf (2006): Lützkendorf, T.: Stand der Normung bei ISO und ZEN im Bereich der Beschreibung Umwelt- und gesundheitsrelevanter Eigenschaften von Bauprodukten, sowie der Beurteilung der Umweltqualität und Nachhaltigkeit von Bauwerken – Tischvorlage zur Sitzung des Runden Tisches „Nachhaltiges Bauen“ am 18.05.2006, BBSR Berlin

Lützkendorf (2012) Lützkendorf, T.: Themen und Trends des Nachhaltigen Bauens – Dokumentation der Sitzung des Runden Tisches „Nachhaltiges Bauen“ am 15.11.2012, BBSR Berlin

Meadows (1972): Meadows, D.L. – Die Grenzen des Wachstums, 1972

Möller (1996): Möller. D.-A.: Planungs- und Bauökonomie Bd. 1 Grundlagen der wirtschaftlichen Bauplanung, 3. Auflage Oldenbourg Verlag München Wien 1996

Möller (2013): Möller, D.-A. und Kalusche, W. Planungs- und Bauökonomie: Wirtschaftslehre für Bauherren und Architekten – Oldenburg Verlag, München 2013.

Neumann (2012): Neumann & Partner CREIS Real Estate Solutions, Berlin, Rostock / http://www.creis.net

Peters (2010): H. Peters: Im Dienste der Nachhaltigkeit, Institut Bauen und Umwelt e.V.: 2010

Porter (1993): Porter, M.E.: Nationale Wettbewerbsvorteile – Ueberreuter 1993

prEN 15341 (2006): Maintenance: Maintenance Key Performance indicated – final draft - Europäische Norm / zen NA 152-06-07 AA N 159

Ropohl (2009): Ropohl, G. – Allgemeine Technologie – eine Systemtheorie der Technik, Universitätsverlag Karlsruhe 2009.

Rotermund (2012): Rotermund –Ingenieure (Hrsg.) fm.benchmarking Bericht 2011/2012

SIA 380/4 Elektrische Energie im Hochbau

Spemann (2006): Spemann, K.: Stichwort „Investition“ in Wirtschaftslexikon S. 2668 – Schäffer Poeschel Verlag, Stuttgart 2006)

TGA KO (2008): Version 2, 3. Auflage 2008 Hrsg.: Finanzministerium Baden-Württemberg/ Vermögen und Bau Baden-Württemberg/ Poststelle.vb-bw@vbv.bwl.de

VDMA Einheitsblätter 241 86 - Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden – Beuth Verlag 2003

Weber (2008): Weber, K.H.: Dokumentation Verfahrenstechnischer Anlagen- Springer 2008 – Anforderungen an AS BUILT Dokumentation, S. 195

Zangemeister (1971): Zangemeister, Christof: Nutzwertanalyse in der Systemtechnik: eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen. München : Wittemann, 1971. — zugl.: Berlin, Techn. Univ., Diss., 1970

Relevante Regelwerke für den Lebenszyklusansatz

AMEV (1986): Bedienen RTL - Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltung – Bedienen von raumlufttechnischen Anlagen in öffentlichen Gebäuden (Bedien RTL 88) - Eigenverlag Bonn, 1986

AMEV (1992): EVA Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltung – Energieverbrauchserfassung und Grundlagen zur Auswertung für öffentliche Gebäude (EVA 92) - Eigenverlag Bonn, 1992

AMEV (2000): Hinweise zur Ermittlung des Personalbedarfes für das Betreiben der techn. Anlagen in öffentlichen Gebäuden – Eigenverlag 2001

AMEV TGM (2001): Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltung – Technisches Gebäudemanagement als Teilaufgabe des Facility Managements – Schwerpunkt technische Gebäudeausrüstung TGA (TGM 2001) - Eigenverlag Berlin, 2001

AMEV Wartung (2002): Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltung – Wartung Inspektion und damit verbundene kleine Instandsetzungsarbeiten von technischen Anlagen und Einrichtungen in öffentlichen Gebäuden (Wartung 2002) - Eigenverlag Berlin, 2002

Amtsblatt (2007): Amtsblatt für Brandenburg: Bekanntmachungen der Landesbehörden – Potsdam Juni 2007

BKI (2009): Baukosten Informationsdienst, Teil 2 Statistische Kostenkennwerte für Bauelemente, Architektenkammer Baden Württemberg, 2009

BKI (2010): Baukosten Informationsdienst, Objektdaten NK1 - Nutzungskosten, Architektenkammer Baden Württemberg, 2010

CREIS (2012): . Neumann & Partner CREIS Real Estate Solutions, Berlin, Rostock / http://www.creis.net

DIN 13306 (2001): DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Begriffe der Instandhaltung - Beuth Verlag, Berlin 2001

DIN 18960 (2008): DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Nutzungskosten im Hochbau - Beuth Verlag, Berlin 2008

DIN 24166 (1989): DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Ventilatoren, technische Lieferbedingungen - Beuth Verlag, Berlin 1989

DIN 31051 (2003): DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Grundlagen der Instandhaltung – Beuth Verlag, Berlin 2003

DIN 32541 (1977-2005): DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Betreiben von Maschinen und vergleichbaren technischen Arbeitsmitteln - Beuth Verlag, Berlin 1977

DIN 32736 (2000): DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Gebäudemanagement – Beuth Verlag, Berlin 2000

DIN EN 13306 (2001): DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Begriffe der Instandhaltung – Beuth Verlag, Berlin 2001

DIN EN ISO 14040 (2006): DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen – Beuth Verlag, Berlin 2006

DIN EN ISO 14044 (2006): DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen (ISO 14044:2006) – Beuth Verlag, Berlin 2006

DIN EN 15221-1 (2006): Facility Management – Teil 1 Begriffe, 2006

DIN EN 16001 (2009): Energiemanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung – Beuth Verlag, Berlin 2011

DIN EN ISO 50001 (2011): DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Energiemanagementsysteme – Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung – Beuth Verlag, Berlin 2011

DIN V 18599 (2007): DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Beuth Verlag, Berlin 2007

GEFMA 100-1 (2004): GEFMA e.V. Deutscher Verband Facility Management e.V.: Facility Management – Grundlagen (Entwurf). Eigenverlag, 2004

GEFMA 200 (2007): GEFMA e.V. Deutscher Verband Facility Management e.V.: „Kosten im Facility Management“ – Eigenverlag, 2007

GEFMA 220 (2003): GEFMA e.V. Deutscher Verband Facility Management e.V.: Lebenszyklusrechnung im Facility Management – Grundlagen, Prozessnummersystem, Anwendung (Entwurf). Eigenverlag, 2003

GEFMA 220-1 (2010): GEFMA e.V. Deutscher Verband Facility Management e.V.: Lebenszykluskostenrechnung im FM – Grundlagen (Entwurf) - Eigenverlag, 2010

GEFMA 220-2 (2010): GEFMA e.V. Deutscher Verband Facility Management e.V.:

GEFMA 250 (2011): GEFMA e.V. Deutscher Verband Facility Management e.V.: Benchmarking in der Immobilienwirtschaft - Eigenverlag, 2010

ISO/FDIS 15686-5 (2007): ISO TC 59/ SC 14 (2007) Buildings and constructed assets – service life planning – part 5 life cycle costing. ISO committees / ISO 2007 – 09-20

Leitfaden BMVBS (2001): Bundesministerium für Verkehr, bau- und Wohnungswesen: Leitfaden Nachhaltiges Bauen – Eigenverlag 2001

Leitfaden (2010): Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: Leitfaden Nachhaltiges Bauen – Eigenverlag 2010

SIA 380/4 Elektrische Energie im Hochbau

StLB Bau (2010): Standardleistungsbuch Bau – Dynamische Baudaten, DIN Deutsches Institut für Normung e.V. – Eigenverlag, 2010

TGA KO (2008): Version 2, 3. Auflage 2008 Hrsg.: Finanzministerium Baden-Württemberg/ Vermögen und Bau Baden-Württemberg/ Poststelle.vb-bw@vbv.bwl.de

VDI 2067 (2012): Verein Deutscher Ingenieure – Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Grundlagen und Kostenrechnung (Blatt 1) - Beuth Verlag – Berlin 2012

VDI 2884 (2005): Verein Deutscher Ingenieure - Beschaffung, Betrieb und Instandhaltung von Produktionsmitteln unter Anwendung von Life Cycle Costing (LCC) – 2005

VDI 3801 (1999) *Entwurf*: Verein Deutscher Ingenieure - Betreiben von Raumlufttechnischen Anlagen – 1999

VDI 3810 (1997): Verein Deutscher Ingenieure - Betreiben von heiztechnischen Anlagen – 1997

VDI 3810 (2012) Blatt 1: Verein Deutscher Ingenieure - Betreiben und Instandhalten von gebäudetechnischen Anlagen – Grundlagen – 2012

VDI 3810 (2012) Blatt 4 *Entwurf*: Verein Deutscher Ingenieure - Betreiben und Instandhalten von gebäudetechnischen Anlagen – Raumlufttechnische Anlagen – 2012

VDI 3810 (2012) Blatt 6 *Entwurf*: Verein Deutscher Ingenieure - Betreiben und Instandhalten von gebäudetechnischen Anlagen – Aufzüge – 2012

VDI 4707 (2009) Blatt 1 Aufzüge – Energieeffizienz 2012

VDI 4707 (2012) Blatt 2 Aufzüge – Energieeffizienz Komponenten 2012

VDI 6025 (2008): Verein Deutscher Ingenieure - Betriebswirtschaftliche Berechnungen für Investitionsgüter und Anlagen - 2008

VDMA 34160 (2006): VDMA-Einheitsblatt „Prognosemodell für die Lebenszykluskosten von Maschinen und Anlagen“, Beuth Verlag GmbH Berlin 2006

VDMA 24186-0 (2004): VDMA Einheitsblatt *Entwurf* „Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden“, Beuth Verlag GmbH Berlin 2004

VOB (2009): Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Beuth Verlag – Berlin 2009

ISO/FDIS 15686-5 (2007): ISO TC 59/ SC 14 (2007) Buildings and constructed assets – service life planning – part 5 life cycle costing. ISO committees / ISO 2007 – 09-20

Nutzungsdauertabellen

BBR /IEMB (2009): Lebensdauer von Bauteilen und Bauteilschichten - BBR / IEMB Berlin, 2009

BBSR (2009): Nutzungsdauerangaben von ausgewählten Bauteilen der Kostengruppen 300, 400 und 500 nach DIN 276 – Entwurf der BBSR-Endfassung vom 20.10.2009

BTE Lebensdauer-Tabellen (2008): Fram,K.-J./ Renz, K. / Agethen, U. / Thees, E. P.

IFB (2004): IBF-Institut für Bauforschung e.V.: Lebensdauer der Bauteile und Baustoffe zur Harmonisierung der wirtschaftlichen Nutzungsdauer im Wohnungsbau – Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2004

IFB.O.R. (2007): Bogenstätter, U.: Technische Lebensdauern: www.ifbor.eu

Leitfaden (2010): Bundesministerium für Verkehr, bau- und Wohnungswesen: Leitfaden Nachhaltiges Bauen – Eigenverlag 2010

Pfeiffer et. al. (2007): Pfeiffer, M./ Fanslau, D./ Zedler, J.: Lebensdauer von Baustoffen und Bauteilen – Nachhaltigkeitsaspekte im Wohnungsbau BUNDESBLATT, 2007

Literatur Vertiefung (nicht zitiert)

Alfen (2008): Alfen, H.: Lebenszyklusorientiertes Management öffentlicher Liegenschaften am Beispiel von Hochschulen und Wissenschaftseinrichtungen – Bauhaus Universität Weimar, 2008

Balck (2003a): Balck, H.: Transformationen – Neue Kompetenzmuster in Bauwirtschaft und Immobilienwirtschaft – in: Kolumne von FACILITY MANAGEMENT 01/ 2003 – Bauverlag/ Bertelsmann 2003

Balck (2003c): Balck, H.: Wandlungsprojekte, von Strukturbrüchen zur Polaren Organisation – in: Bullinger/Warnecke (Hrsg.) – Neue Organisationsformen im Unternehmen – Springer Verlag, Berlin/Heidelberg 2003

Balck (2002): Balck, H.: Facilities Management und Projektentwicklung im Lebenszyklus der Immobilie – in: Schulte/ Bone-Winkel (Hrsg.) – Handbuch Immobilien-Projektentwicklung – Rudolf Müller Verlag, Köln 2002

Balck (2000): Balck, H.: Die Immobilie als Prozess – Reengineering von Immobiliendienstleistungen – in: Schulte/Pierschke (Hrsg.) – Facilities Management – Rudolf Müller Verlag, Köln 2000

Balck (1998): Balck, H.: Neue Servicekonzepte revolutionieren die Unternehmensinfrastruktur – in: Schulte/Schäfers (Hrsg.) – Handbuch Corporate Real Estate Management – Rudolf Müller Verlag, Köln 1998

Eßig (2009): Eßig, N.: Die Bemessung der Nachhaltigkeit – db deutsche Bauzeitung 2009

Fabry (2007): Fabry, B. / Meininger, F. / Kayser, K.: Vergaberecht in der Unternehmenspraxis – Erfolgreich um öffentliche Aufträge bewerben – Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler, Wiesbaden 2007

Feist (1997) Wolfgang Feist: „Passivhaus Darmstadt Kranichstein - Planung, Bau, Ergebnisse“, Fachinformation PHI 1997/4, 1. Auflage

Graubner et. al. (2003): Graubner C.-A./ Herzog K./ Renner, A.: bauloop – ein Informationssystem zur Nachhaltigkeitsbeurteilung von Baukonstruktionen. In: Tagungsband Darmstädter Massivbau-Seminar „IuK-Technologie im konstruktiven Ingenieurbau“. Darmstadt: Institut für Massivbau - TU Darmstadt – Band 24, S. VII-1-VII-17 - 2003

Hecker (2007) - in: Schmidt, B.-M./ Hecker, T./ Fischhaber, D.: Wirtschaftlich optimierter RLT-Konzepte müssen sich durchsetzen – Energiebedarf. Transparenz durch Berechnung der Lebenszykluskosten von Lüftungs- und Klimageräten HLH Lüftung/Klima, Heizung/Sanitär, Gebäudetechnik, 2007

Hegner (2010): Hegner, H.D.: Energieausweis – Haufe – Verlag 2010

Heidt / Gieseler (2004): Heidt, F.D., Gieseler, U.: Bewertung der Energieeffizienz verschiedener Maßnahmen für Gebäude mit sehr geringem Energiebedarf - Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2004

Isenhöfer (1998): Isenhöfer, B. / Väht, A.: Lebenszyklus von Immobilien – in: Schulte, K.-W. (Hrsg.) – Immobilienökonomie. S. 141-147 – Oldenbourg, München, Wien 1998

Kohler (2006): Kohler, N.: GiSMO – Ganzheitliche Integration von Sanierung und Modernisierung. Teilvorhaben C: Begleitende Forschung – Bundesministerium für Bildung und Forschung – BMBF, Berlin 2006

Kohler (1998): Kohler, N..: Grundlagen zur Bewertung kreislaufgerechter, nachhaltiger Baustoffe, Bauteile und Bauwerke. In: Tagungsband zum 20. Aachener Baustofftag, 1998

Kohlmann/Heller (2009): Kohlmann, B./ Heller, T.: Stillstands Zeit Null! – so sichern Sie durch Restlebensdauerprognosen den Anlagenbetrieb - FACILITY MANAGEMENT 1/2009

König (2002): König, H.: Verbundvorhaben: Lebenszyklusoptimierte Systemlösung für verdichteten Wohnungsbau mit Massivholztechnologie (BASYS). Teilvorhaben: Lebenszyklusmodell mit Element- und Bauleistungssystematik und Projektkoordination - Bundesministerium für Bildung und Forschung – BMBF – TIB Hannover 2002

Lützkendorf (2010):, T.: ZukunftBau – Nachhaltigkeit – Kurzfassung des Vortrages im Kongress „Bauen für die Zukunft - nachhaltig und innovativ“ – 16/17.02.2010, Berlin

Lützkendorf et. al. (2007): Lützkendorf, T./ Schäfer H./ Scholand, M.´: Immovest – Grundlagen nachhaltiger Immobilieninvestments, 2007

ANHANG

ANHANG 1: Nutzungsdauer von Bauteilen

Quellen:

- Leitfaden Nachhaltiges Bauen (BBSR) (2009)
- Lebensdauer von Bauteilen - Zeitwerte (BTE - Bund Technischer Experten e.V.) (2008)
- Technische Lebensdauern (ifBOR - Institute for Building Operations Research)
- Lebensdauer von Bauteilen und Bauteilschichten (IEMB - Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V. an der TU Berlin) (2006)
- DIN EN 13779 (2005), DIN EN 15459 (2008), VDI 2067-1 (2000)

KG nach DIN 276			Anlagen und Bauteile	Ergebnis über alle Quellen in Jahren		
3. KG-Stelle	4. KG-Stelle	5. KG-Stelle		Min.	Mittel	Max.
430			**Lufttechnische Anlagen**			
431			**Lüftungsanlagen**			
	4311		**Lüftungsanlagen Bauelemente des Luftverteilunssystems**			
		4311-01	Lüftungsanlagen Bauelemente des Luftverteilunssystems, Brandschutzklappen	10	23	40
		4311-02	Lüftungsanlagen Bauelemente des Luftverteilunssystems, Brandschutzventile	10	30	40
		4311-03	Lüftungsanlagen Bauelemente des Luftverteilunssystems, Jalousieklappen	20	30	40
		4311-04	Lüftungsanlagen Bauelemente des Luftverteilunssystems, Kammern	20	30	40
		4311-05	Lüftungsanlagen Bauelemente des Luftverteilunssystems, Wetterschutzgitter und sonstige Gitter	20	25	40
		4311-06	Lüftungsanlagen Bauelemente des Luftverteilunssystems, Drosselklappen	20	20	20
		4311-07	Lüftungsanlagen Bauelemente des Luftverteilunssystems, motorbetriebene Drosselklappen	15	15	15
		4311-08	Lüftungsanlagen Bauelemente des Luftverteilunssystems, Diffusoren	20	20	20
	4312		**Lüftungsanlagen Luftbefeuchter**			
		4312-01	Lüftungsanlagen Luftbefeuchter, Dampfbefeuchter mit eigenem Dampferzeuger	4	11	25
		4312-02	Lüftungsanlagen Luftbefeuchter, Dampfbefeuchter ohne eigenen Damperzeuger	4	16	35
		4312-03	Lüftungsanlagen Luftbefeuchter, Tropfenabscheider	10	30	40
		4312-04	Lüftungsanlagen Luftbefeuchter, Gleichrichter	10	30	40
		4312-05	Lüftungsanlagen Luftbefeuchter, Ultraschall-, Zerstäubungs- und Hybridbefeuchter	10	15	25
		4312-06	Lüftungsanlagen Luftbefeuchter, Umlaufsprüh- und Verdunstungsbefeuchter	10	15	30
	4313		**Lüftungsanlagen Luftfilter**			
		4313-01	Lüftungsanlagen Luftfilter, Elektrofilter	10	15	20
		4313-02	Lüftungsanlagen Luftfilter, Rollbandfilter	1	10	20
		4313-03	Lüftungsanlagen Luftfilter, Schwebstofffilter	1	10	20
		4313-04	Lüftungsanlagen Luftfilter, Sorptionsfilter	1	10	20
		4313-05	Lüftungsanlagen Luftfilter, Trockenschichtfilter-Aktivkohlefilter	1	8	20
		4313-06	Lüftungsanlagen Luftfilter, Trockenschichtfilter-Faserfilter	1	10	20
		4313-07	Lüftungsanlagen Luftfilter, Wrasenfilter	10	13	20
		4313-08	Lüftungsanlagen Luftfilter, Filterrahmen	15	15	15
	4314		**Lüftungsanlagen Luftfördereinrichtung**			
		4314-01	Lüftungsanlagen Luftfördereinrichtung, Dämmung	20	30	40
		4314-02	Lüftungsanlagen Luftfördereinrichtung, Luftkanäle	30	30	40
		4314-03	Lüftungsanlagen Luftfördereinrichtung, Ventilatoren	15	24	40
		4314-04	Lüftungsanlagen Regeltechnik, meß-, steuer- und regelungstechnische (MSR)-Einrichtungen	10	17	20
		4314-05	Lüftungsanlagen Luftfördereinrichtung, Doppelschachtgehäuse	15	15	15
	4315		**Lüftungsanlagen Wärmeüberträger,**			
		4315-01	Lüftungsanlagen Wärmeüberträger, Elektro-Lufterhitzer	10	19	20
		4315-02	Lüftungsanlagen Wärmeüberträger, Kreuzstrom-Wärmeübertrager	10	23	25
		4315-03	Lüftungsanlagen Wärmeüberträger, Kühldecken	10	18	30
		4315-04	Lüftungsanlagen Wärmeüberträger, Lufterhitzer (Luft/Flüssigkeit)	10	18	25
		4315-05	Lüftungsanlagen Wärmeüberträger, Luftkühler (Luft/Flüssigkeit)/Entfeuchter	10	19	25
		4315-06	Lüftungsanlagen Wärmeüberträger, Rotations-Wärmeübertrager	10	18	25
		4315-07	Lüftungsanlagen Wärmeüberträger, Verdampfer (Luft/Kältemittel)	10	19	25
		4315-08	Lüftungsanlagen Wärmeüberträger, gasgefeuerte Luftheizgeräate für Stockwerkheizungen	-	15	-
		4315-09	Lüftungsanlagen Wärmeüberträger, Lufterhitzer für Großraumbeheizung gas oder ölgefeuert	-	15	-
		4315-10	Lüftungsanlagen Wärmeüberträger, Ventilatorkonvektoren	15	15	15
	4316		**Lüftungsanlagen, Nutzenübergabe (Luftdurchlass)**			
		4316-01	Lüftungsanlagen, Nutzenübergabe (Luftdurchlass), Deckenluftdurchlass	30	25	30
		4316-02	Lüftungsanlagen, Nutzenübergabe (Luftdurchlass) Wandluftdurchlass	30	25	30
		4316-03	Lüftungsanlagen, Nutzenübergabe (Luftdurchlass) Bodenluftdurchlass	30	25	30
	4317		**Lüftungsanlagen, Nutzenübergabe (Wärme), Direkt-zentral**			
		4317-01	Lüftungsanlagen, Nutzenübergabe (Wärme), Direkt-zentral, Gas	-	20	-
		4317-02	Lüftungsanlagen, Nutzenübergabe (Wärme), Direkt-zentral, Öl	-	20	-
		4317-03	Lüftungsanlagen, Nutzenübergabe (Wärme), Direkt-zentral, Elektro	-	20	-
	4318		**Lüftungsanlagen, Nutzenübergabe (Wärme), Direkt-dezentral**			
		4318-01	Lüftungsanlagen, Nutzenübergabe (Wärme), Direkt-dezentral, Gas	-	20	-
		4318-02	Lüftungsanlagen, Nutzenübergabe (Wärme), Direkt-dezentral, Öl	-	20	-
		4318-03	Lüftungsanlagen, Nutzenübergabe (Wärme), Direkt-dezentral, Elektro	-	20	-
	4319		**Lüftungsanlagen, Nutzenübergabe (Wärme), Indirekt-zentral**			
		4319-01	Lüftungsanlagen, Nutzenübergabe (Wärme), Indirekt-zentral, Wasser	-	20	-
		4319-02	Lüftungsanlagen, Nutzenübergabe (Wärme), Indirekt-zentral, Dampf	-	20	-
		4319-03	Lüftungsanlagen, Nutzenübergabe (Wärme), Indirekt-zentral, Gas	-	20	-
	431.10		**Lüftungsanlagen, Nutzenübergabe (Wärme), Indirekt-dezentral**			
		431.10-01	Lüftungsanlagen, Nutzenübergabe (Wärme), Indirekt-zentral, Wasser	-	20	-
		431.10-02	Lüftungsanlagen, Nutzenübergabe (Wärme), Indirekt-zentral, Dampf	-	20	-
		431.10-03	Lüftungsanlagen, Nutzenübergabe (Wärme), Indirekt-zentral, Gas	-	20	-
	431.11		**Lüftungsanlagen, Wärmerückgewinner**			
		431.11-01	Lüftungsanlagen, Wärmerückgewinner, Platten-Wärmetauscher	20	23	20
		431.11-02	Lüftungsanlagen, Wärmerückgewinner, Kreislauf-Wärmetauscher	15	21	15
		431.11-03	Lüftungsanlagen, Wärmerückgewinner, Wärmerohr-Wärmetauscher	20	23	20
		431.11-04	Lüftungsanlagen, Wärmerückgewinner, Rotations-Wärmetauscher	15	20	15
	431.12		**Lüftungsanlagen, sonstiges**			
		431.12-01	Lüftungsanlagen, sonstiges, Raumlufttechnische Geräte	10	15	20

Tab. A 1: Nutzungsdauerdaten für lufttechnische Anlagen, KG 431 Lüftungsanlagen DIN 276 – Min.- und Max.-Werte sind Absolut-Werte (alle Angaben sind Auswertungen aus den verfügbaren Quellen mit Nutzungsdauerdaten)

KG nach DIN 276			Anlagen und Bauteile	Ergebnis über alle Quellen in Jahren		
3. KG-Stelle	4. KG-Stelle	5. KG-Stelle		Min.	Mittel	Max.
430			**Lufttechnische Anlagen**			
434			**Kälteanlagen**			
	4341		**Kälteanlagen Anlagenteile im Kältekreislauf**			
		4341-01	Kälteanlagen Anlagenteile im Kältekreislauf, Armaturen	15	25	35
		4341-02	Kälteanlagen Anlagenteile im Kältekreislauf, Dämmung	15	25	35
		4341-03	Kälteanlagen Anlagenteile im Kältekreislauf, Eisspeicher	10	15	20
		4341-04	Kälteanlagen Anlagenteile im Kältekreislauf, Mess- und Anzeigegeräte	10	13	20
		4341-05	Kälteanlagen Anlagenteile im Kältekreislauf, MSR- und Sicherheitseinrichtungen	10	17	20
		4341-06	Kälteanlagen Anlagenteile im Kältekreislauf, Rohrleitungen	15	30	40
		4341-07	Kälteanlagen Anlagenteile im Kältekreislauf, Sorptionsspeicher	10	15	20
	4342		**Kälteanlagen Elektrische Einrichtungen**			
		4342-01	Kälteanlagen Elektrische Einrichtungen, Schalt- und Steuerschränke	10	15	20
		4342-02	Kälteanlagen Elektrische Einrichtungen, Sicherheitseinrichtungen	10	13	15
	4343		**Kälteanlagen Kälteerzeuger**			
		4343-01	Kälteanlagen Kälteerzeuger, Absorptionskältemaschienen	10	18	30
		4343-02	Kälteanlagen Kälteerzeuger, Adsorptionskältemaschienen	10	20	30
		4343-03	Kälteanlagen Kälteerzeuger, Kompressionskältemaschienen	10	17	30
		4343-04	Kälteanlagen Kälteerzeuger, Thermoelektr. Kälteerzeugung	-	15	-
		4343-05	Kälteanlagen Kälteerzeuger, Rückkühlwerke	-	20	-
	4344		**Kälteanlagen Trockenrückkühlanlagen**			
		4344-01	Kälteanlagen Trockenrückkühlanlagen	10	20	35
	4345		**Kälteanlagen Verdrängungs- und Strömungsmaschinen**			
		4345-01	Kälteanlagen Verdrängungs- und Strömungsmaschinen, Hubkolben- und Rotationsverdichter	10	15	30
	4346		**Kälteanlagen Verdunstungsrückkühlanlagen**			
		4346-01	Kälteanlagen Verdunstungsrückkühlanlagen	10	20	30
	4347		**Kälteanlagen Wärmeaustauscher**			
		4347-01	Kälteanlagen Wärmeaustauscher, Luftgekühlte Verflüssiger	10	20	25
		4347-02	Kälteanlagen Wärmeaustauscher, Verdampfer (Flüssigkeit / Kältemittel)	10	19	25
		4347-03	Kälteanlagen Wärmeaustauscher, Verdampfer (Luft / Kältemittel)	10	19	25
		4347-04	Kälteanlagen Wärmeaustauscher, Verdunstungs-Verflüssiger	10	20	25
		4347-05	Kälteanlagen Wärmeaustauscher, Wassergekühlte Verflüssiger	10	20	25
	4348		**Kälteanlagen Luftkühler**			
		4348-01	Kälteanlagen Luftkühler, Wasser	15	19	20
		4348-02	Kälteanlagen Luftkühler, Sole	15	19	20
	4349		**Kälteanlagen, Wärmerückhewinner**			
		4349-01	Kälteanlagen, Wärmerückhewinner, Platten-Wärmetauscher	-	20	-
		4349-02	Kälteanlagen, Wärmerückhewinner, Kreislauf-Wärmetauscher	-	20	-
		4349-03	Kreislauf-Wärmetauscher, Wärmerohr-Wärmetauscher	-	20	-
		4349-04	Kreislauf-Wärmetauscher, Rotations-Wärmetauscher	-	15	-
		4349-05	Kreislauf-Wärmetauscher, Wärmepumpe	-	20	-
	434.10		**Kälteanlagen, Kühldecke, geschlossen**			
		434.10-01	Kälteanlagen, Kühldecke, geschlossen, Kassetten bzw. Langfeldplatten mit Wasserrohren (Klemmverbindung)	30	25	30
		434.10-02	Kälteanlagen, Kühldecke, geschlossen, Roll-Bond-Elemente mit Kunststoffputz (integrierte Wasserkanäle)	30	30	30
		434.10-03	Kälteanlagen, Kühldecke, geschlossen, Strangpressprofile mit angeformten Wasserkanälen (eingepresste Kupferrohre)	30	30	30
		434.10-04	Kälteanlagen, Kühldecke, geschlossen, Kassetten mit Kupferrohrmäandern (Rohre abgeplattet), lose eingelegt bzw. auf einem oben- oder untenliegenden Trägerblech arretiert	30	25	30
		434.10-05	Kälteanlagen, Kühldecke, geschlossen, Kassetten bzw. Langfeldplatten mit Kapillarrohrmatten	30	25	30
		434.10-06	Kälteanlagen, Kühldecke, geschlossen, Kassetten mit Alu-Wärmeleitprofilen und eingepressten Kupferrohren (Profile teilweise mit eigenem Tragsystem)	30	25	30
	434.11		**Kälteanlagen, Kühldecke, offen**			
		434.11-01	Kälteanlagen, Kühldecke, offen, Schräglamellen an Wasserrohren (Klemmverbindung) und Rasterdecke	30	25	30
		434.11-02	Kälteanlagen, Kühldecke, offen, Langfeldplatten mit Wasserrohren (Klemmverbindung) 20 1 1 0	30	25	30
		434.11-03	Kälteanlagen, Kühldecke, offen, Strangpressprofile mit angeformten Wasserkanälen (eingepresste Kupferrohre)	30	25	30
		434.11-04	Kälteanlagen, Kühldecke, offen, Kassetten oder Langfeldplatten mit freien Luftdurchtritten (z.B. zwischenliegenden Schlitzen)	30	25	30

Tab. A 2: Nutzungsdauerdaten für lufttechnische Anlagen, KG 434 Kälteanlagen DIN 276 – Min.- und Max.-Werte sind Absolut-Werte (alle Angaben sind Auswertungen aus den verfügbaren Quellen mit Nutzungsdauerdaten)

KG nach DIN 276			Anlagen und Bauteile	Ergebnis über alle Quellen in Jahren		
3. KG-Stelle	4. KG-Stelle	5. KG-Stelle		Min.	Mittel	Max.
430			**Lufttechnische Anlagen**			
434			**Kälteanlagen**			
	434.12		**Kälteanlagen, Kühlsegel, Befeuchter**			
		434.12-01	Kälteanlagen, Kühlsegel, Befeuchter, Verdampfung 15 3 2 0	-	15	-
		434.12-02	Kälteanlagen, Kühlsegel, Befeuchter, Verdunstung 15 3 2 0	-	15	-
		434.12-03	Kälteanlagen, Kühlsegel, Befeuchter, Wasserdüse 15 3 2 0	-	15	-
		434.12-04	Kälteanlagen, Kühlsegel, Befeuchter, Druckluftdüse 15 3 2 0	-	15	-
		434.12-05	Kälteanlagen, Kühlsegel, Befeuchter, Mechanisch 15 3 2 0	-	15	-
		434.12-06	Kälteanlagen, Kühlsegel, Befeuchter, Ultraschall 15 3 2 0	-	15	-
	434.13		**Kälteanlagen, Kühlsegel, Entfeuchter**			
		434.13-01	Kälteanlagen, Kühlsegel, Entfeuchter, Kühler 15 2 2 0	-	15	-
		434.13-02	Kälteanlagen, Kühlsegel, Entfeuchter, Absorption 10 3 3 0	-	10	-
		434.13-03	Kälteanlagen, Kühlsegel, Entfeuchter, Adsorption 10 3 3 0	-	10	-
	434.14		**Kälteanlagen, Luftwäscher**			
		434.14-01	Kälteanlagen, Luftwäscher, Düsen-Befeuchter 15 3 2 0	-	15	-
		434.14-02	Kälteanlagen, Luftwäscher, Riesel-Befeuchter 15 3 2 0	-	15	-
	434.15		**Kälteanlagen, Hygiene, Filter einstufig**			
		434.15-01	Kälteanlagen, Hygiene, Filter einstufig, Schrägstrom-Filter/Flächenfilter	-	0,25	-
		434.15-02	Kälteanlagen, Hygiene, Filter einstufig, Rundluft-Filter	-	0,25	-
		434.15-03	Kälteanlagen, Hygiene, Filter einstufig, Trommel-Filter	-	0,25	-
		434.15-04	Kälteanlagen, Hygiene, Filter einstufig, Kessel-Filter	-	0,25	-
		434.15-05	Kälteanlagen, Hygiene, Filter einstufig, Umlauf-Filter	-	0,25	-
		434.15-06	Kälteanlagen, Hygiene, Filter einstufig, Taschen-Filter	-	0,25	-
		434.15-07	Kälteanlagen, Hygiene, Filter einstufig, Drehluft-Filter	-	0,5	-
	434.16		**Kälteanlagen, Hygiene, Filter mehrstufig**			
		434.16-01	Kälteanlagen, Hygiene, Filter mehrstufig, Schrägstrom-Filter	-	0,25	-
		434.16-02	Kälteanlagen, Hygiene, Filter mehrstufig, Rundluft-Filter	-	0,25	-
		434.16-03	Kälteanlagen, Hygiene, Filter mehrstufig, Trommel-Filter	-	0,25	-
		434.16-04	Kälteanlagen, Hygiene, Filter mehrstufig, Kessel-Filter	-	0,25	-
		434.16-05	Kälteanlagen, Hygiene, Filter mehrstufig, Umlauf-Filter	-	0,25	-
		434.16-06	Kälteanlagen, Hygiene, Filter mehrstufig, Taschen-Filter	-	0,25	-
		434.16-07	Kälteanlagen, Hygiene, Filter mehrstufig, Drehluft-Filter	-	0,5	-
		434.16-08	Kälteanlagen, Hygiene, Filter mehrstufig, Elektro-Filter	-	20	-
		434.16-09	Kälteanlagen, Hygiene, Filter mehrstufig, Aktivkohle-Filter	-	0,5	-
	434.17		**Kälteanlagen, Luftbeförderung, Ventilator, axial**			
		434.17-01	Kälteanlagen, Luftbeförderung, Ventilator, axial, Wand-Ventilator	-	8	-
		434.17-02	Kälteanlagen, Luftbeförderung, Ventilator, axial, Ventilator ohne Leitrad	-	12	-
		434.17-03	Kälteanlagen, Luftbeförderung, Ventilator, axial, Ventilator mit Leitrad	-	12	-
		434.17-04	Kälteanlagen, Luftbeförderung, Ventilator, axial, Gegenläufer	-	12	-
	434.18		**Kälteanlagen, Luftbeförderung, Ventilator radial**			
		434.18-01	Kälteanlagen, Luftbeförderung, Ventilator radial, Schaufeln rückwärtsgekrümmt	-	12	-
		434.18-02	Kälteanlagen, Luftbeförderung, Ventilator radial, Schaufeln gerade	-	12	-
		434.18-03	Kälteanlagen, Luftbeförderung, Ventilator radial, Schaufeln vorwärtsgekrümmt	-	12	-
	434.19		**Kälteanlagen, Luftbeförderung, Ventilator-Querstrom**			
		434.19-01	Kälteanlagen, Luftbeförderung, Ventilator-Querstrom	-	12	-
	434.20		**Kälteanlagen, Luftbeförderung, Ventilator mit variablem Volumenstrom**			
		434.20-01	Ventilator mit variablem Volumenstrom	15	15	15
		434.20-02	Volumenstromregler	15	15	15
	434.21		**Kälteanlagen, Schalldämpfer**			
		434.21-01	Kälteanlagen, Schalldämpfer, Absorptions-Dämpfer	30	25	30
		434.21-02	Kälteanlagen, Schalldämpfer, Drossel-Dämpfer	30	25	30
		434.21-03	Kälteanlagen, Schalldämpfer, Reflexions-Dämpfer	30	25	30

Tab. A 3: Nutzungsdauerdaten für lufttechnische Anlagen, KG 434 Kälteanlagen DIN 276 – Min.- und Max.-Werte sind Absolut-Werte (alle Angaben sind Auswertungen aus den verfügbaren Quellen mit Nutzungsdauerdaten)

KG nach DIN 276			Anlagen und Bauteile	Ergebnis über alle Quellen in Jahren		
3. KG-Stelle	4. KG-Stelle	5. KG-Stelle		Min.	Mittel	Max.
460			**Förderanlagen**			
461			**Aufzugsanlagen**			
	4611		**Aufzugsanlagen, Aufzugschachtbekleidungen, Lastenaufzüge und Panoramaaufzüge**			
		4611-01	Aufzugsanlagen Aufzugschachtbekleidungen	20	40	50
		4611-02	Aufzugsanlagen Lastenaufzüge	20	40	50
		4611-03	Aufzugsanlagen Panoramaaufzüge	20	40	50
	4612		**Aufzugsanlagen Personenaufzüge**			
		4612-01	Aufzugsanlagen Personenaufzüge, hydraulisch	20	35	50
		4612-02	Aufzugsanlagen Personenaufzüge, seilbetrieben	20	40	50
469			**Förderanlagen, sonstiges**			
	4691		**Förderanlagen, sonstiges Antriebselemente**			
		4691-01	Förderanlagen, sonstiges Antriebselemente, Antriebskupplungen	10	20	30
		4691-02	Förderanlagen, sonstiges Antriebselemente, Elektromotore	10	23	40
		4691-03	Förderanlagen, sonstiges Antriebselemente, Getriebe	10	25	40
		4691-04	Förderanlagen, sonstiges Antriebselemente, Kettentriebe	3	15	25
		4691-05	Förderanlagen, sonstiges Antriebselemente, Riementriebe	1	7	15

Tab. A 4: Nutzungsdauerdaten für Förderanlagen, KG 461 Aufzugsanlagen DIN 276 – Min.- und Max.-Werte sind Absolut-Werte (alle Angaben sind Auswertungen aus den verfügbaren Quellen mit Nutzungsdauerdaten).

ANHANG 2-1: Gesamtdarstellung Fraport[88]

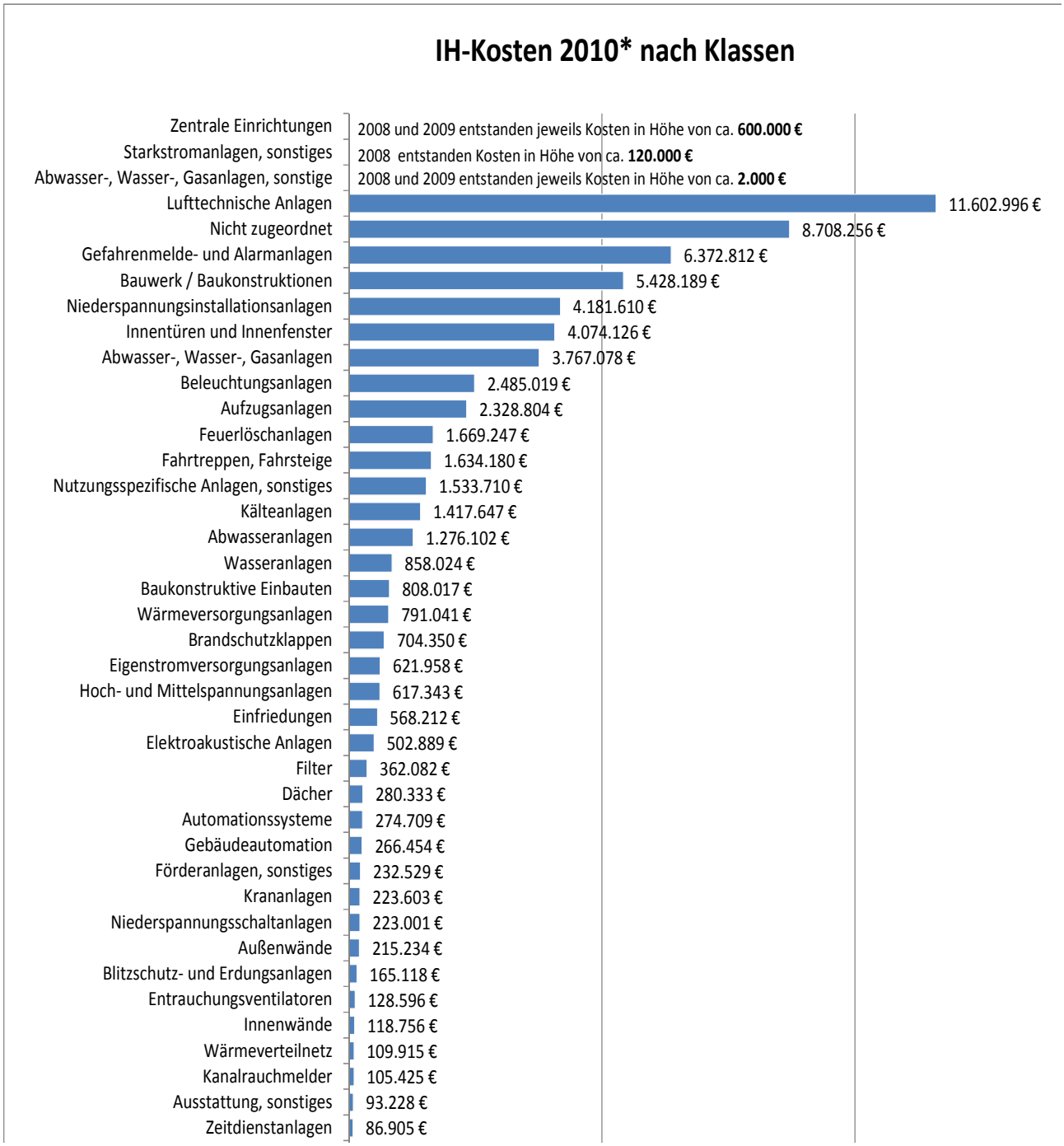


Abb. A 1: IH-Kosten 2010, sortiert nach Anlagenklassen und Bauteilarten (Quelle: IPS / Fraport

[88] Alle Kosten netto

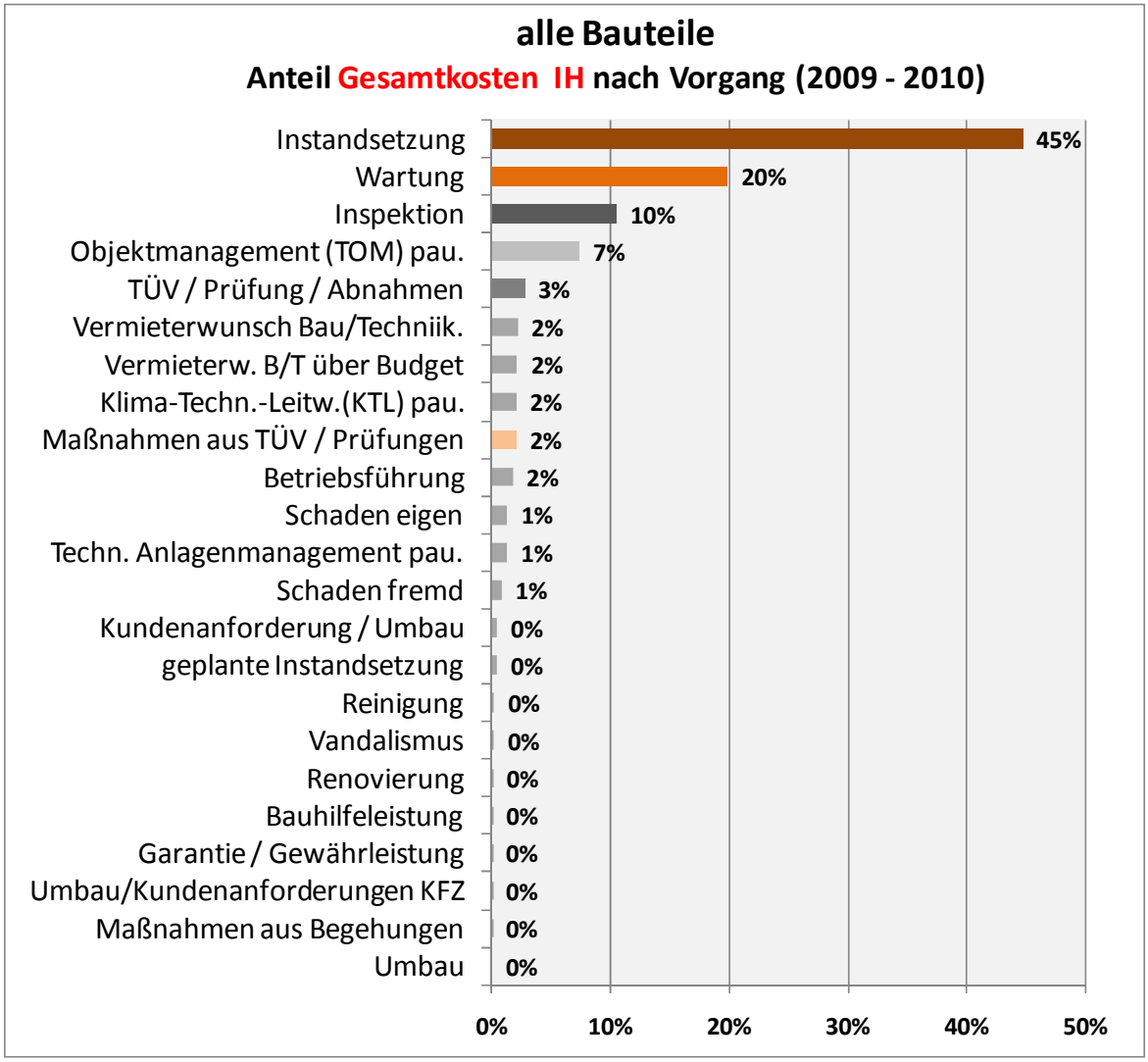
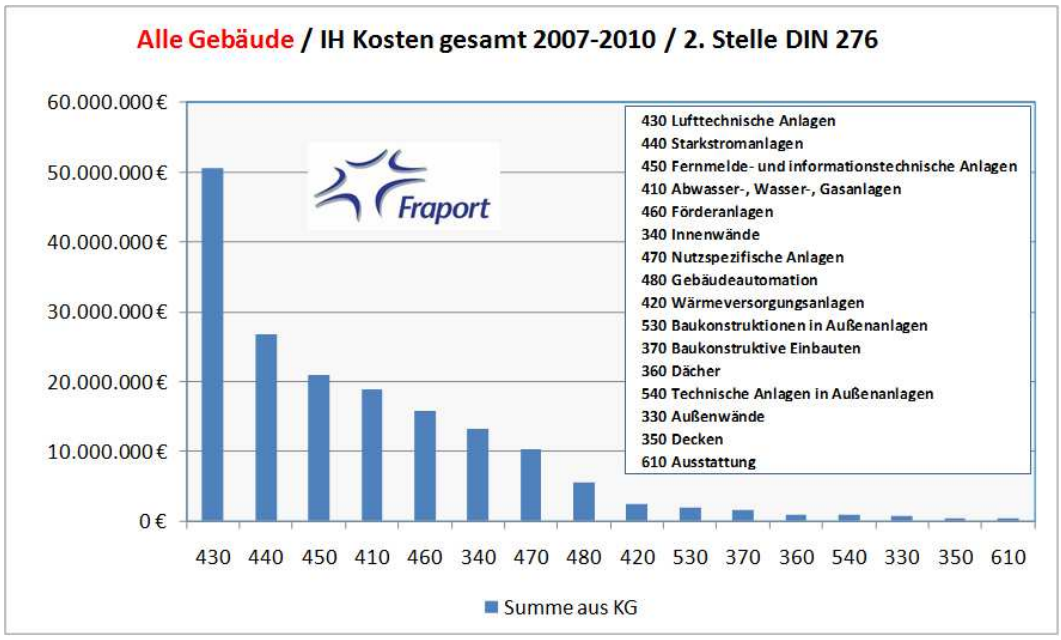
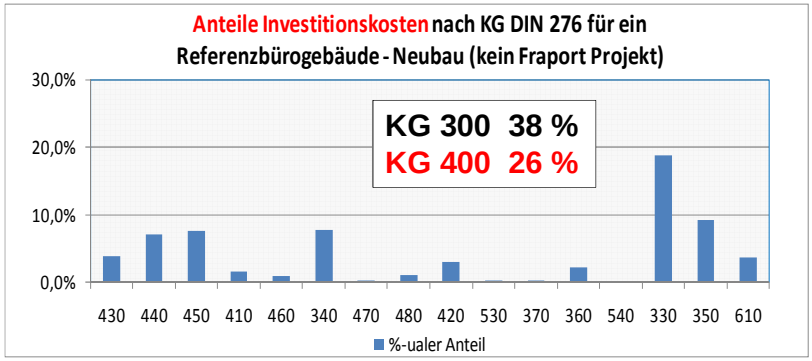


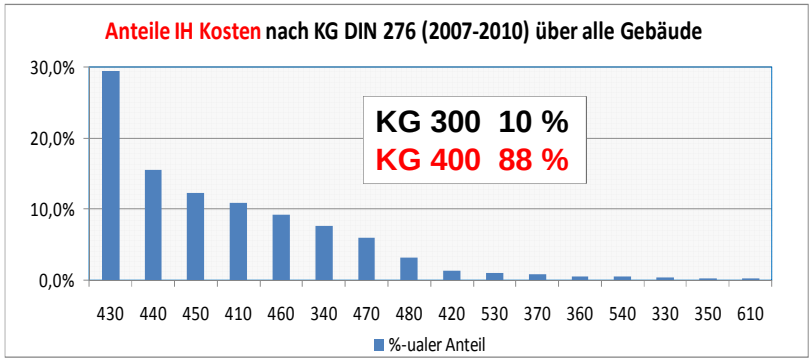
Abb. A 2: IH-Kosten 2009-2010, sortiert nach standardisierten Prozessklassen (Quelle: IPS / Fraport)



Gesamtkosten über alle Gebäude für Instandhaltung 2007-2010: 204 Mio. € (soweit in SAP erfasst)

Abb. A 3: Standortprofil der Instandhaltungskosten 2007-2010 bei Fraport (Quelle: IPS / Fraport)





430 Lufttechnische Anlagen
440 Starkstromanlagen
450 Fernmelde- und informa. Anlagen
410 Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen
460 Förderanlagen
340 Innenwände
470 Nutzspezifische Anlagen
480 Gebäudeautomation
420 Wärmeversorgungsanlagen
530 Baukonstruktionen in Außenanl.
370 Baukonstruktive Einbauten
360 Dächer
540 Technische Anlagen in Außenanl.
330 Außenwände
350 Decken
610 Ausstattung

IH-Gesamtkosten 2007-2010: 204 Mio. €

Abb. A 4: Darstellung eines „Datenexperimentes“: Korrespondierende Kostengruppen der Investition mit den Kostengruppen des Standortprofils für Instandhaltungskosten bei Fraport (Quelle: IPS / Fraport).

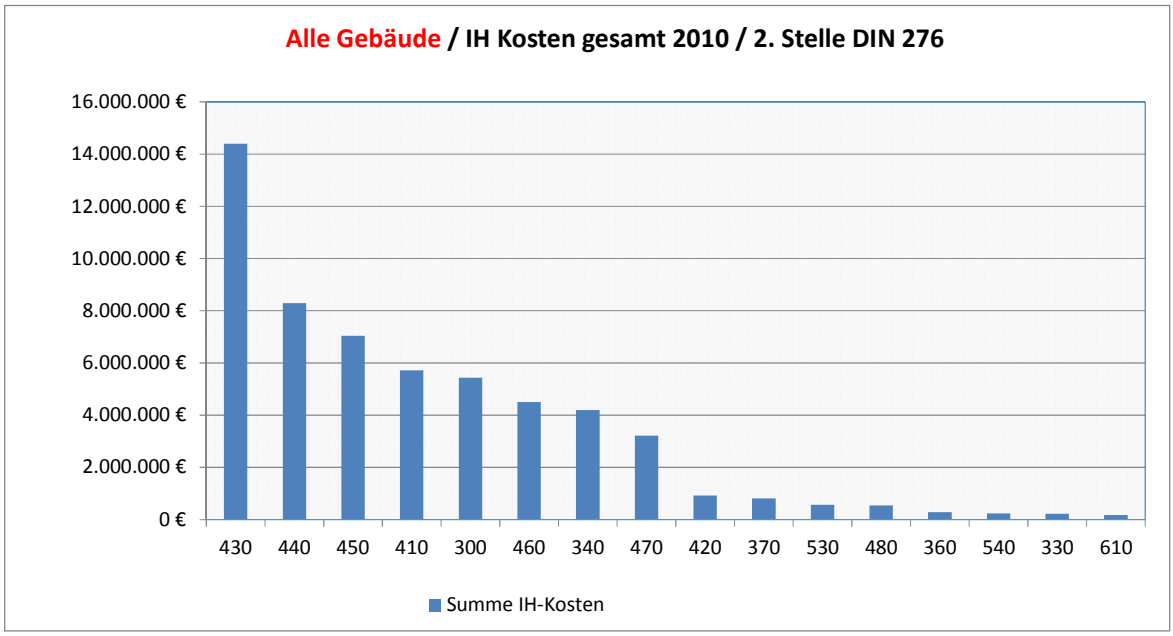


Abb. A 5: Standortprofil der Instandhaltungskosten 2010 bei Fraport (Quelle: IPS / Fraport)

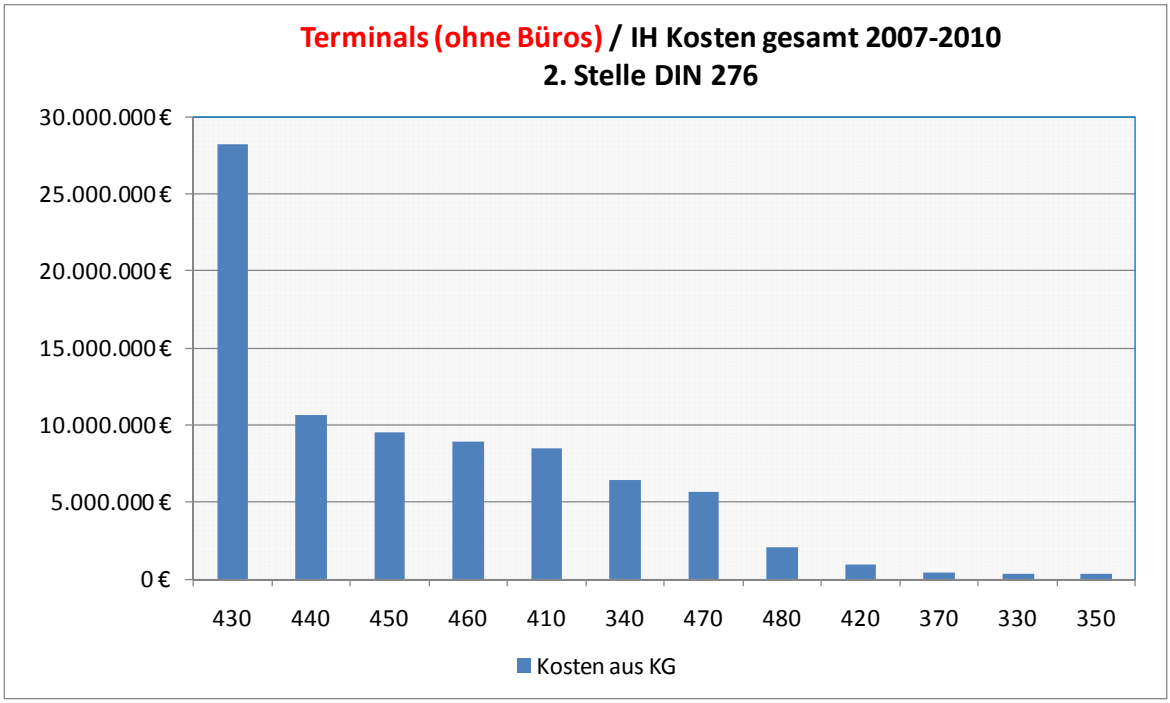


Abb. A 6: IH-Kosten für Terminals 2007-2010 bei Fraport (Quelle: IPS / Fraport)

		Strom		Wärme		
Gebäude	**NGF**	**kWh/m²**	**Gesamt**	**kWh/m²**	**Gesamt**	**Grobcluster**
462	1.766	515	909.490	427	754.082	DLH-Basis
172	3.481		-	196	682.634	Service-Verwaltungsgebäude
414	10.880		-	333	3.623.040	Service-Verwaltungsgebäude
161	3.245	123	399.135	258	837.210	Service-Verwaltungsgebäude
170	2.291	103	235.973	103	235.973	Service-Verwaltungsgebäude
173	23.095	234	5.404.230	113	2.609.735	Service-Verwaltungsgebäude
146	5.740	222	1.274.280	231	1.325.940	Service-Verwaltungsgebäude
102	11.428	118	1.348.504	357	4.079.796	Service-Verwaltungsgebäude
101	43.307	165	7.145.655	169	7.318.883	Service-Verwaltungsgebäude
100	16.393	176	2.885.168	313	5.131.009	Service-Verwaltungsgebäude
501	10.577	290	3.064.000	260	2.749.000	Service-Verwaltungsgebäude
587	8.839	100	885.000	132	1.166.640	Service-Verwaltungsgebäude
538	1.739	859	1.494.000	581	1.009.900	Service-Verwaltungsgebäude
530	25.134	39	976.000	58	1.457.890	Service-Verwaltungsgebäude
531	34.331	31	1.074.000	118	4.066.110	Service-Verwaltungsgebäude
514	2.242	326	730.000	264	592.500	Terminal
			27.825.435		37.640.342	
	Ermittlung grob		**4.090.339 €**		**2.634.824 €**	**(0,147 €/kWh; 0,07 €/kWh)**

Tab. A 5 Gebäudebezogene Energieverbräuche 2010 (Quelle: Fraport)

ANHANG 2-2: IH-Kosten auf Anlagenebene, Fraport[89]

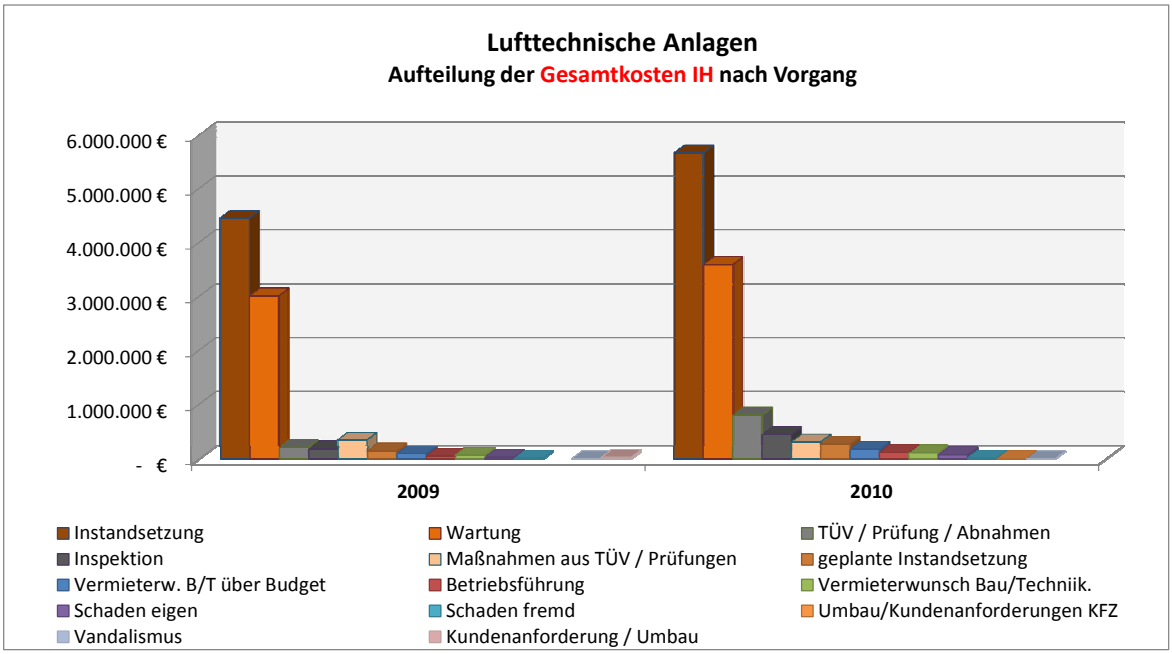


Abb. A 7: IH-Kosten lufttechnischer Anlagen 2009-2010, sortiert nach standardisierten Prozessklassen (Quelle: IPS / Fraport)

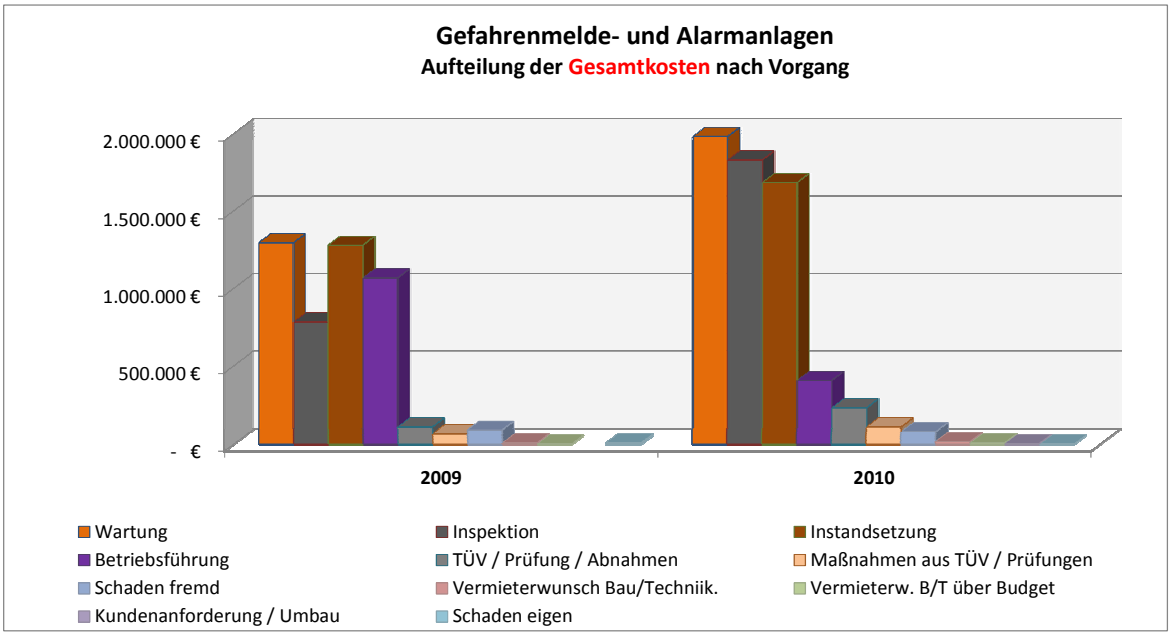


Abb. A 8: IH-Kosten Gefahrenmelde- und Alarmanlagen 2009-2010, sortiert nach standardisierten Prozessklassen (Quelle: IPS / Fraport)

[89] Alle Kosten netto

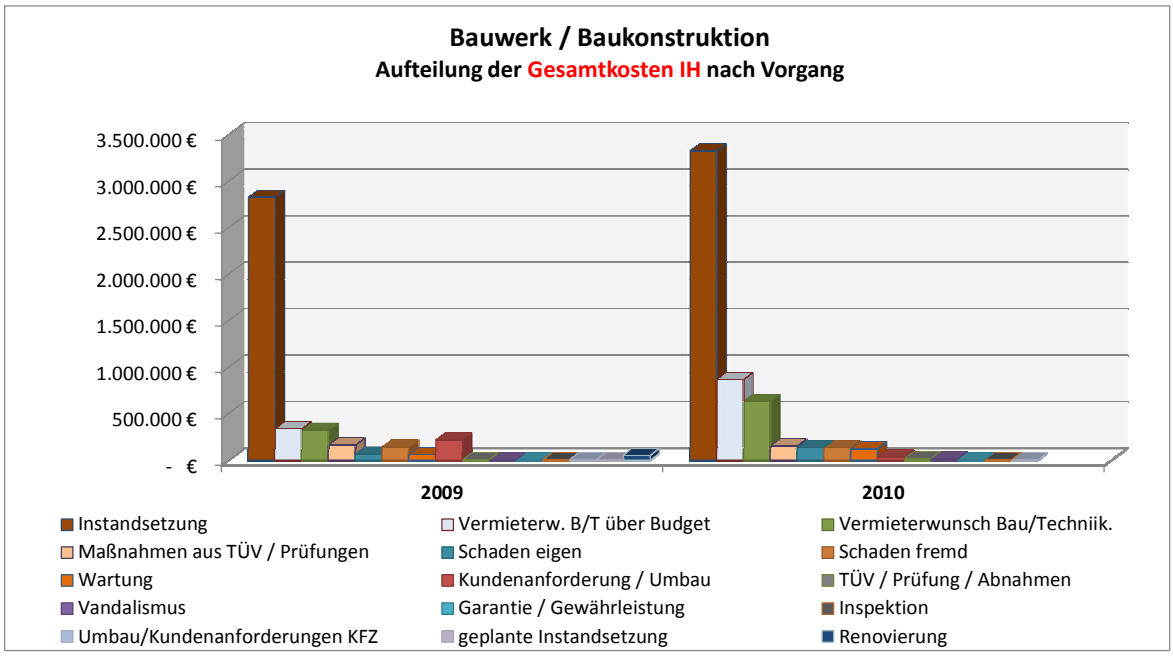


Abb. A 9: IH-Kosten Baukonstruktionen 2009-2010, sortiert nach standardisierten Prozessklassen (Quelle: IPS / Fraport)

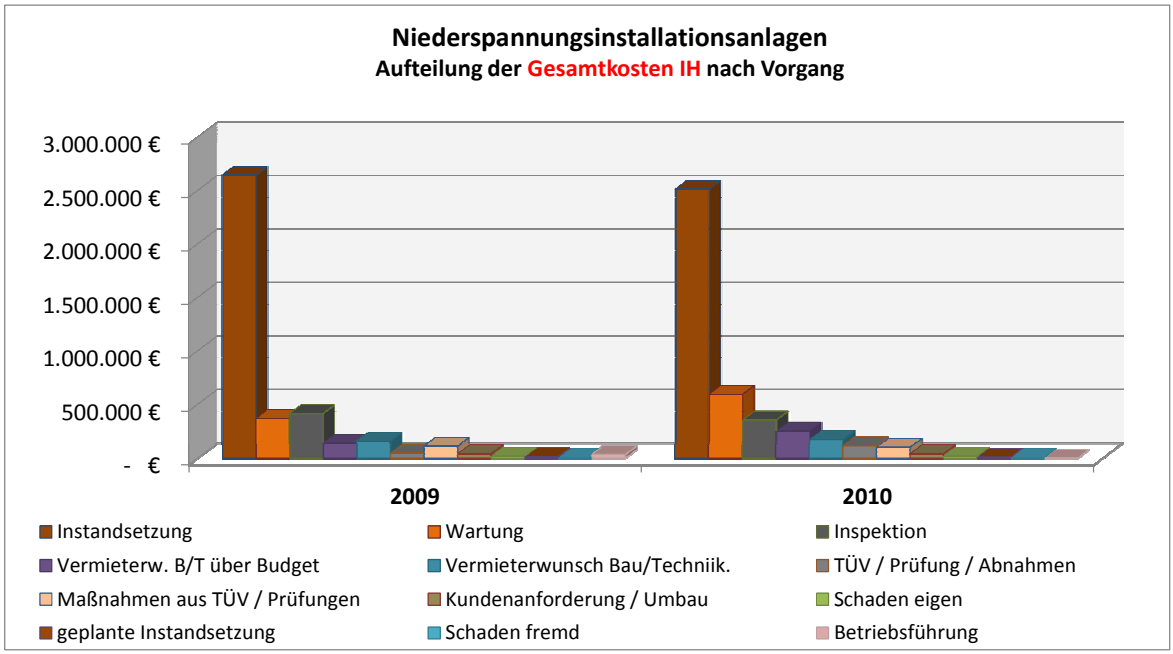


Abb. A 10: IH-Kosten Niederspannungsinstallationsanlagen 2009-2010, sortiert nach standardisierten Prozessklassen (Quelle: IPS / Fraport)

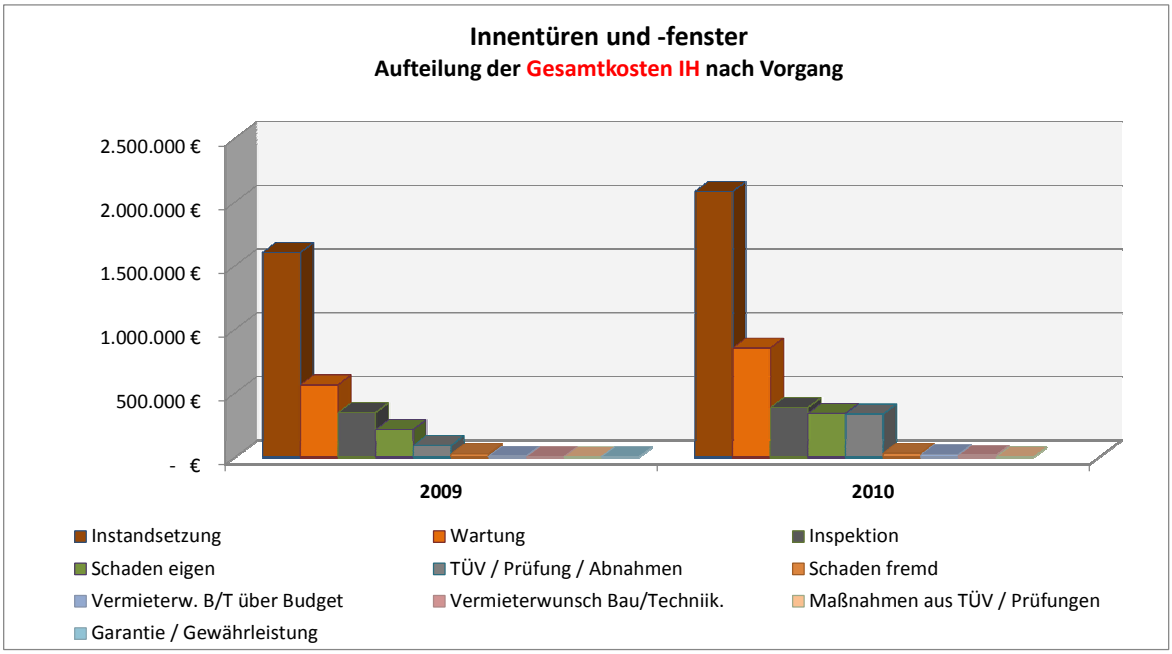


Abb. A 11: IH-Kosten Innentüren und -fenster 2009-2010, sortiert nach standardisierten Prozessklassen (Quelle: IPS / Fraport)

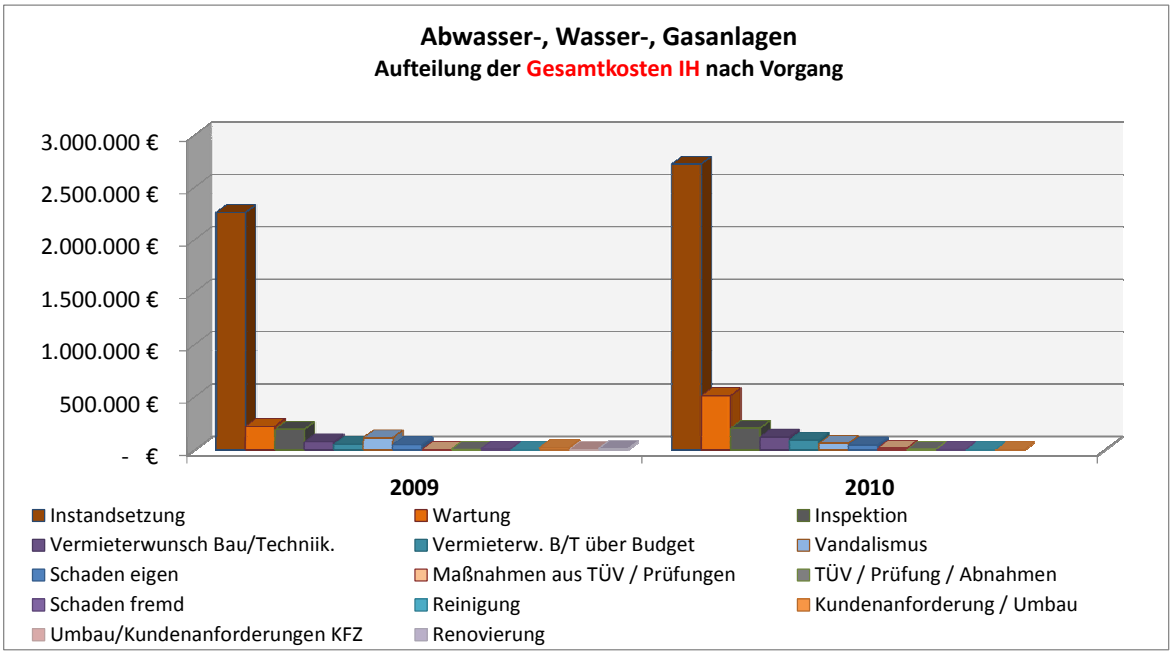


Abb. A 12: IH-Kosten Abwasser-, Wasser-, Gasanlagen 2009-2010, sortiert nach standardisierten Prozessklassen (Quelle: IPS / Fraport)

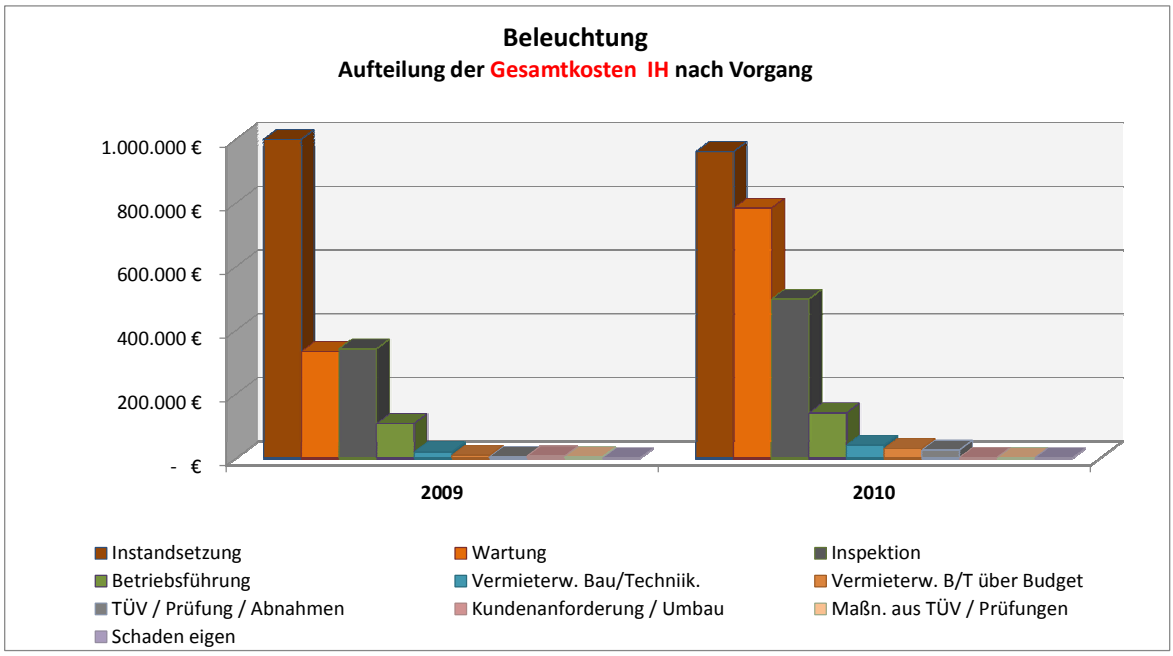


Abb. A 13: IH-Kosten Beleuchtung 2009-2010, sortiert nach standardisierten Prozessklassen (Quelle: IPS / Fraport)

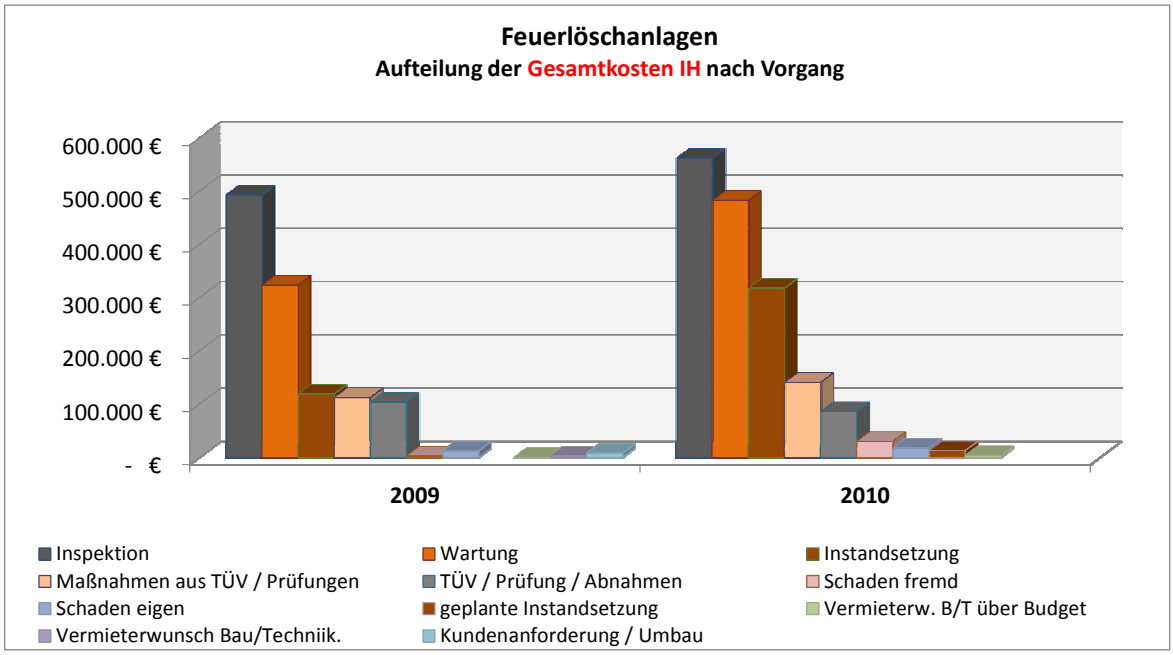


Abb. A 14: IH-Kosten Feuerlöschanlagen 2009-2010, sortiert nach standardisierten Prozessklassen (Quelle: IPS / Fraport)

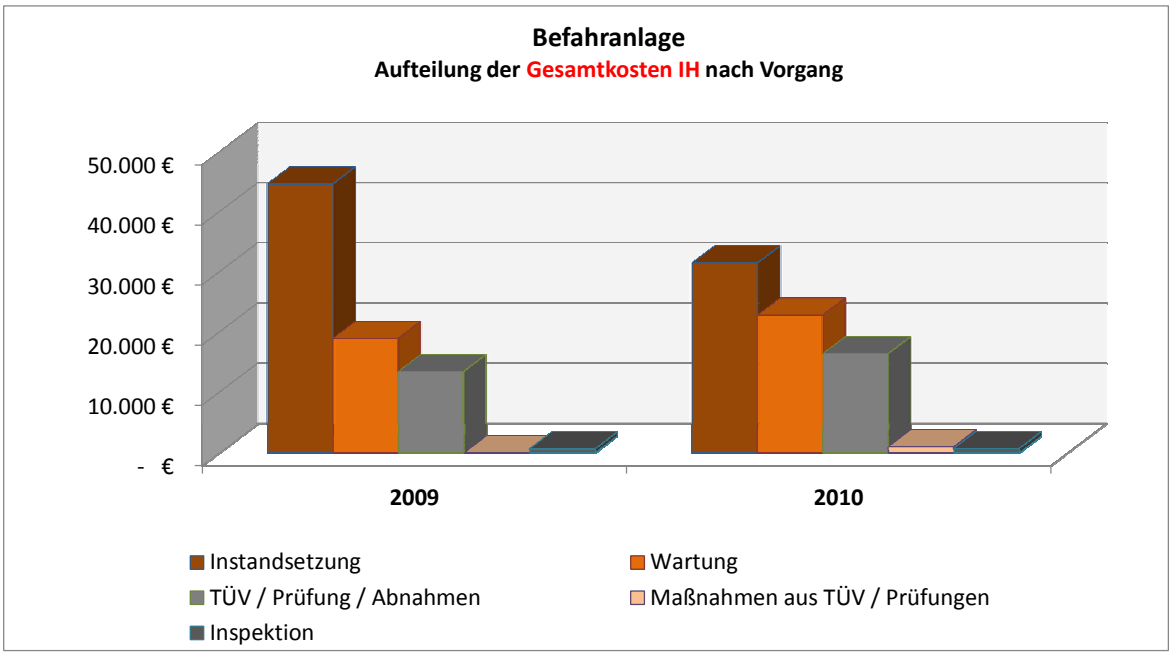


Abb. A 15: IH-Kosten Befahranlagen 2009-2010, sortiert nach standardisierten Prozessklassen (Quelle: IPS / Fraport)

ANHANG 2-3: IH-Kosten auf Bauteilebene, Fraport[90]

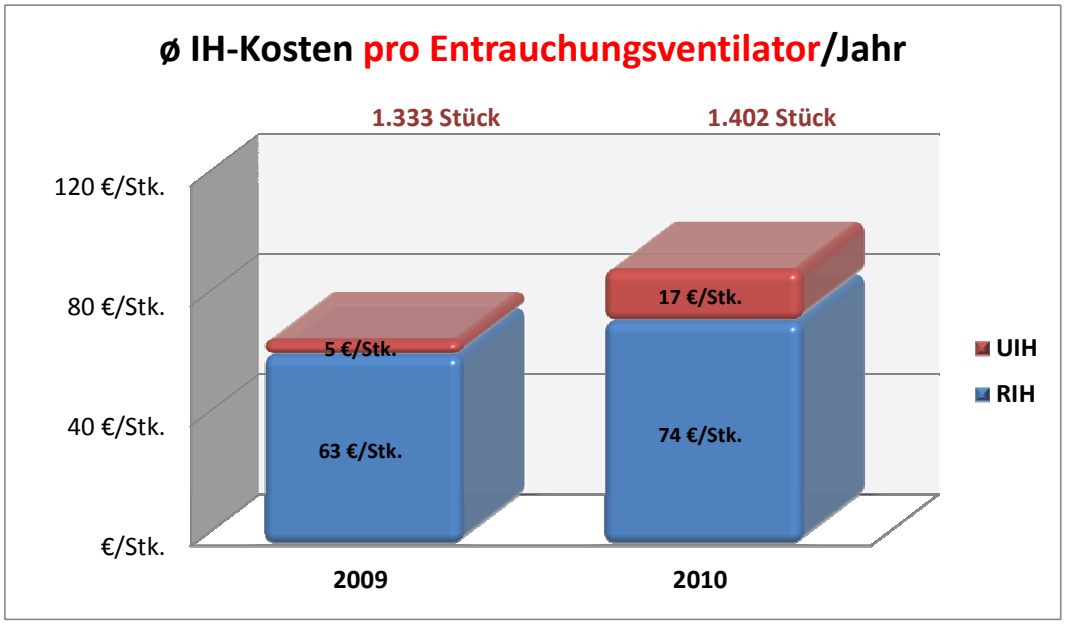


Abb. A 16: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Entrauchungsventilatoren (Quelle: IPS / Fraport)

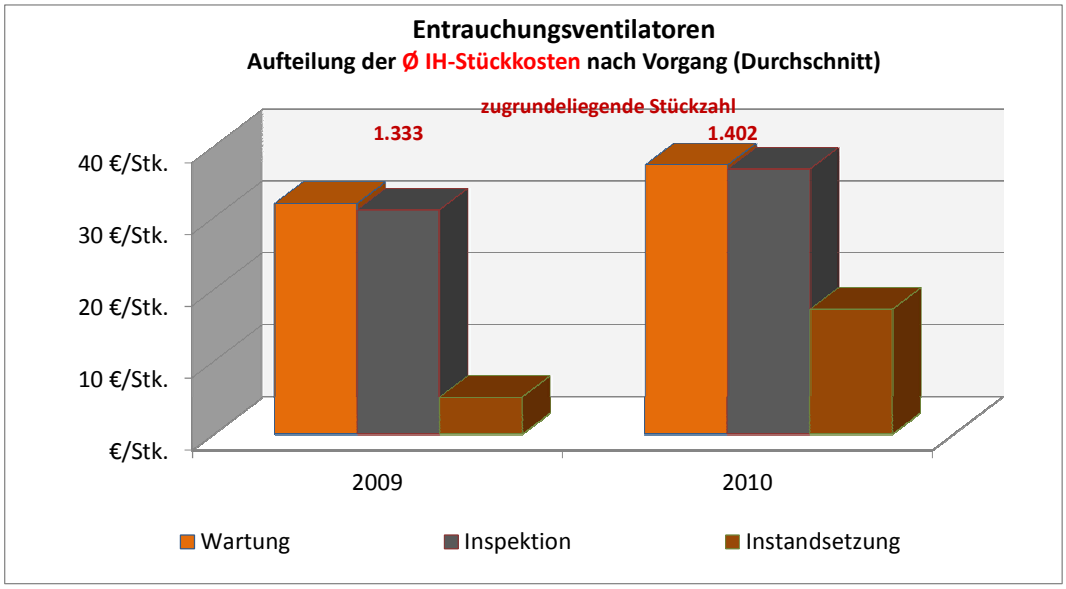


Abb. A 17: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Entrauchungsventilatoren / Differenzierung nach IH-Vorgangsarten (Quelle: IPS /Fraport)

[90] Alle Kosten netto

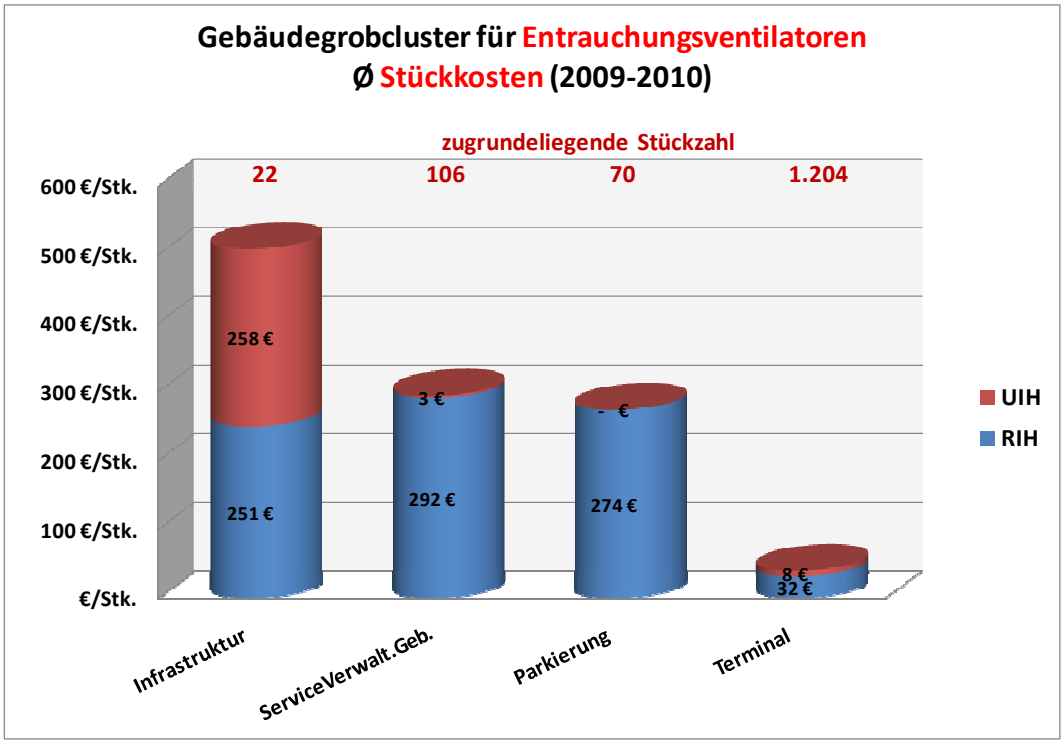


Abb. A 18: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Entrauchungsventilatoren / Differenzierung nach Gebäudearten (Quelle: IPS / Fraport)

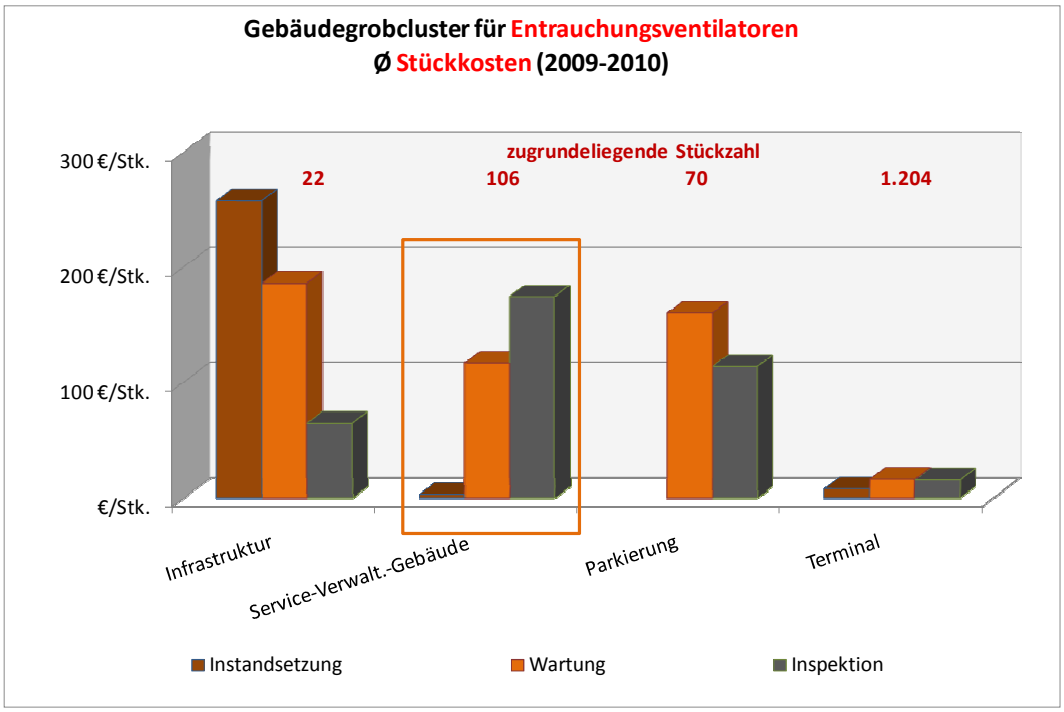


Abb. A 19: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Entrauchungsventilatoren / Differenzierung nach Gebäudearten und IH-Vorgangsarten (Quelle: IPS / Fraport)

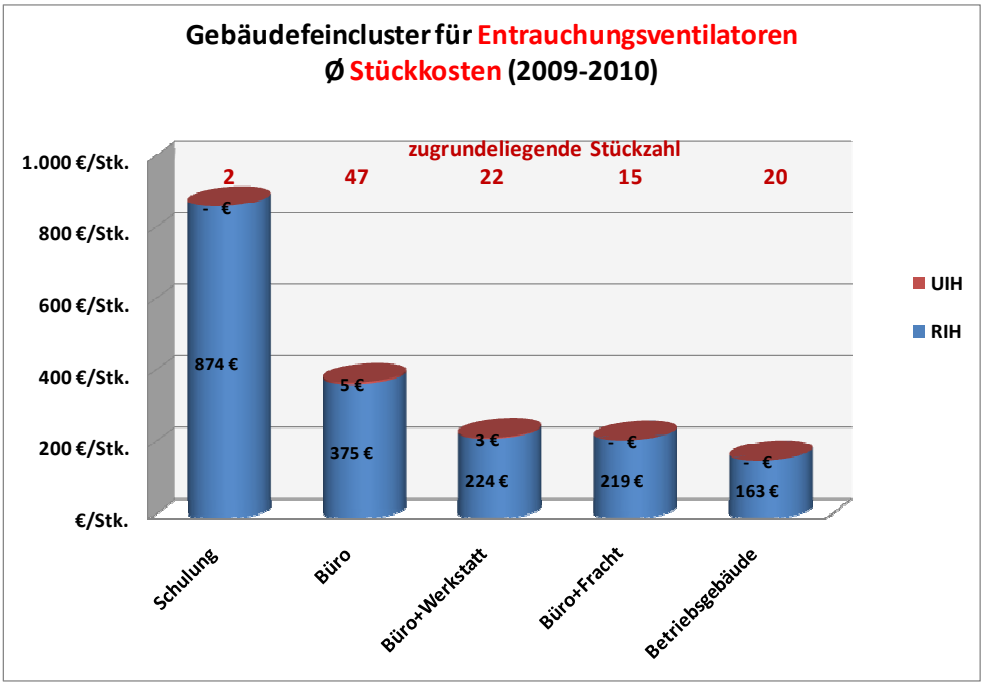


Abb. A 20: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Entrauchungsventilatoren / Differenziert nach Nutzungsarten innerhalb der Gebäudeklasse Service-, Verwaltungsgebäude (Quelle: IPS / Fraport)

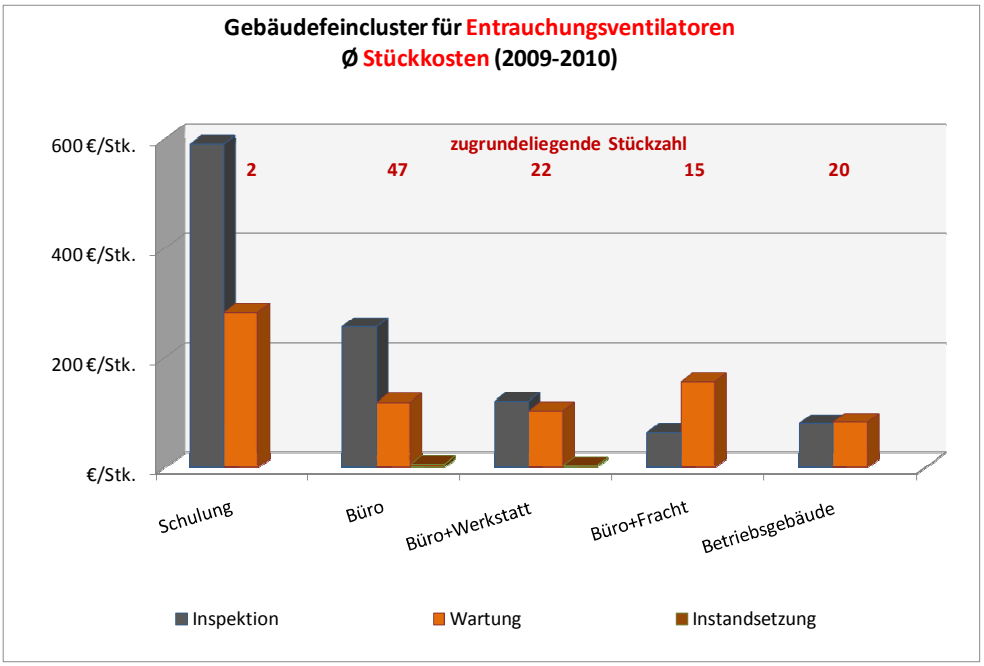


Abb. A 21: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Entrauchungsventilatoren / Differenzierung nach Nutzungsarten innerhalb der Gebäudeklasse Service-, Verwaltungsgebäude / Differenzierung nach IH-Vorgangsarten (Quelle: IPS / Fraport)

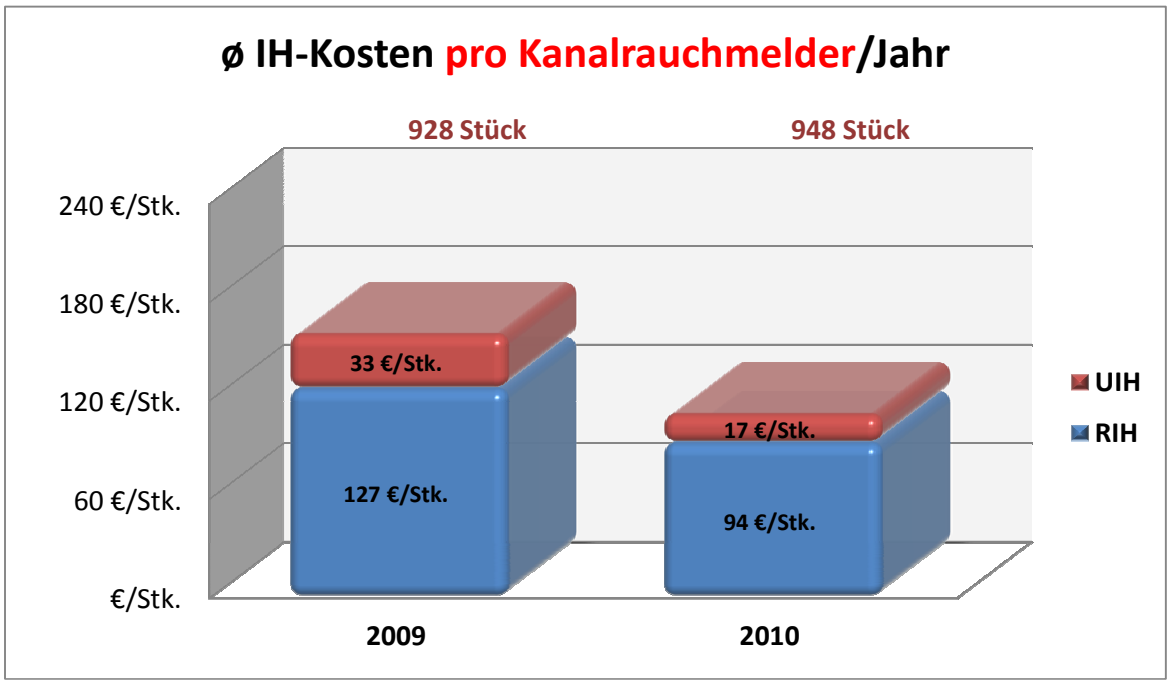


Abb. A 22: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Kanalrauchmelder (Quelle: IPS / Fraport)

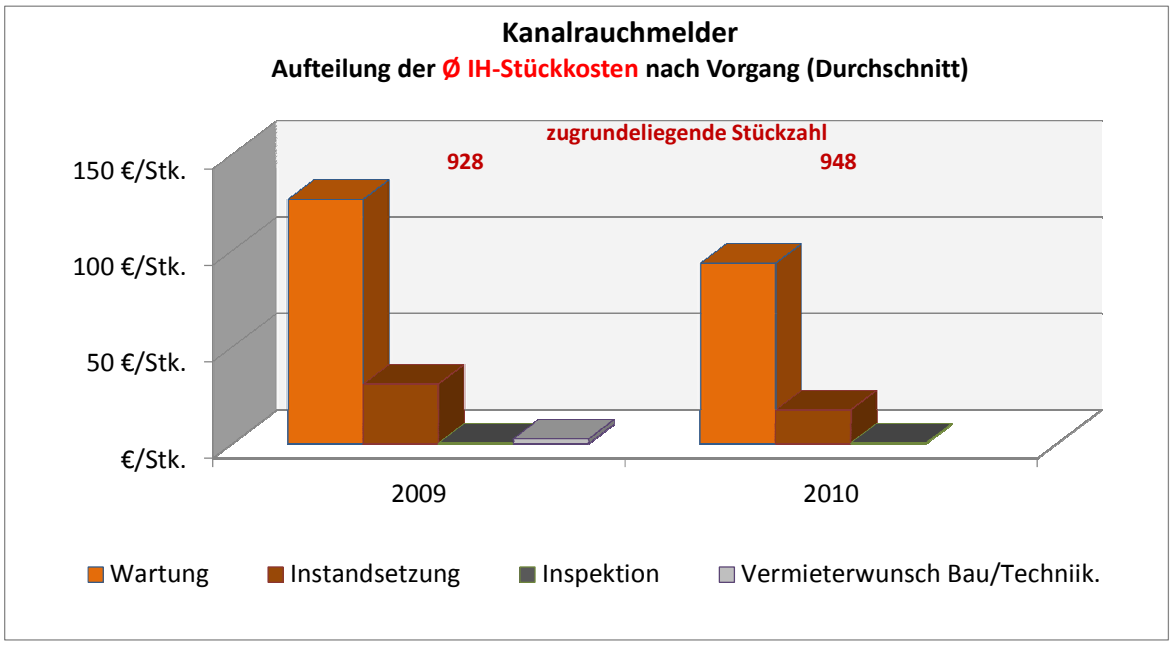


Abb. A 23: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Kanalrauchmelder / Differenzierung nach IH-Vorgangsarten (Quelle: IPS / Fraport)

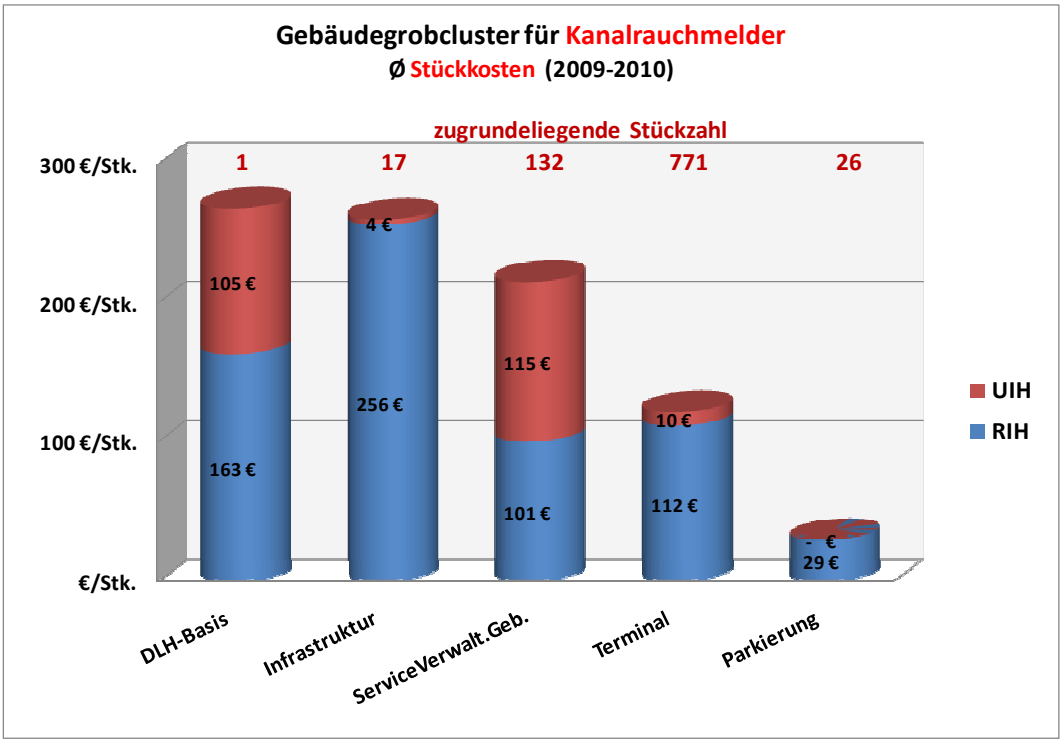


Abb. A 24: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Kanalrauchmelder / Differenzierung nach Gebäudearten (Quelle: IPS / Fraport)

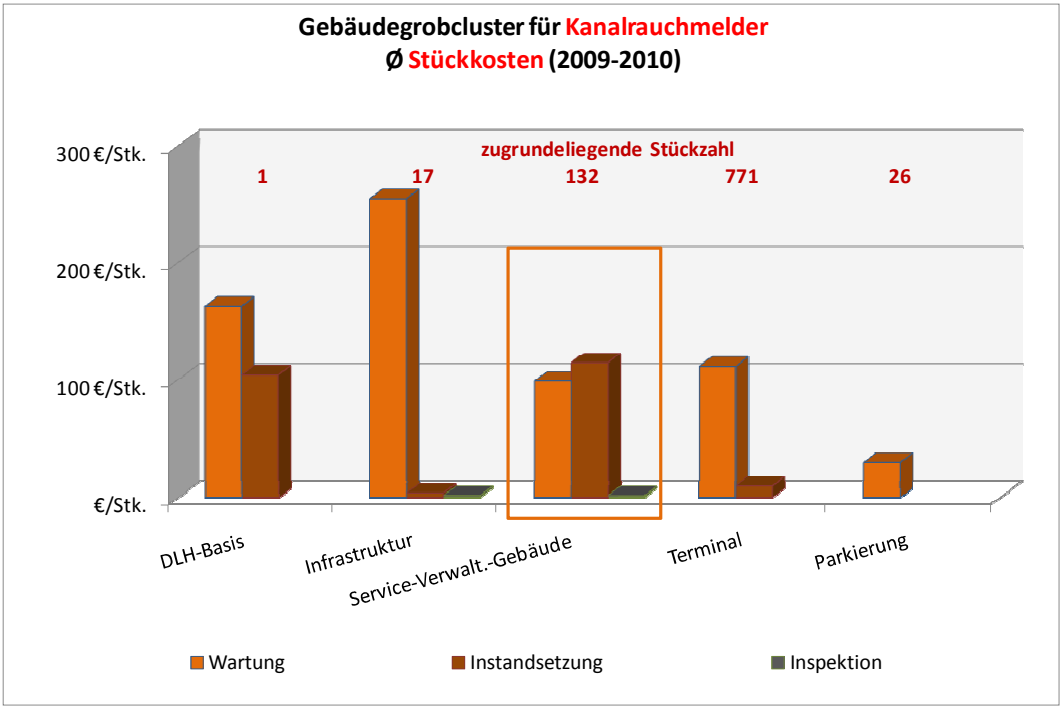


Abb. A 25: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Kanalrauchmelder / Differenzierung nach Gebäudearten und IH-Vorgangsarten (Quelle: IPS / Fraport)

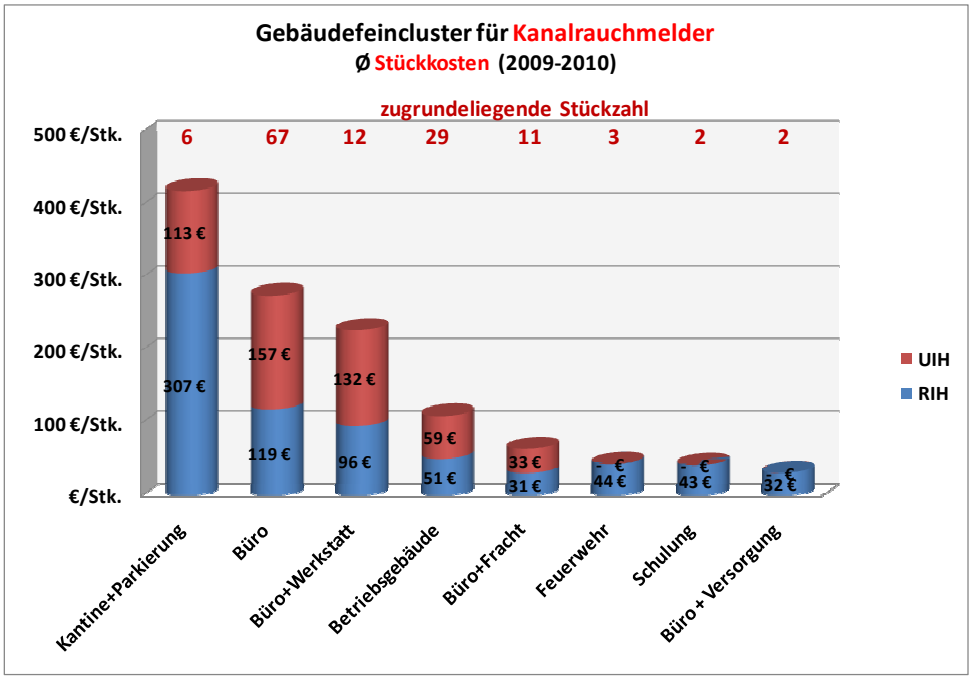


Abb. A 26: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Kanalrauchmelder / Differenziert nach Nutzungsarten innerhalb der Gebäudeklasse Service-, Verwaltungsgebäude (Quelle: IPS / Fraport)

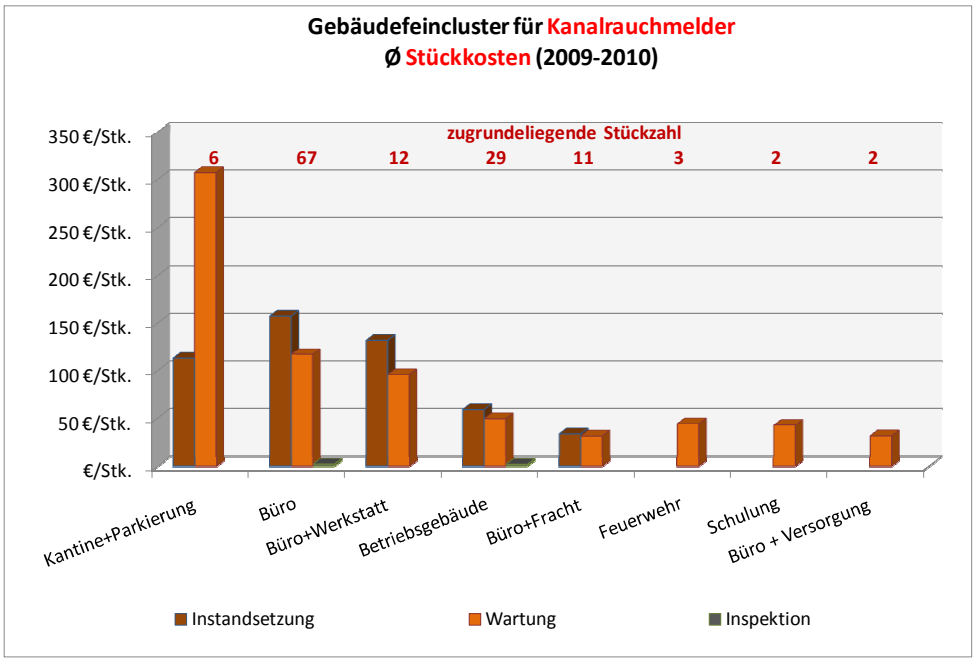


Abb. A 27: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Kanalrauchmelder / Differenzierung nach Nutzungsarten innerhalb der Gebäudeklasse Service-, Verwaltungs-Gebäude / Differenzierung nach IH-Vorgangsarten (Quelle: IPS / Fraport)

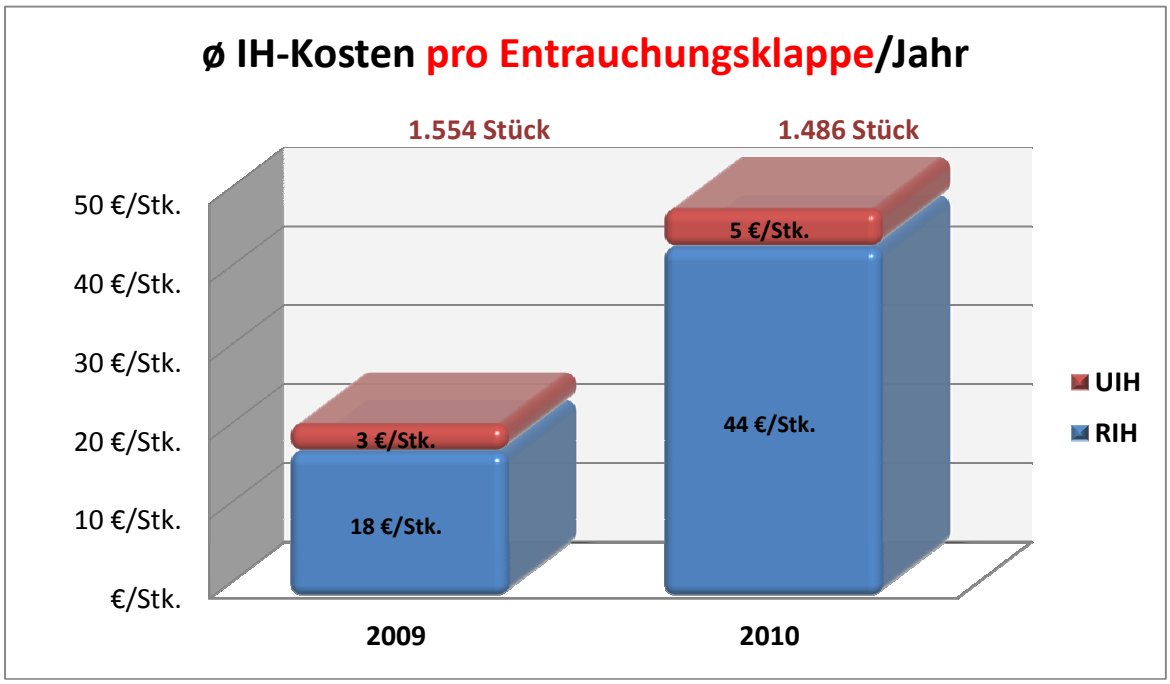


Abb. A 28: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Entrauchungsklappen (Quelle: IPS / Fraport)

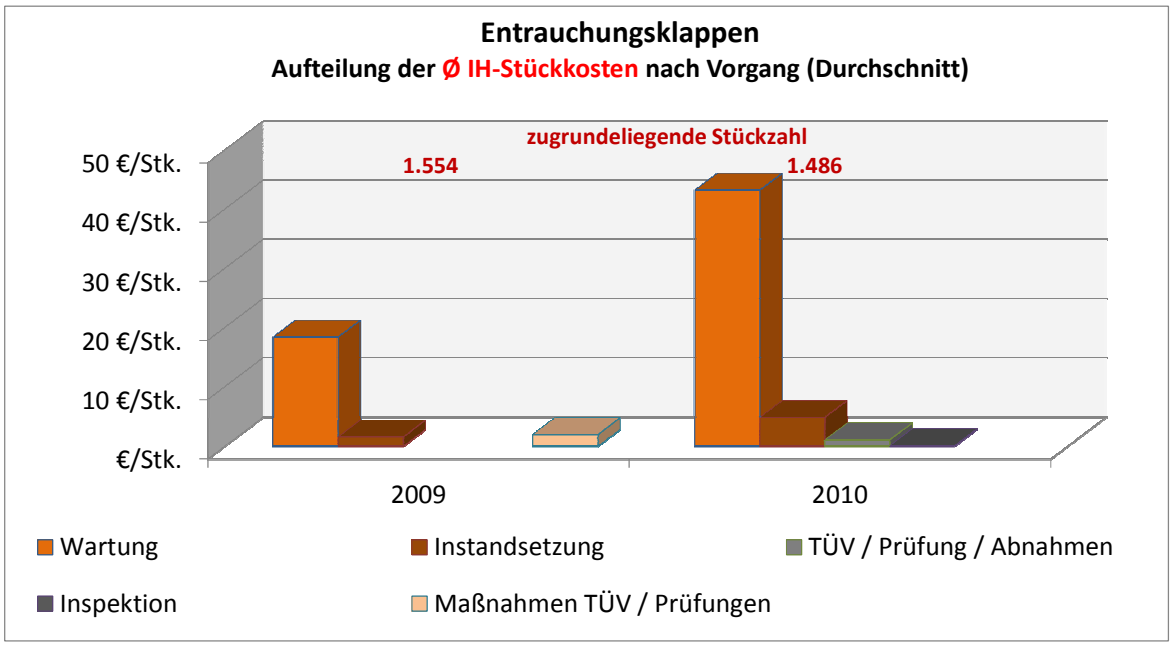


Abb. A 29: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Entrauchungsklappen / Differenzierung nach IH-Vorgangsarten (Quelle: IPS / Fraport)

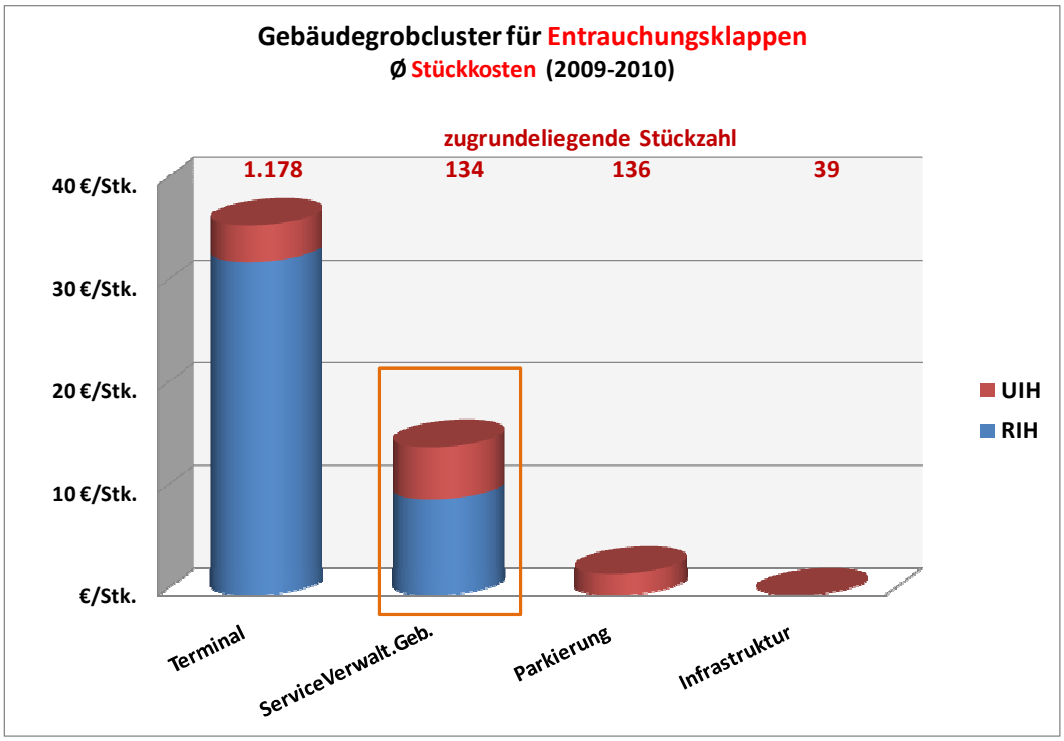


Abb. A 30: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Entrauchungsklappen / Differenzierung nach Gebäudearten (Quelle: IPS / Fraport)

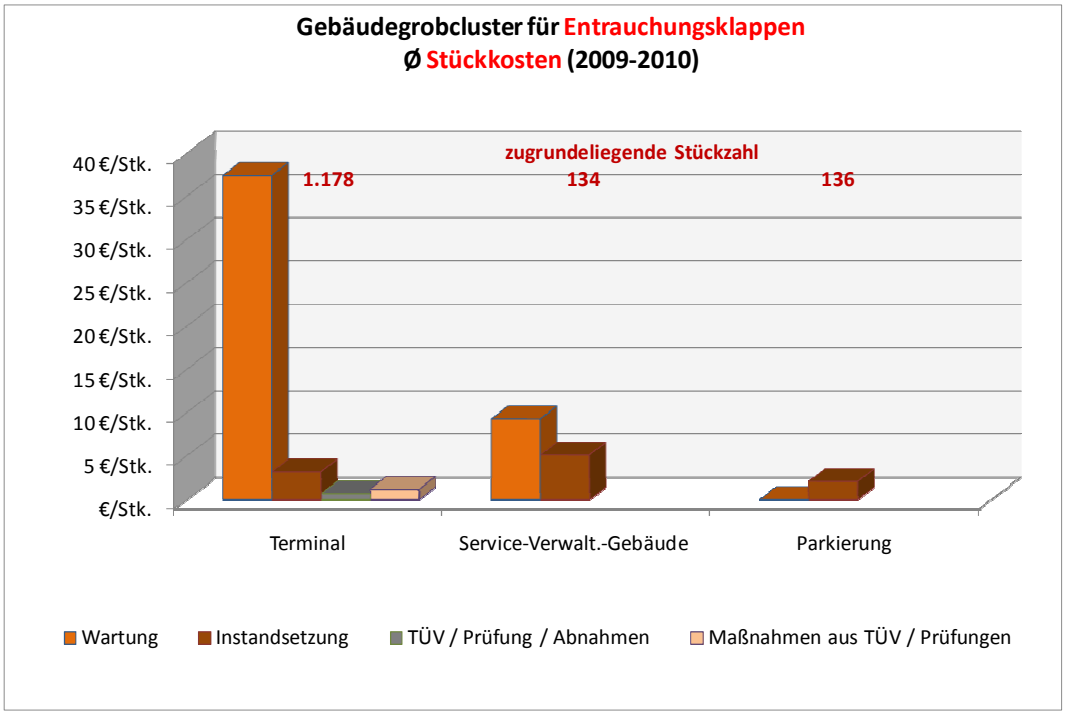


Abb. A 31: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Entrauchungsklappen / Differenzierung nach Gebäudearten und IH-Vorgangsarten (Quelle: IPS / Fraport)

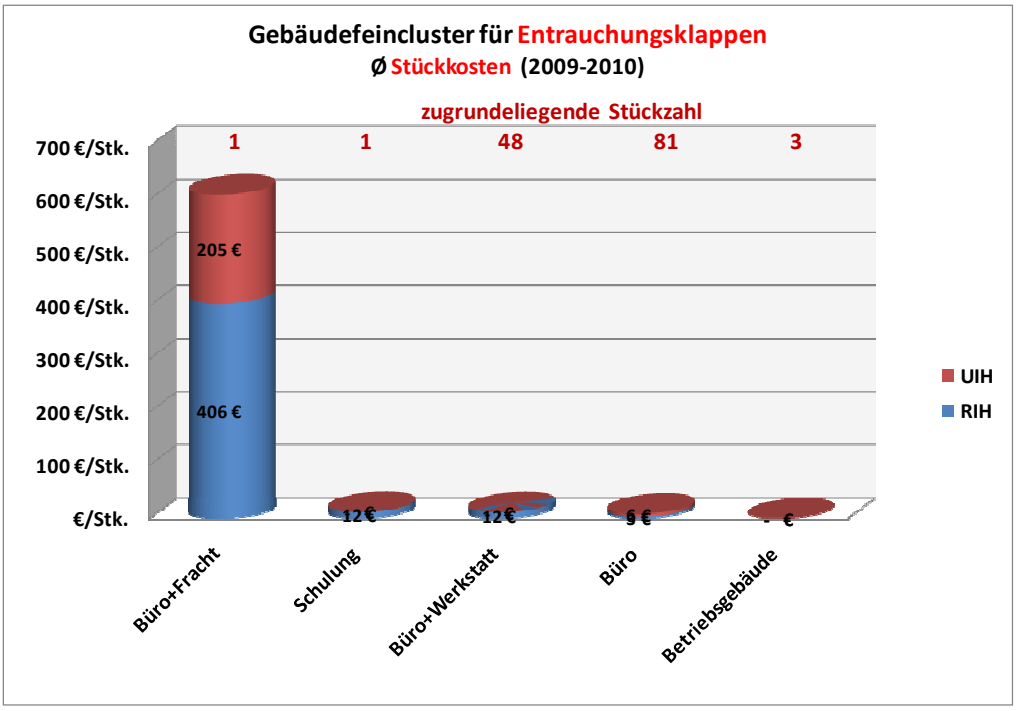


Abb. A 32: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Entrauchungsklappen / Differenziert nach Nutzungsarten innerhalb der Gebäudeklasse Service-, Verwaltungsgebäude (Quelle: IPS / Fraport)

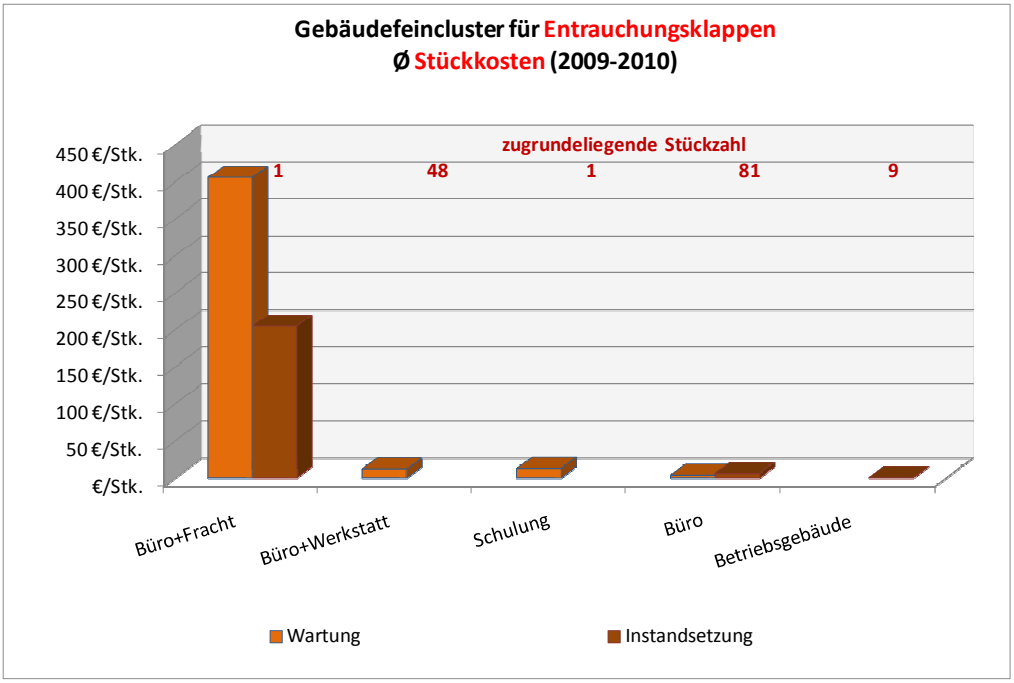
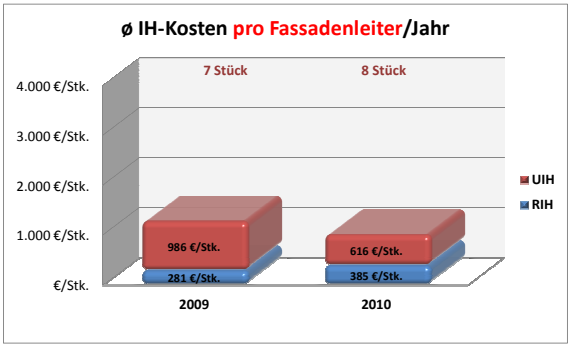
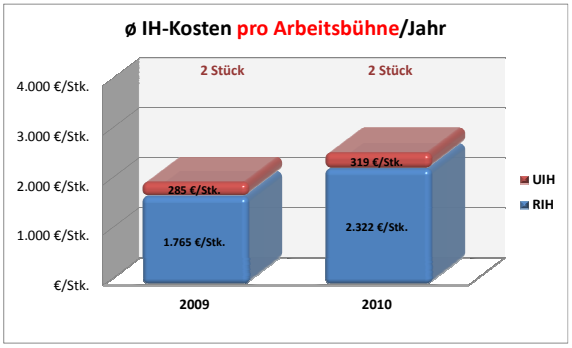
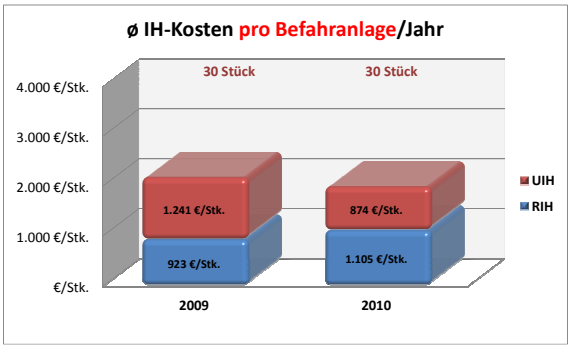


Abb. A 33: Bauteilorientierte IH-Kosten als Durchschnittswerte (Stückkosten) 2009-2010 für Entrauchungsklappen / Differenzierung nach Nutzungsarten innerhalb der Gebäudeklasse Service-, Verwaltungsgebäude / Differenzierung nach IH-Vorgangsarten (Quelle: IPS / Fraport)



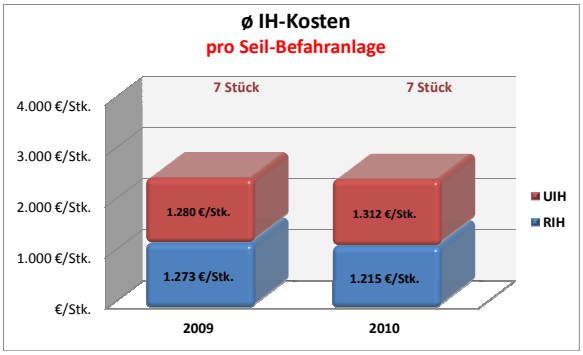


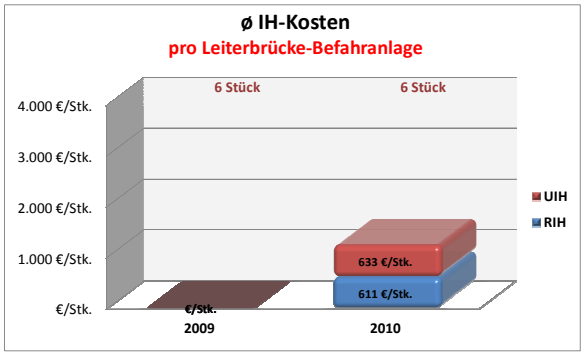


Die Befahranlage teilt sich in folgende Positionen auf:

- **Arbeitskorb**
- **Hydraulik**
- **Leiterbrücke**
- **Seil**
- **Dachbefahranlage**
- **Deckenbefahranlage**

Nur die roten werden aufgrund der ausreichenden Stückzahl näher betrachtet.





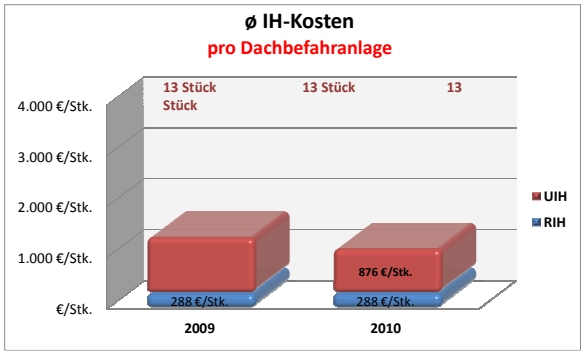
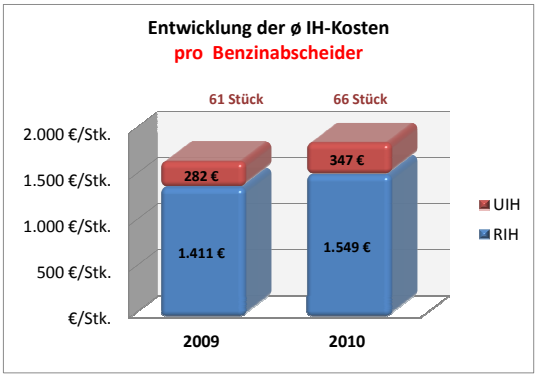
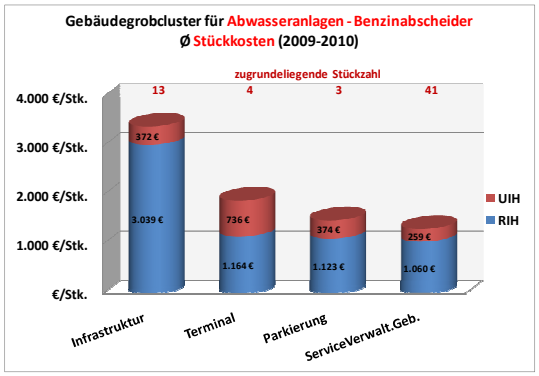


Abb. A 34: Befahranlagen, differenziert nach Komponenten (Quelle: IPS / Fraport)





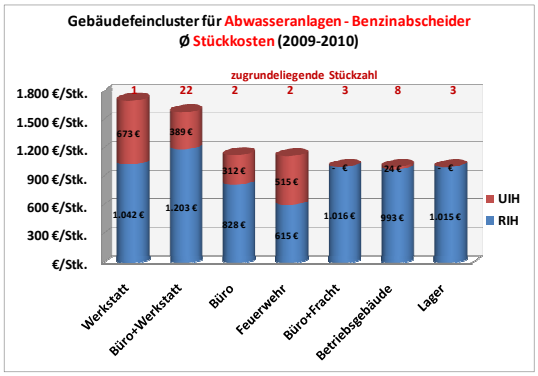
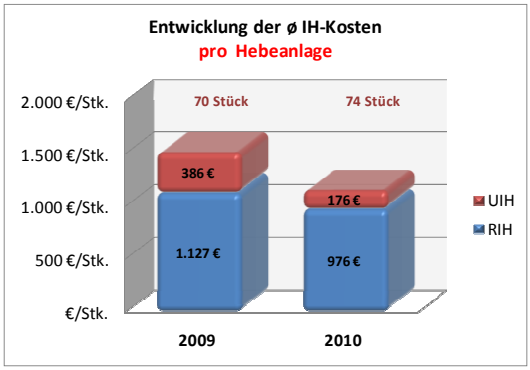
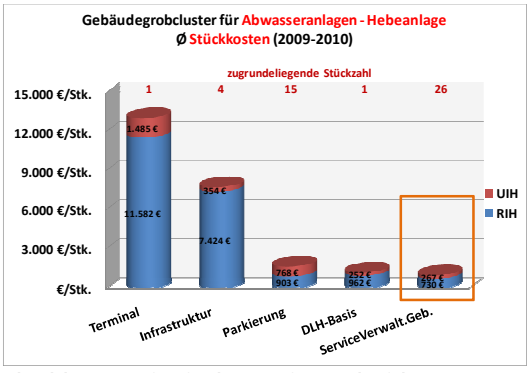
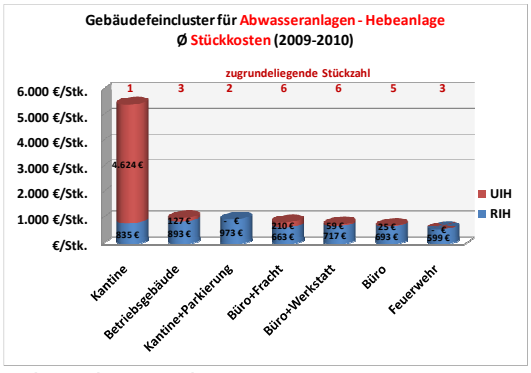


Abb. A 35: Abwasseranlagen / Benzinabscheider mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / Fraport)





Abweichungen ggf. auf Anlagengröße zurückzuführen



In der Kantine entstanden 2009 UIH-Kosten von ca. 4.500 €

Abb. A 36: Abwasseranlagen/ Hebeanlage mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / Fraport)

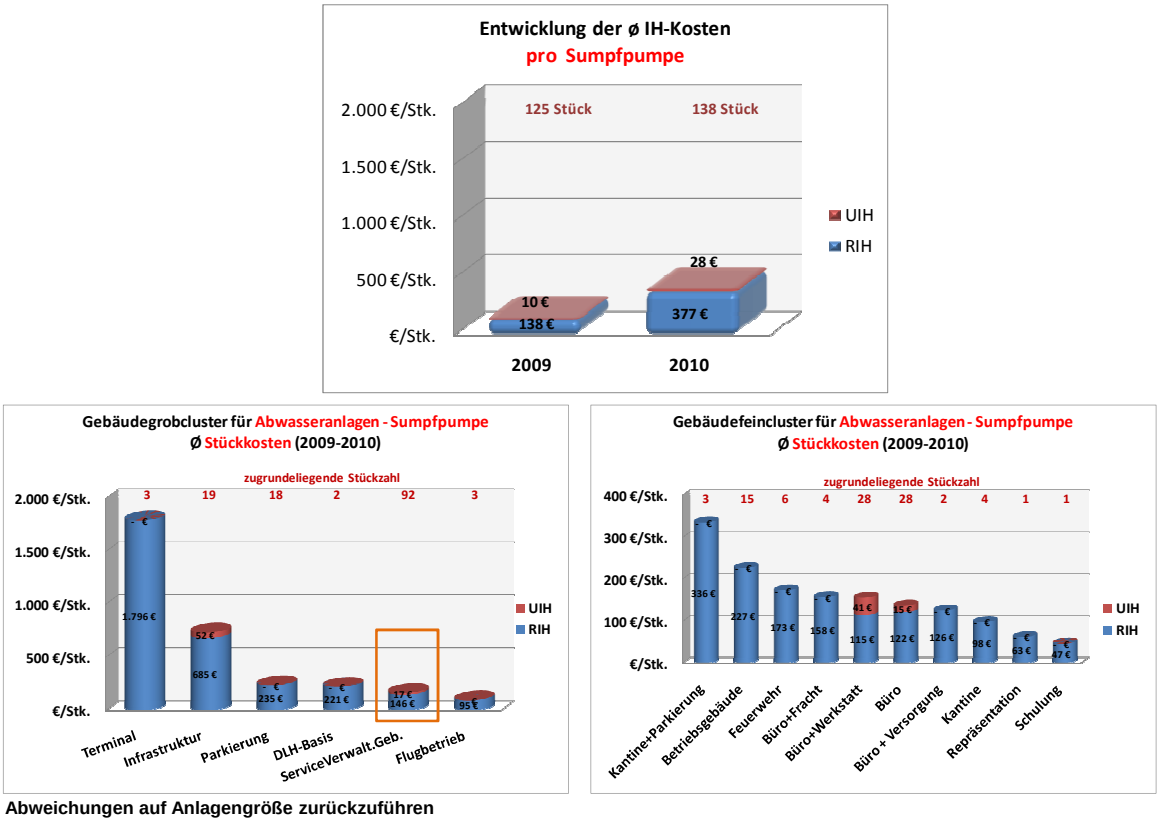


Abb. A 37: Abwasseranlagen/ Sumpfpumpe mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / Fraport)

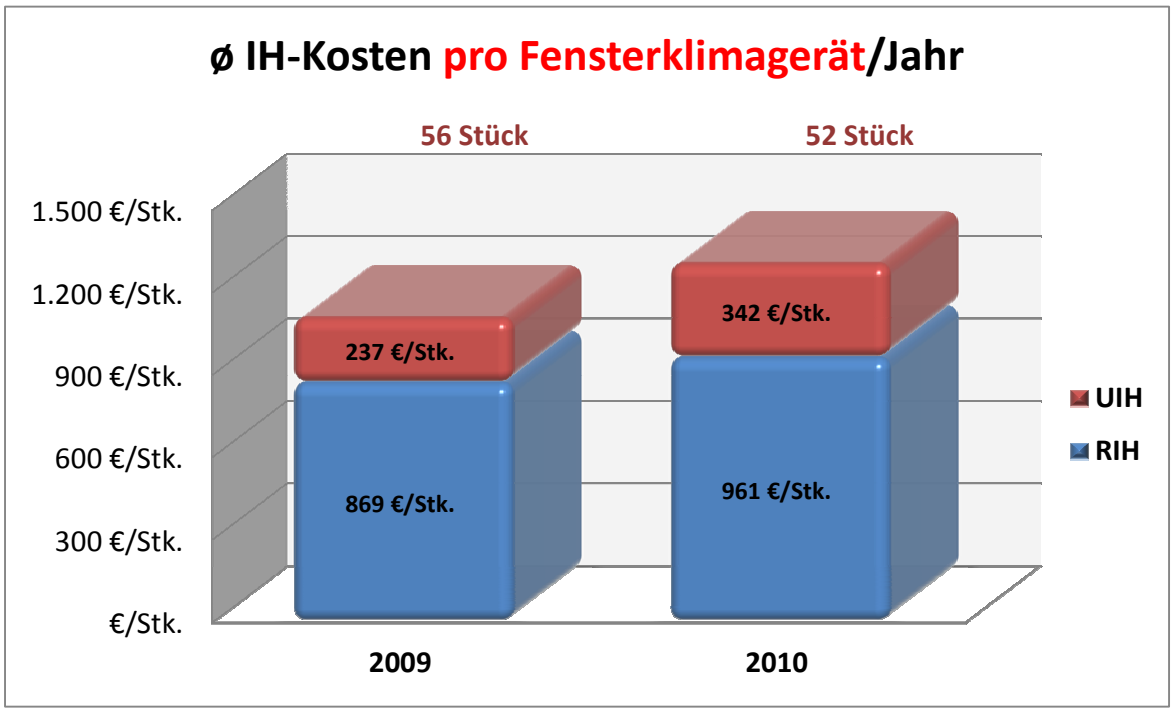


Abb. A 38: Fensterklimageräte mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / Fraport)

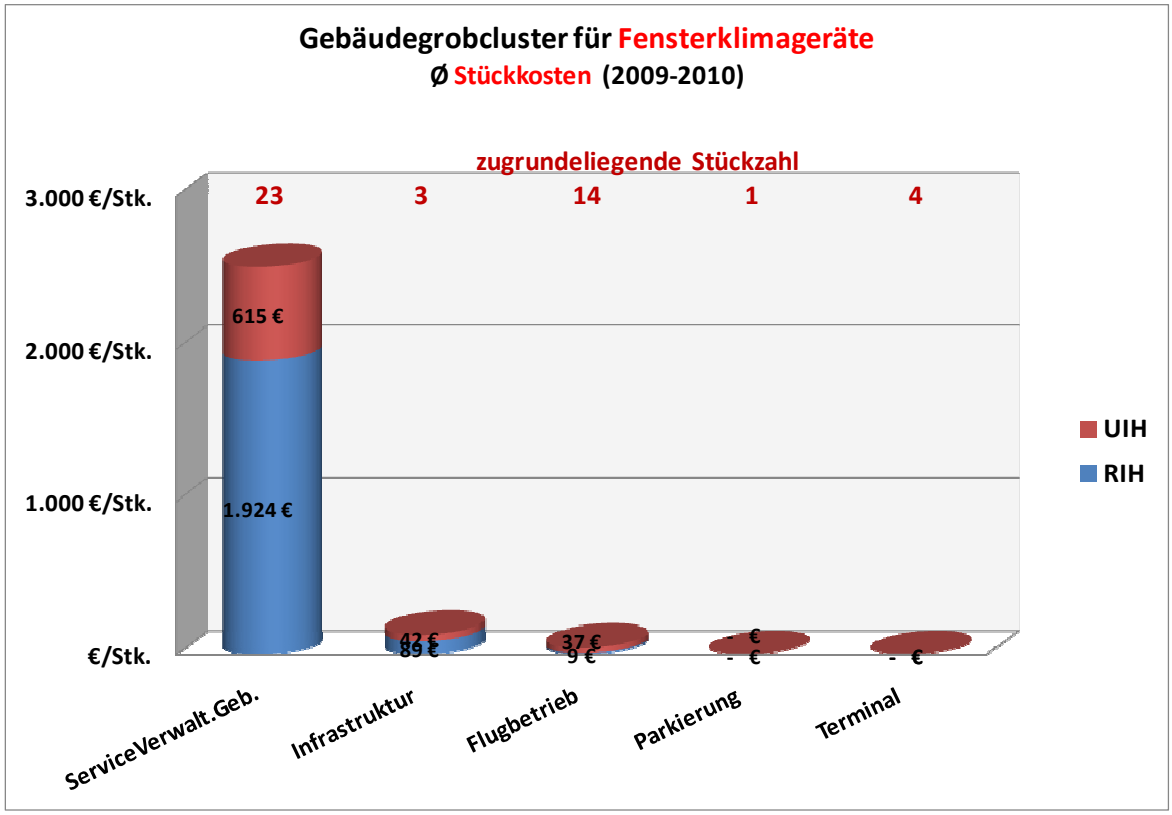


Abb. A 39: Fensterklimageräte mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten, differenziert nach Gebäudearten (Quelle: IPS / Fraport)

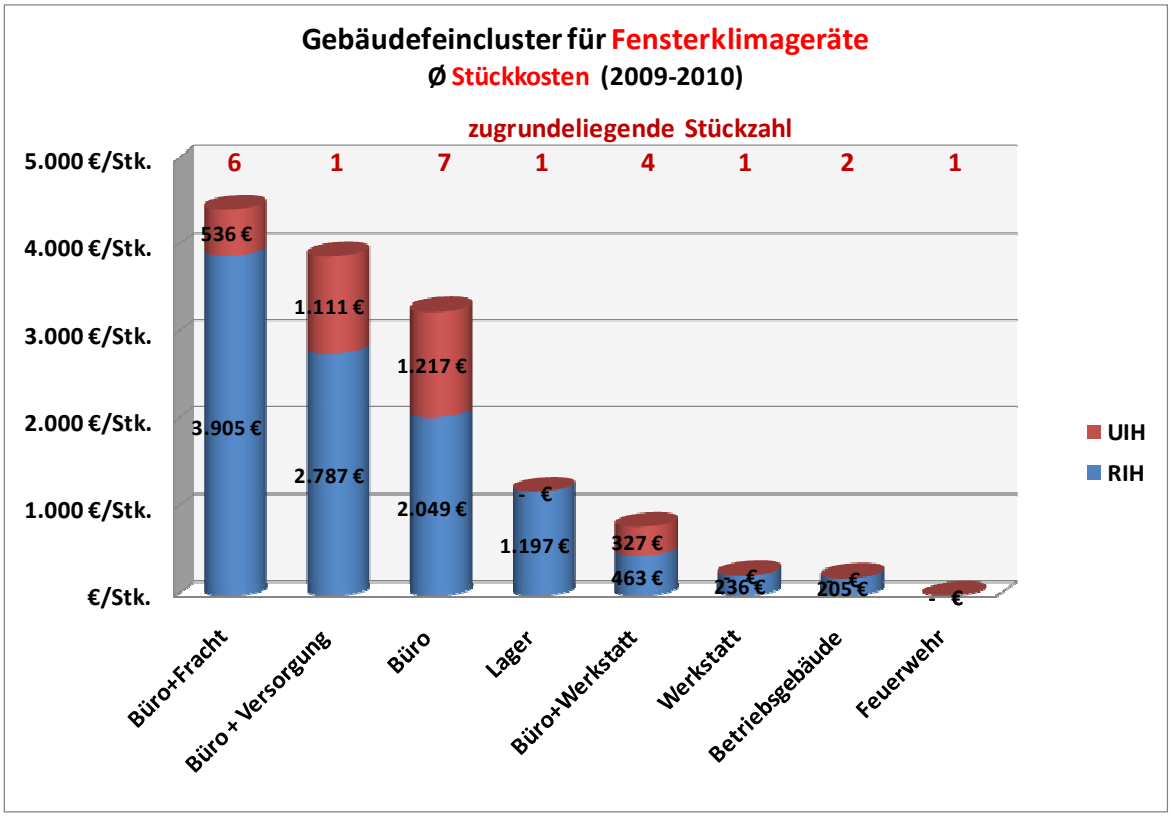


Abb. A 40: Fensterklimageräte mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten für Service- und Verwaltungsgebäude, differenziert nach Nutzungen (Quelle: IPS / Fraport)

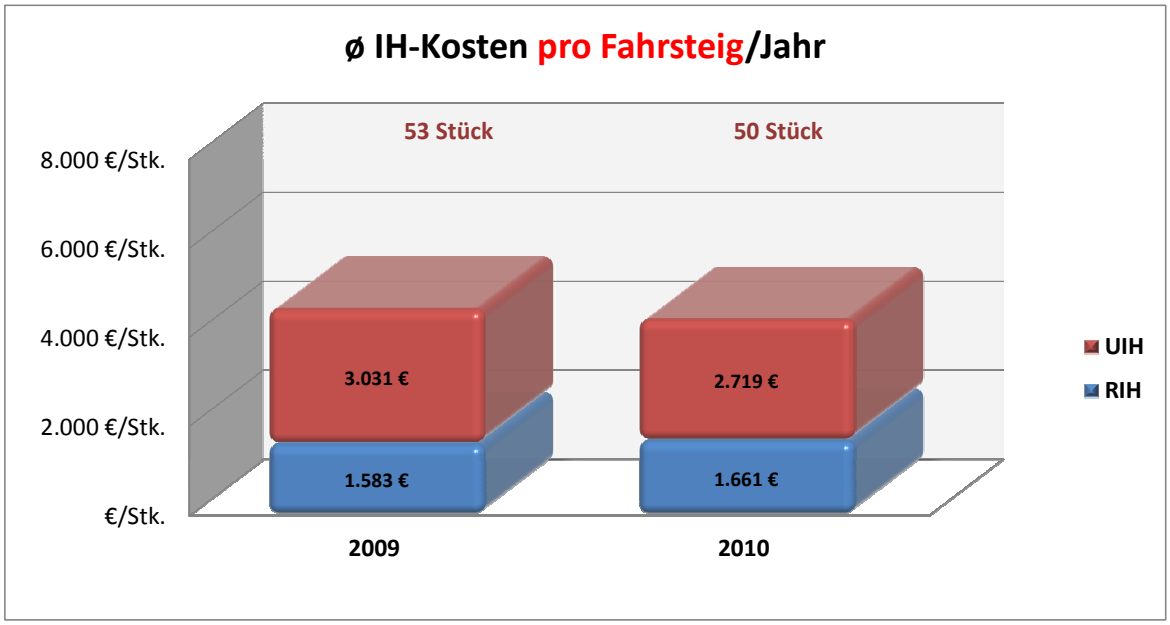


Abb. A 41: Fahrsteige, mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / Fraport)

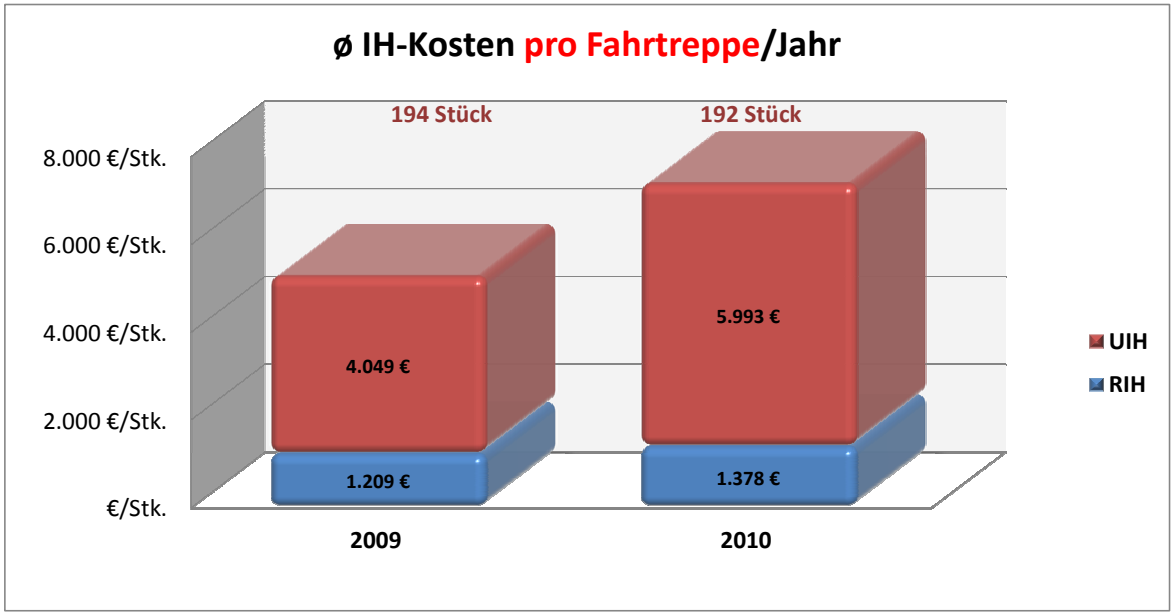
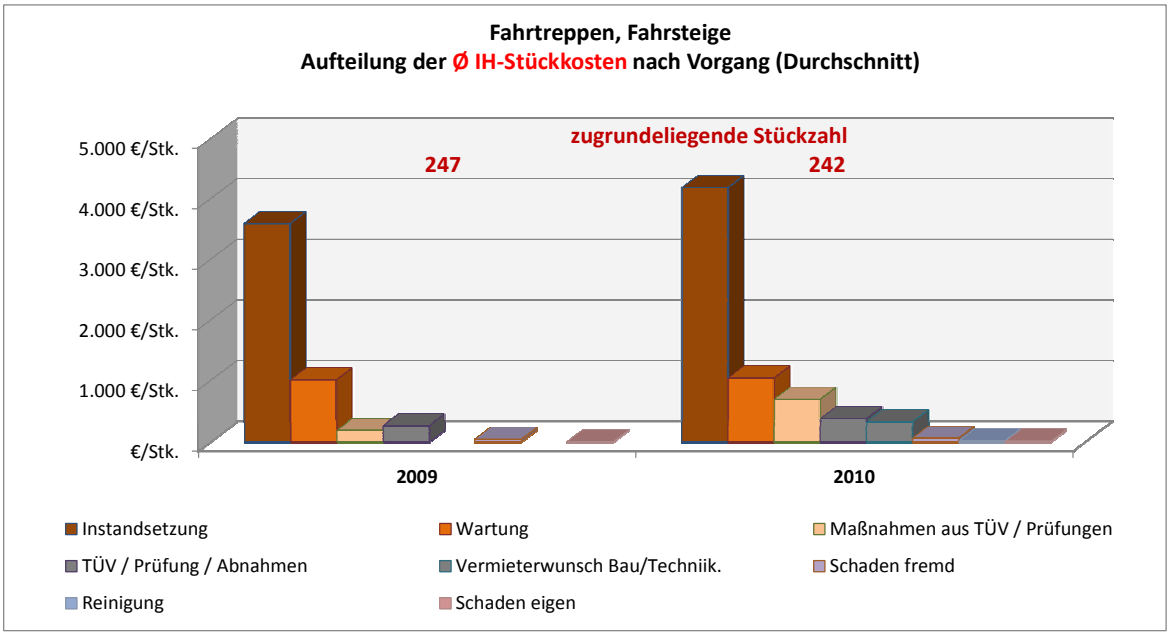


Abb. A 42: Fahrtreppe bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / Fraport)



Eine Auswertung nach Gebäudecluster ist nicht möglich, da sich alle Fahrtreppen und Fahrsteige in einem Gebäudecluster „Terminal“ befinden.

Abb. A 43: Fensterklimageräte mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten für Service- und Verwaltungsgebäude, differenziert nach Vorgängen (Quelle: IPS / Fraport)

Brandschutzklappen

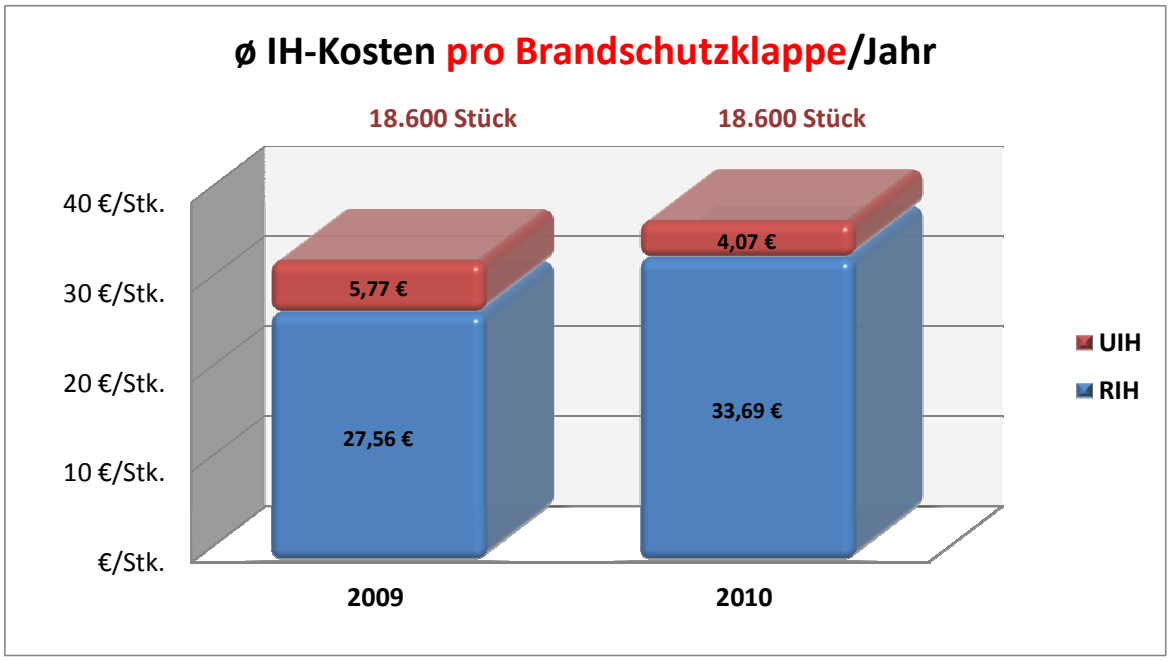


Abb. A 44: Brandschutzklappen mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / Fraport)

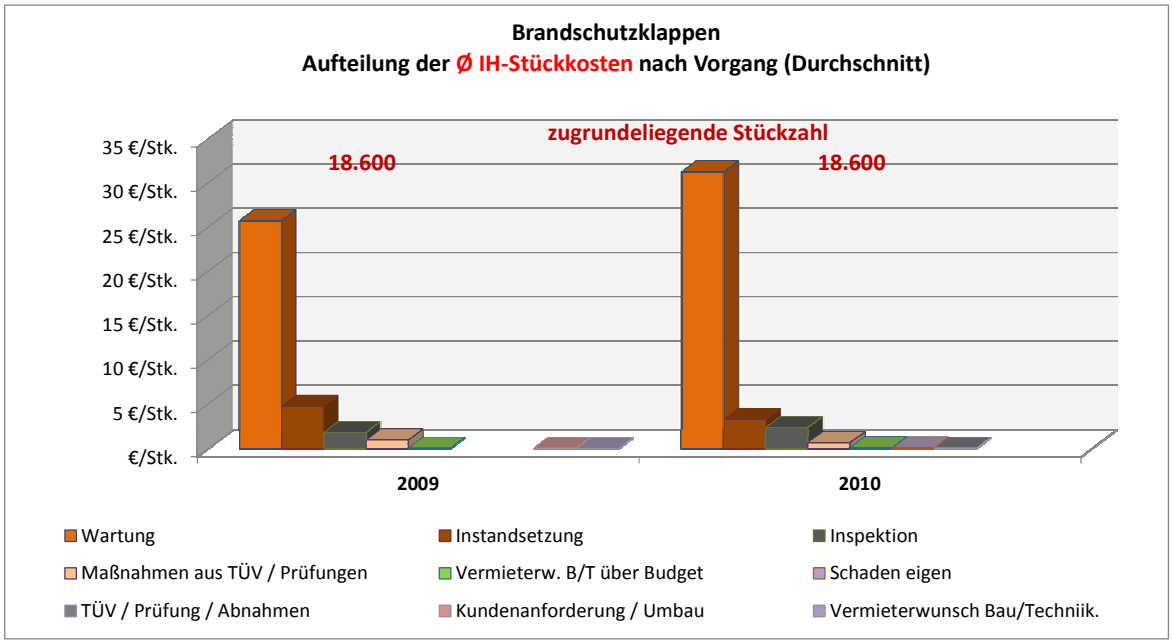


Abb. A 45: Brandschutzklappen bauteilorientierte IH-Kosten / Stückkosten, differenziert nach Vorgängen (Quelle: IPS / Fraport)

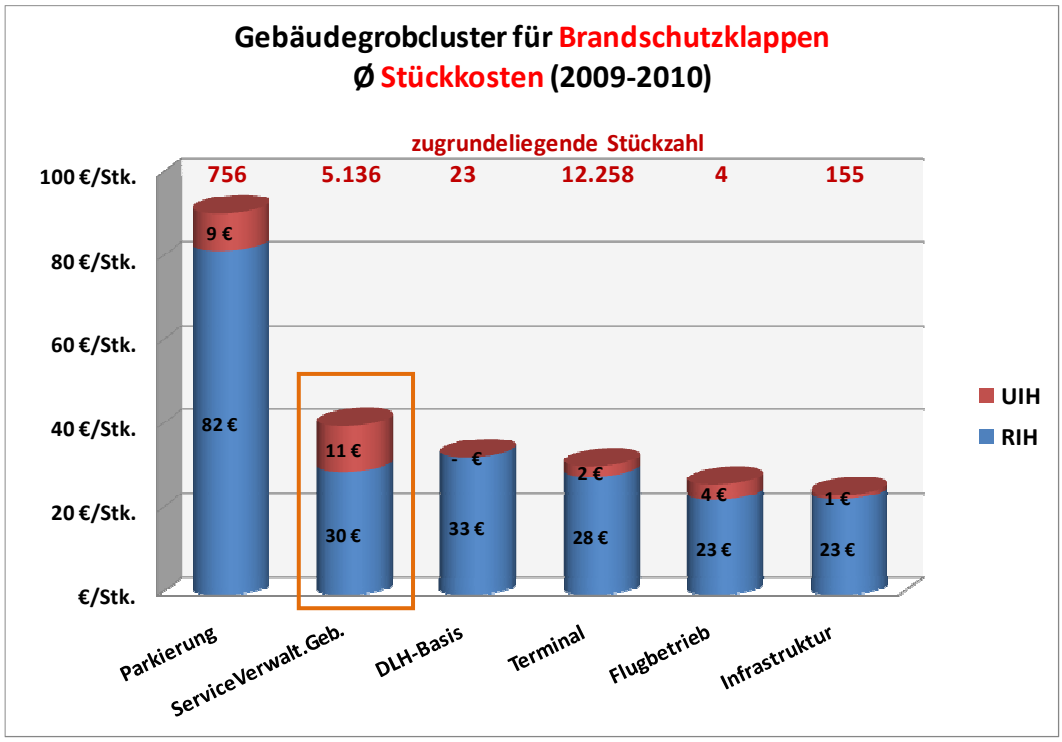


Abb. A 46: Brandschutzklappen mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten, differenziert nach Gebäudearten (Quelle: IPS / Fraport)

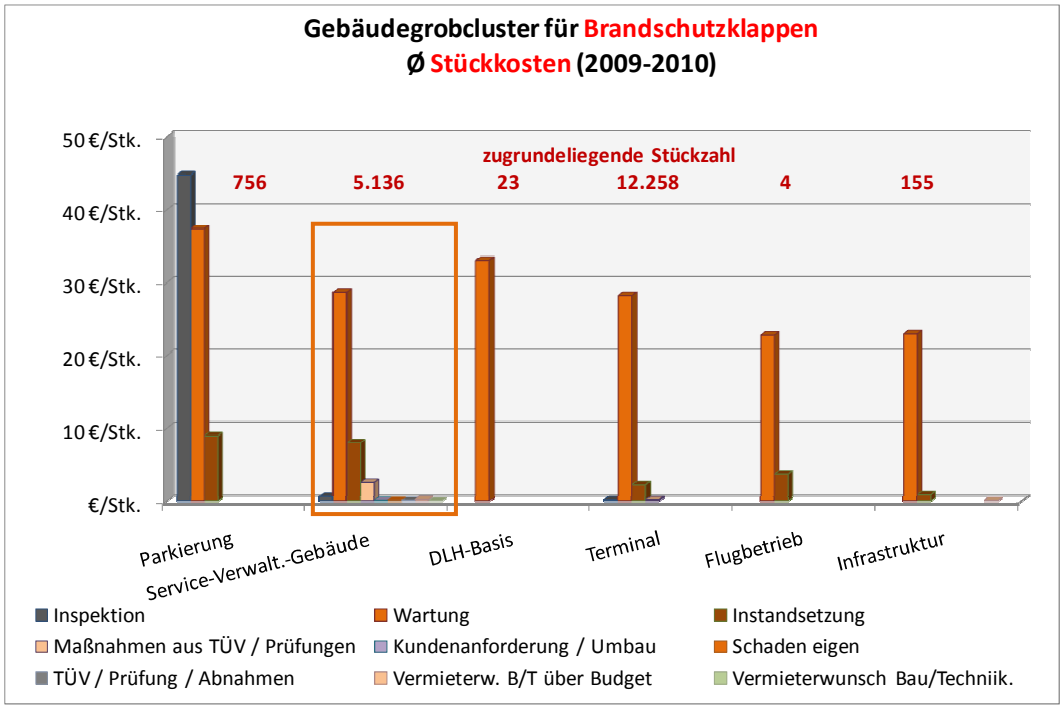


Abb. A 47: Brandschutzklappen mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten, differenziert nach Gebäudearten und Vorgängen (Quelle: IPS / Fraport)

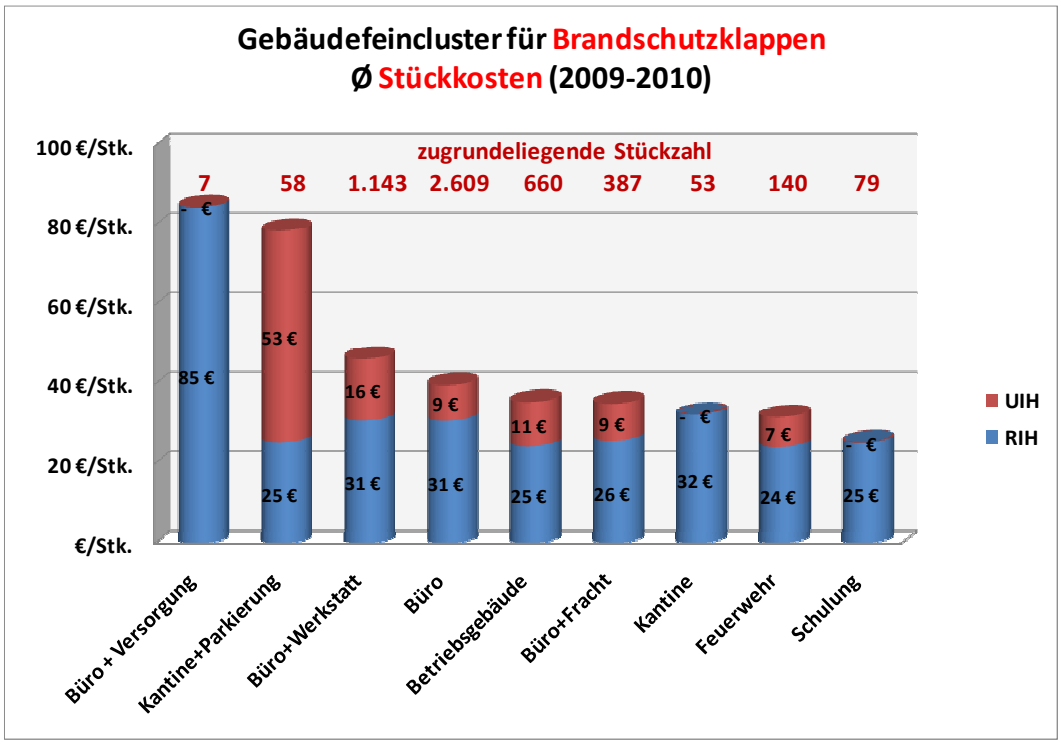


Abb. A 48: Brandschutzklappen mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten für Service- und Verwaltungsgebäude, differenziert nach Nutzungen (Quelle: IPS / Fraport)

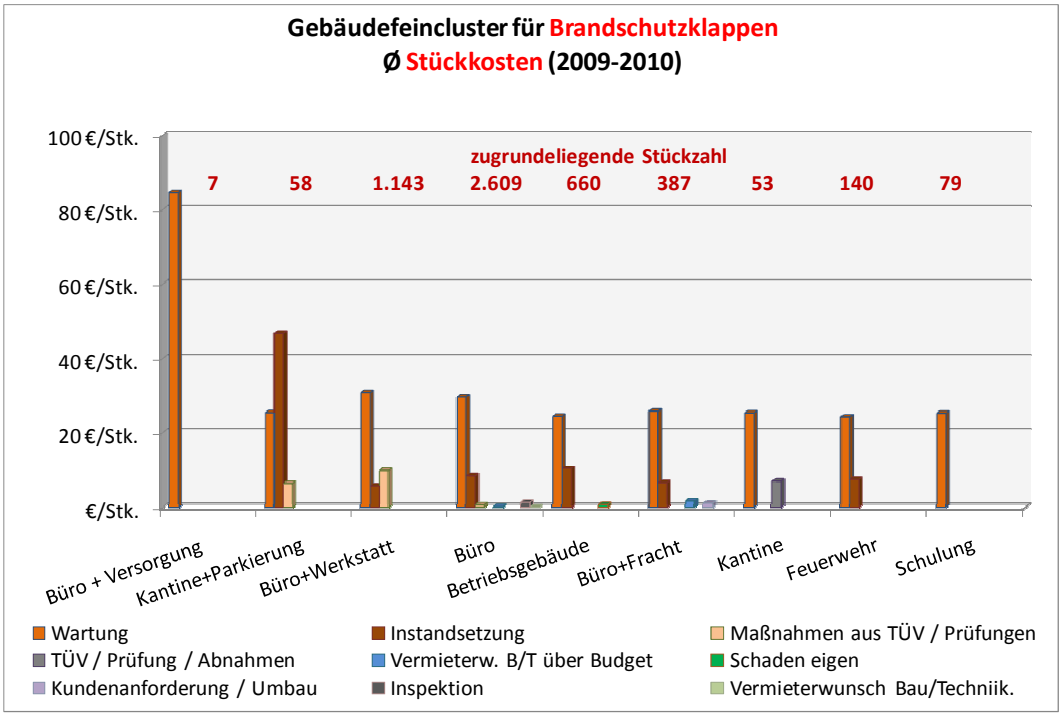


Abb. A 49: Brandschutzklappen mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten für Service- und Verwaltungsgebäude, differenziert nach Nutzungen und Vorgängen (Quelle: IPS / Fraport)

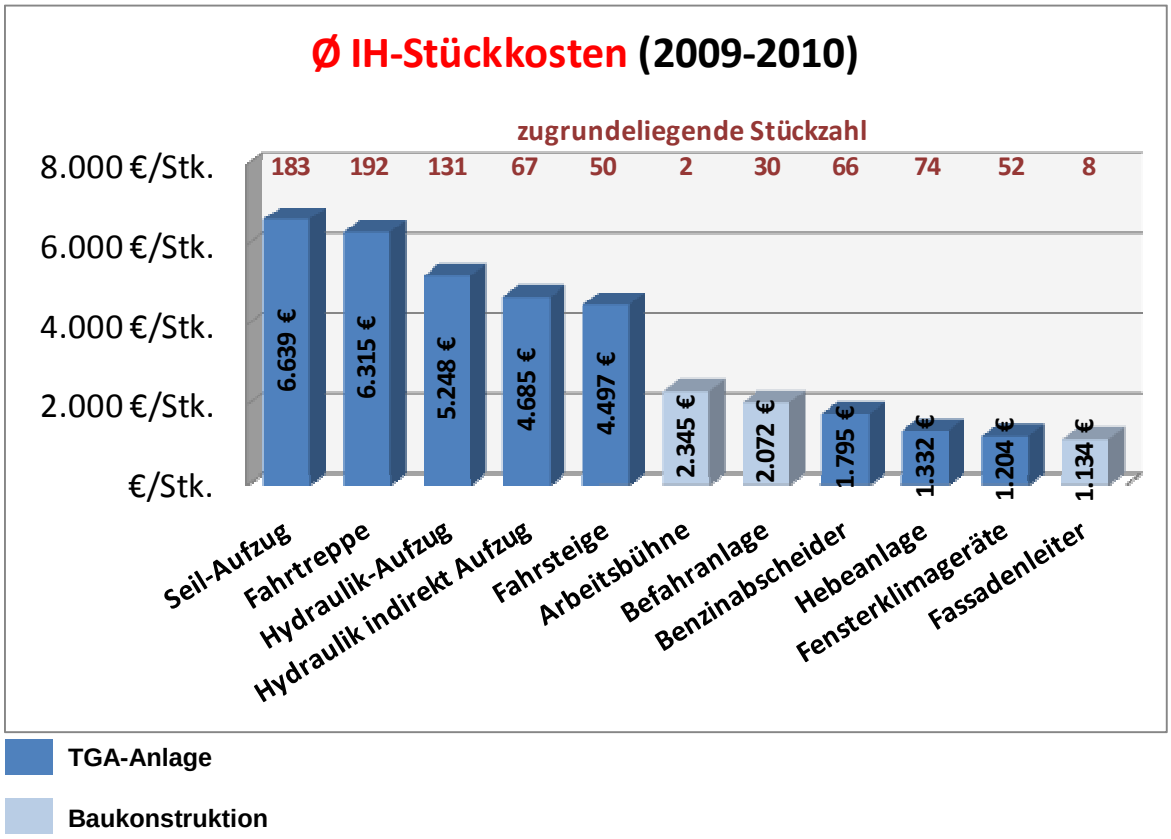


Abb. A 50: Übersicht von Anlagen / Bauteilen mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten Teil 1 (Quelle: IPS / Fraport)

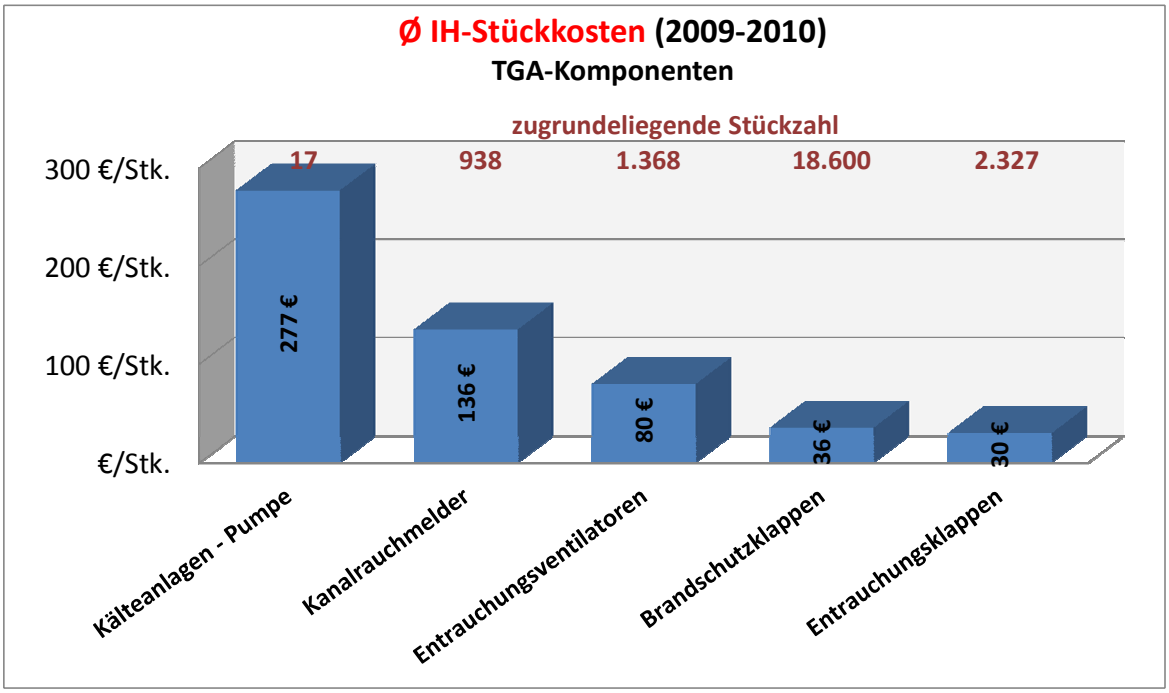


Abb. A 51: Übersicht von Anlagen / Bauteilen mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten Teil 2 (Quelle: IPS / Fraport)

ANHANG 2-4: IH-Kosten für Aufzüge, Fraport[91]

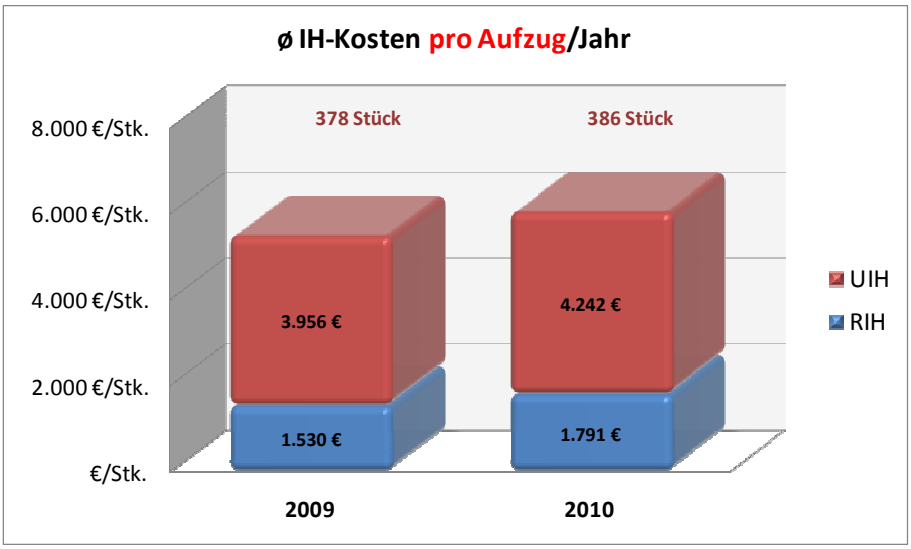
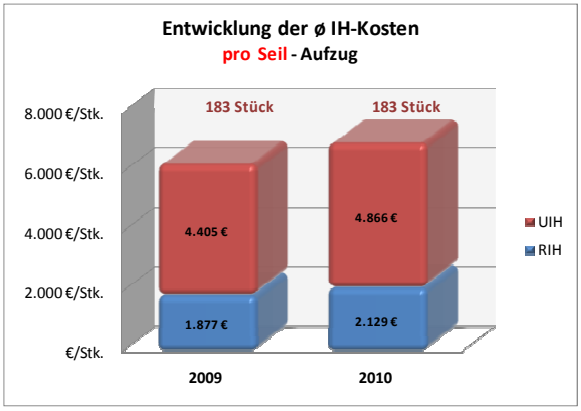
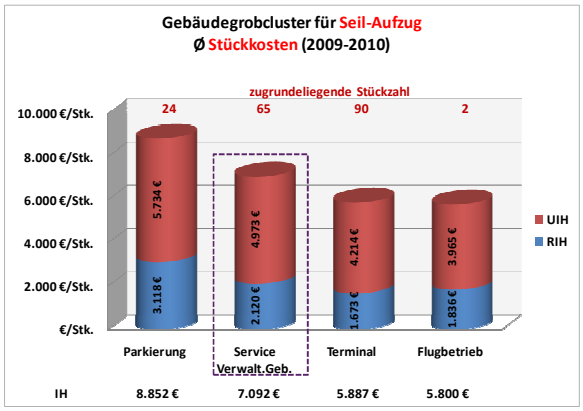


Abb. A 52: Aufzüge mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / Fraport)





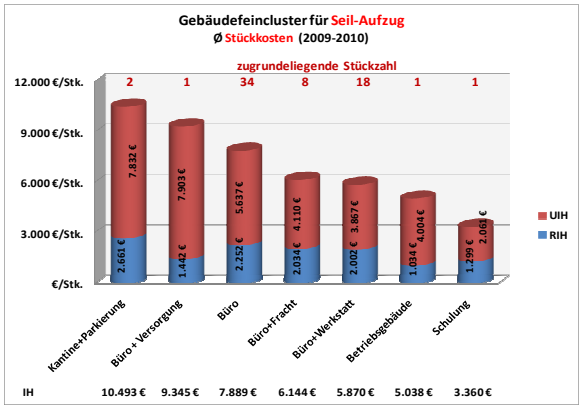


Abb. A 53: Seil-Aufzüge mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten, differenziert nach Gebäudearten (Quelle: IPS / Fraport)

[91] Alle Kosten netto

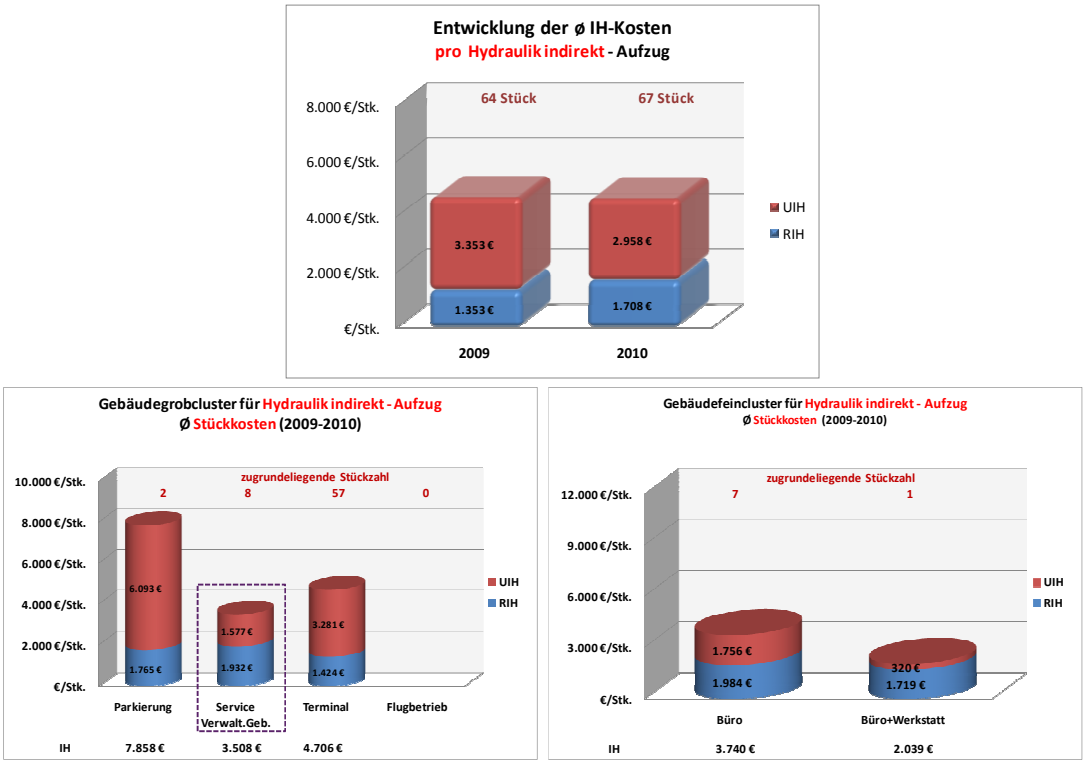


Abb. A 54: Hydraulik indirekt Aufzüge mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten, differenziert nach Gebäudearten (Quelle: IPS / Fraport)

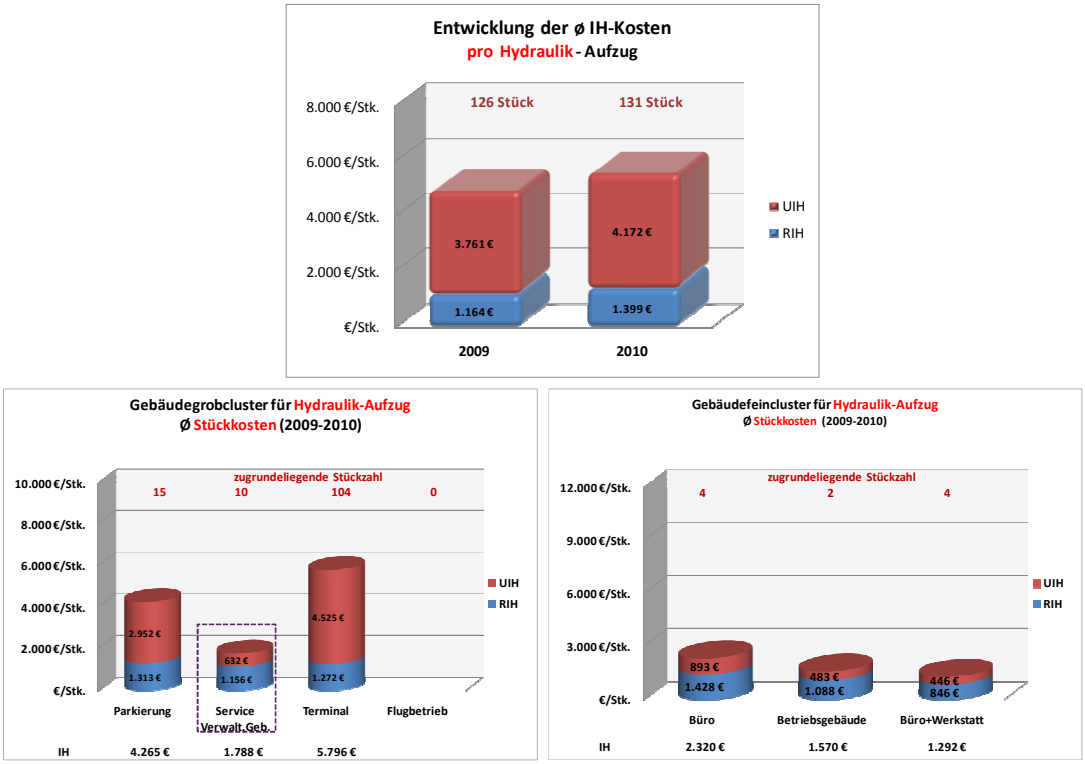


Abb. A 55: Hydraulik Aufzüge mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten, differenziert nach Gebäudearten (Quelle: IPS / Fraport)

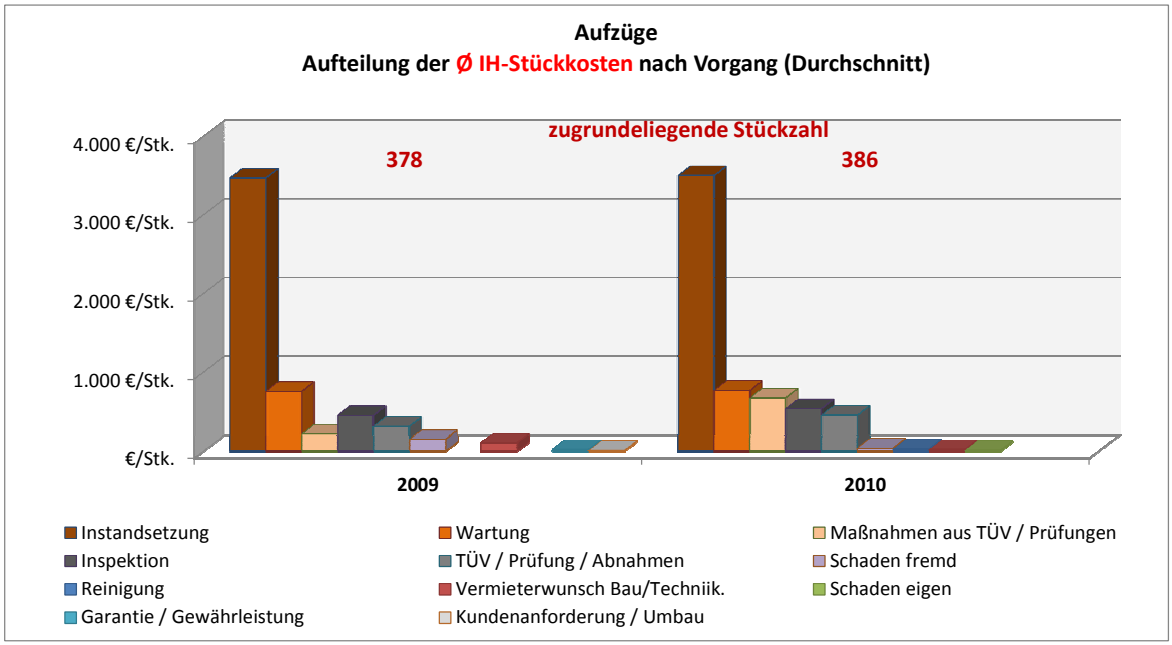


Abb. A 56: Aufzüge mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten, differenziert nach Vorgängen (Quelle: IPS / Fraport)

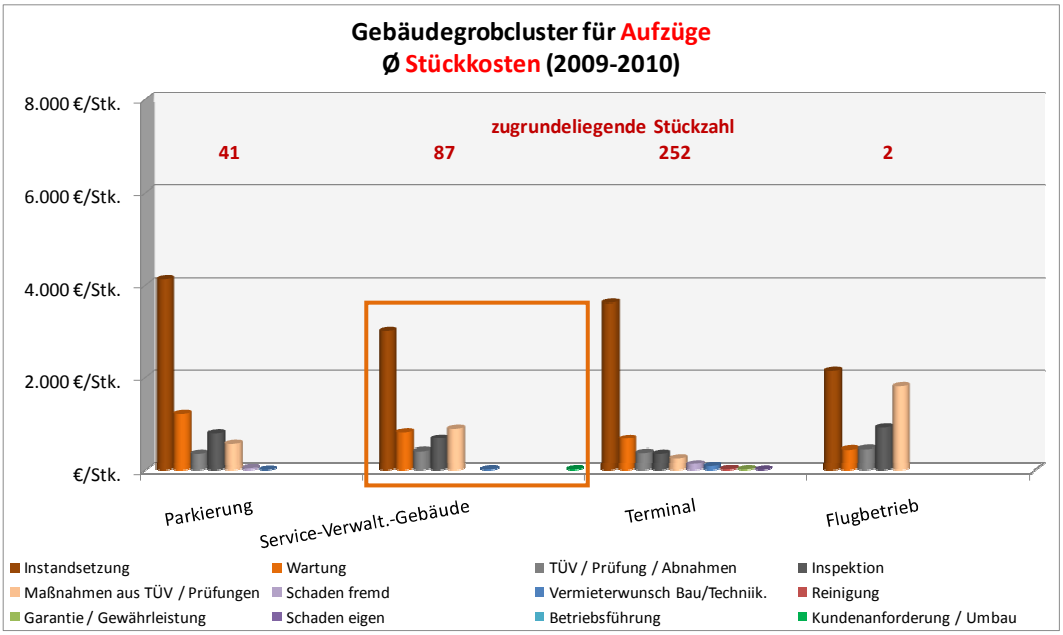


Abb. A 57: Aufzüge mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten, differenziert nach Gebäudearten und Vorgängen (Quelle: IPS / Fraport)

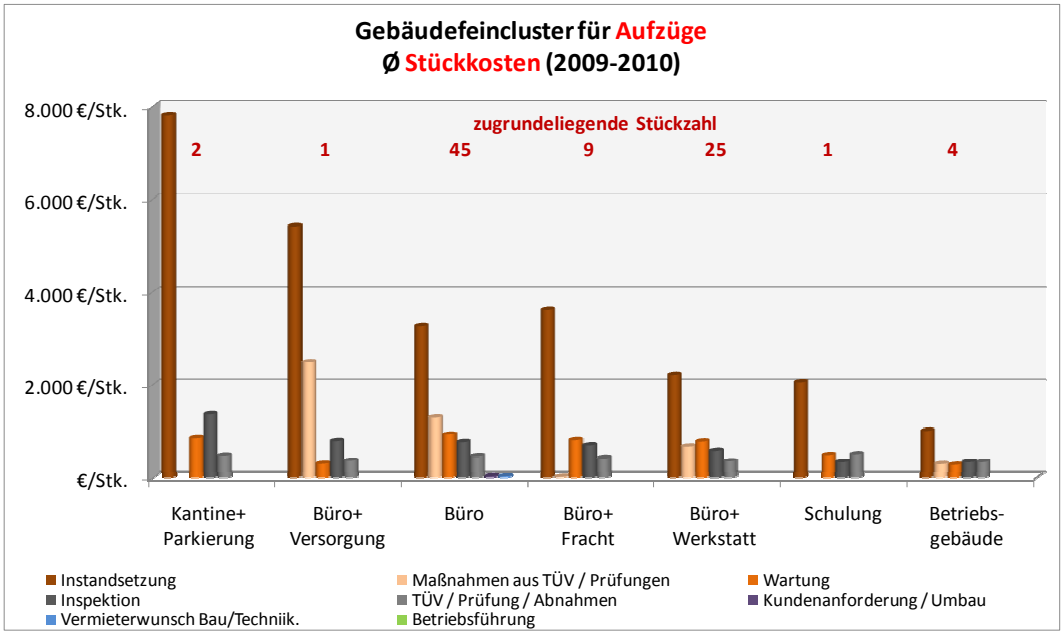
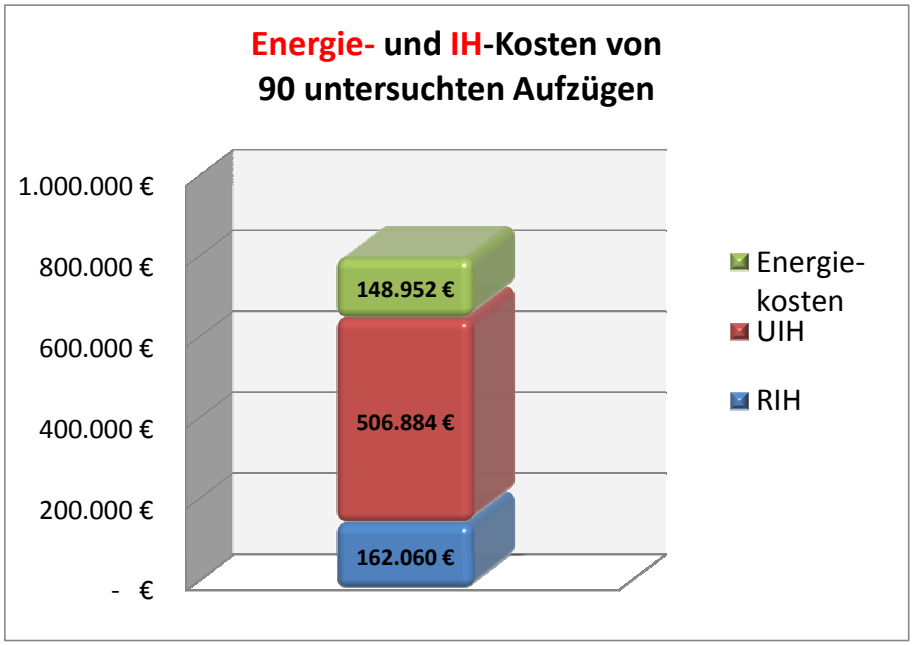


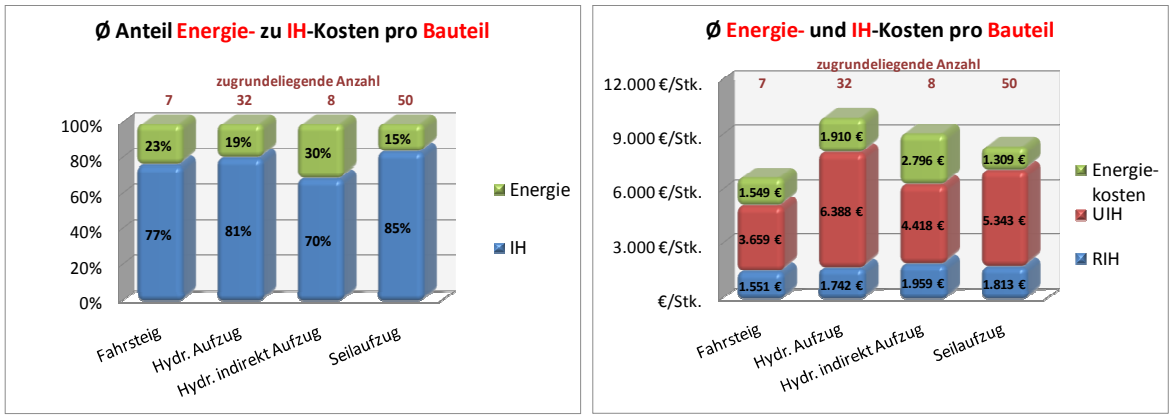
Abb. A 58: Aufzüge mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten für Service- und Verwaltungsgebäude, differenziert nach Nutzungen und Vorgängen (Quelle: IPS / Fraport)

ANHANG 2-5: Energiekosten Aufzüge, Fraport[92]



Energiekosten Mittelwert 2008-2009, IH-Kosten aus 2010

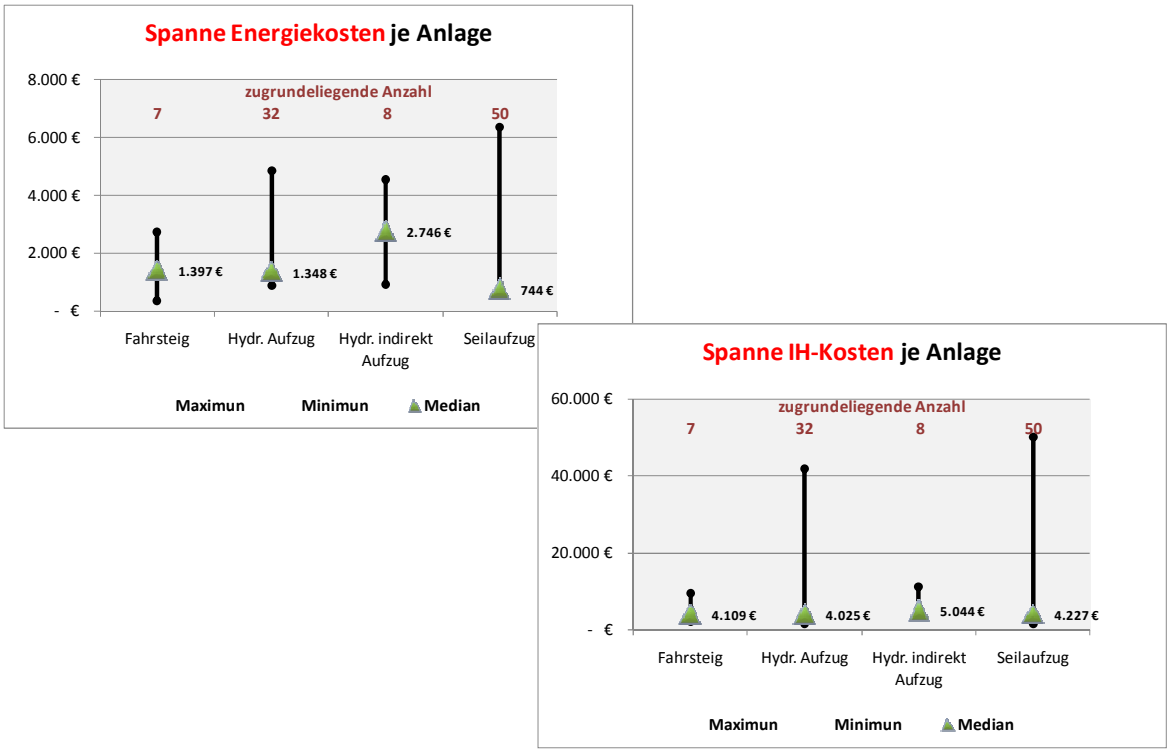
Abb. A 59: Lebenszykluskosten p. a. von 90 ausgewählten Aufzügen (Quelle: IPS / Fraport)



Energiekosten Mittelwert 2008-2009, IH-Kosten aus 2010

Abb. A 60: Lebenszykluskosten p. a. von 90 ausgewählten Aufzügen, Differenzierung nach Aufzugsarten und Fahrsteigen (Quelle: IPS / Fraport)

[92] Alle Kosten netto



Energiekosten Mittelwert 2008-2009, IH-Kosten aus 2010

Abb. A 61: Min.- und Max.-Werte der IH-Kosten und Energiekosten der untersuchten Aufzüge / Fahrsteige (Quelle: IPS / Fraport)

ANHANG 2-6: Lebenszykluskosten Fraport[93]

Datenbasis für nachfolgende Berechnungen

Preissteigerung Strom*	4,7%
Preissteigerung Betrieb*	2,0%
Preissteigerung Wärme*	5,2%

** Quelle: Statistisches Bundesamt, Mittelwert von 2000-2012*

RLT-Anlagen

Alter RLT-Anlagen	Anzahl RLT-Anlagen	∑ Investition	1 Jahre		10 Jahre	
			Kosten	Faktor	Kosten	Faktor
IH-LZK-Faktor (Verhältnis IH-Kosten zu Investition)						
zw. 15-22 Jahre	11	3.449.240 €	109.317 €	0,03	1.196.988 €	0,3
> 30 Jahre	4	622.900 €	67.541 €	0,11	739.554 €	1,2
E-LZK-Faktor (Verhältnis Energiekosten zu Investition)						
zw. 15-22 Jahre	11	3.449.240 €	171.450 €	0,05	1.877.330 €	0,5
> 30 Jahre	4	622.900 €	29.722 €	0,05	325.450 €	0,5
TE-LZK-Faktor (Verhältnis therm. Energiekosten (Wärme, Kälte) zu Investition)						
zw. 15-22 Jahre	11	3.449.240 €	28.869 €	0,01	359.279 €	0,1
> 30 Jahre	4	622.900 €	5.391 €	0,01	67.191 €	0,1
LZK-Faktor (Verhältnis Energiekosten+IH-Kosten zu Investition)						
zw. 15-22 Jahre	11	3.449.240 €	309.636 €	0,09	3.433.597 €	1,0
> 30 Jahre	4	622.900 €	102.654 €	0,16	1.132.195 €	1,8

Alter RLT-Anlagen	Anzahl RLT-Anlagen	Median Investition	1 Jahre		10 Jahre	
			Median Kosten	Faktor	Median Kosten	Faktor
IH-LZK-Faktor (Verhältnis IH-Kosten zu Investition)						
zw. 15-22 Jahre	11	206.600 €	5.403 €	0,03	59.161 €	0,3
> 30 Jahre	4	144.000 €	13.719 €	0,10	150.223 €	1,0
E-LZK-Faktor (Verhältnis Energiekosten zu Investition)						
zw. 15-22 Jahre	11	206.600 €	10.583 €	0,05	131.267 €	0,6
> 30 Jahre	4	144.000 €	6.667 €	0,05	82.688 €	0,6
TE-LZK-Faktor (Verhältnis therm. Energiekosten (Wärme, Kälte) zu Investition)						
zw. 15-22 Jahre	11	206.600 €	1.774 €	0,01	22.090 €	0,1
> 30 Jahre	4	144.000 €	1.148 €	0,01	14.298 €	0,1
LZK-Faktor (Verhältnis Energiekosten+IH-Kosten zu Investition)						
zw. 15-22 Jahre	11	206.600 €	17.761 €	0,09	212.518 €	1,0
> 30 Jahre	4	144.000 €	21.534 €	0,15	247.209 €	1,7

* IH-Kosten Mittel 2008-2010 über den Betrachtungszeitraum hochgerechnet, inkl. Preissteigerung 2 % p.a., alle Kosten netto

* Elektroenergiekosten Mittel 2008-2010 über den Betrachtungszeitraum hochgerechnet, inkl. Preissteigerung 4,7 % p.a., alle Kosten netto

* Wärmeenergiekosten 2010 über den Betrachtungszeitraum hochgerechnet, inkl. Preissteigerung 5,2 % p.a., alle Kosten netto

* Energiekosten Kälte 2010 über den Betrachtungszeitraum hochgerechnet, inkl. Preissteigerung 4,7 % p.a., alle Kosten netto

Tab. A 6: LZK-Faktoren für RLT-Anlagen, differenziert nach Alter und Kostenart (Quelle: IPS / Fraport)

[93] Alle Kosten netto

Alter RLT-Anlagen	Anzahl RLT-Anlagen	Median Investition	IH-Kosten 2009			IH-Kosten 2010		
			Median IH-Kosten	Anteil RIH an IH	IH-Faktor	Median IH-Kosten	Anteil RIH an IH	IH-Faktor
IH-LZK-Faktor (Verhältnis IH-Kosten zu Investition)								
zw. 15-22 Jahre	11	206.600 €	10.318 €	32%	0,05	13.732 €	34%	0,07
> 30 Jahre	4	144.000 €	25.441 €	33%	0,18	29.033 €	31%	0,20

Tab. A 7: IH-LZK-Faktoren für ausgewählte RLT-Anlagen (Quelle: IPS / Fraport)

Alter RLT-Anlagen	Anzahl RLT-Anlagen	∑ Investition	Absolutwert der IH-LZK-Faktoren Einzel-RLT-Anlagen		
			Min	Mittel	Max.
zw. 15-22 Jahre	11	3.449.240 €	0,02	0,03	0,14
> 30 Jahre	4	622.900 €	0,07	0,10	0,15

Tab. A 8: IH-LZK-Faktoren für ausgewählte RLT-Anlagen aufgeteilt in Min, Mittel, Max (Quelle: IPS / Fraport)

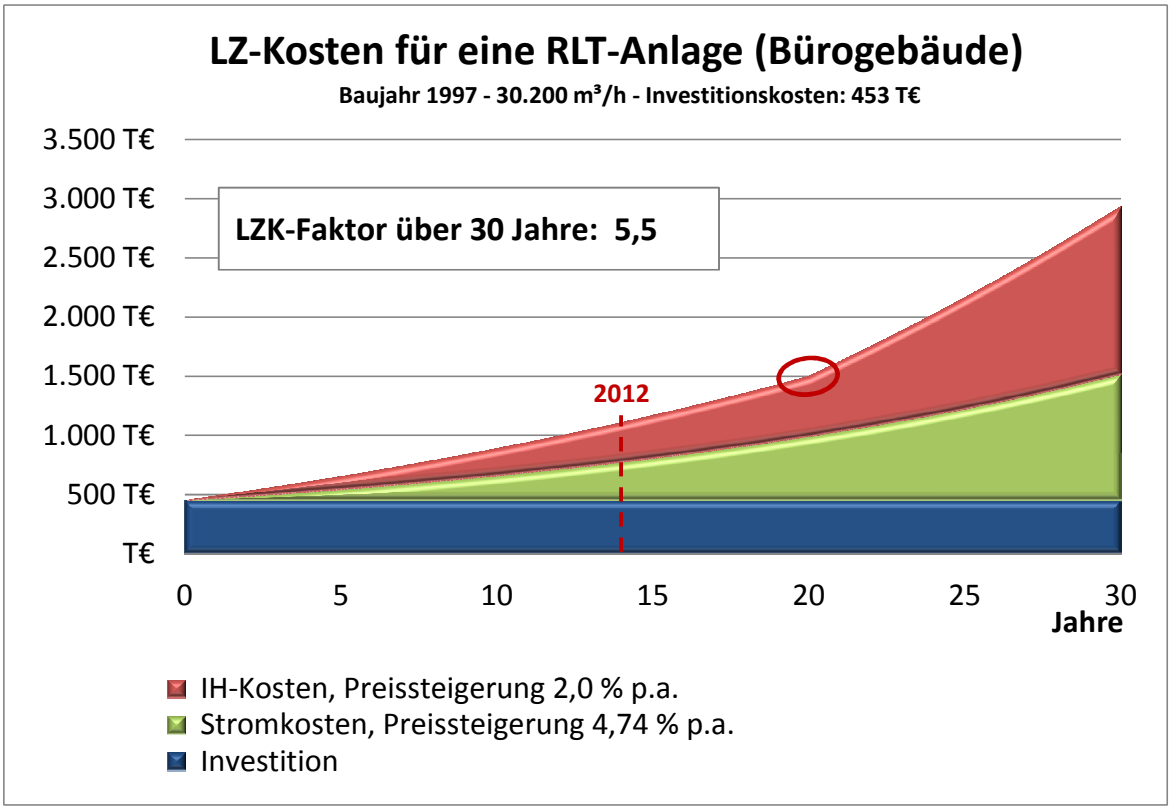


Abb. A 62: Lebenszykluskosten-Modellrechnung für eine ausgewählte RLT-Anlage in einem Fraport-Bürogebäude (Quelle: IPS / Fraport)

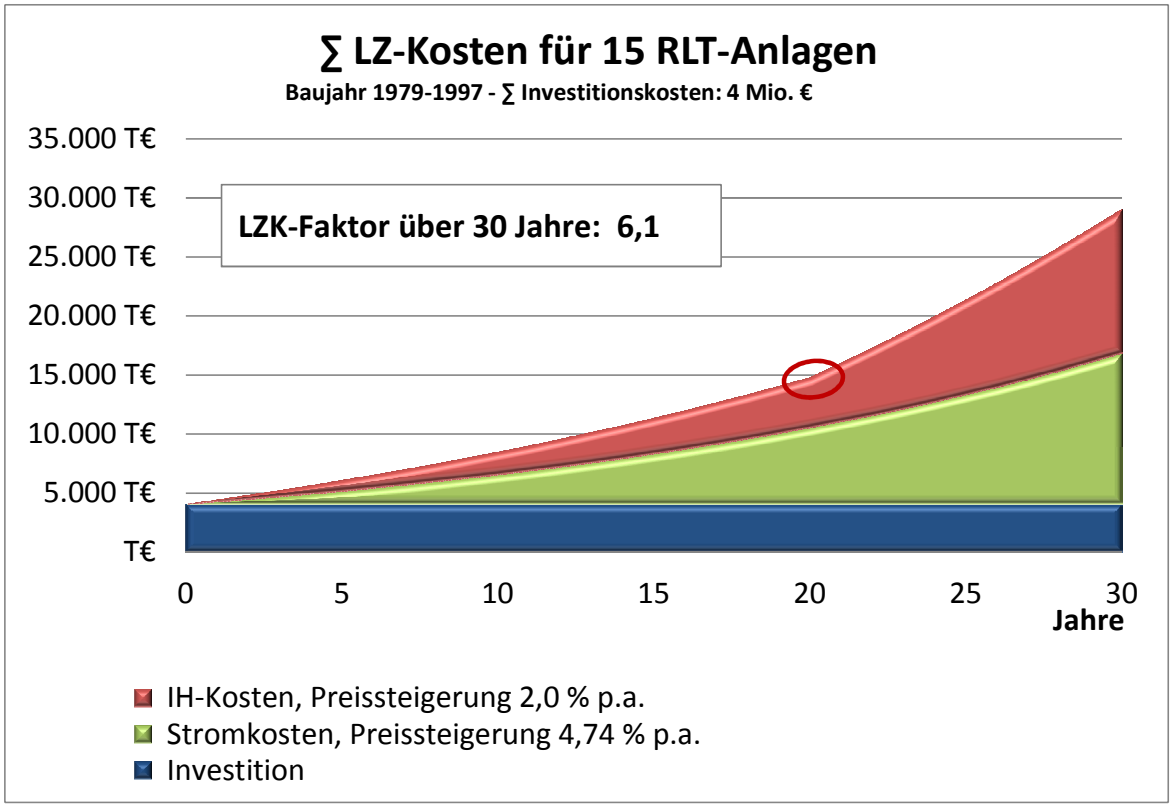
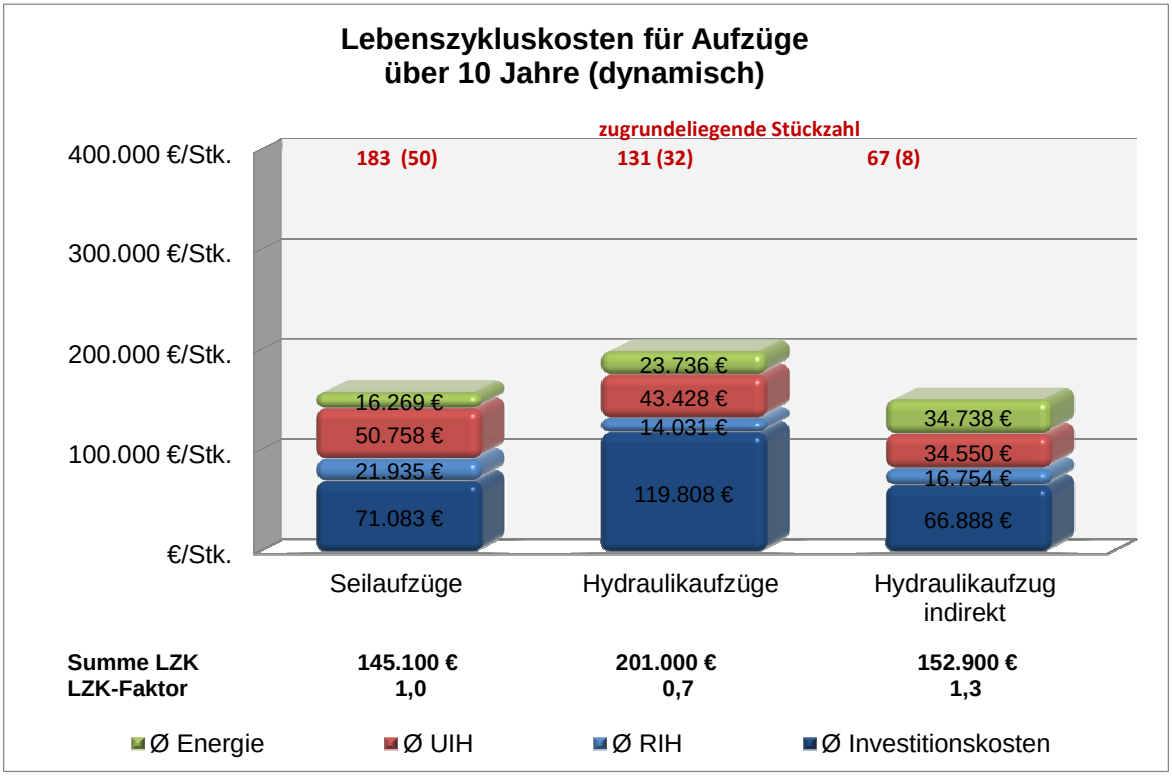


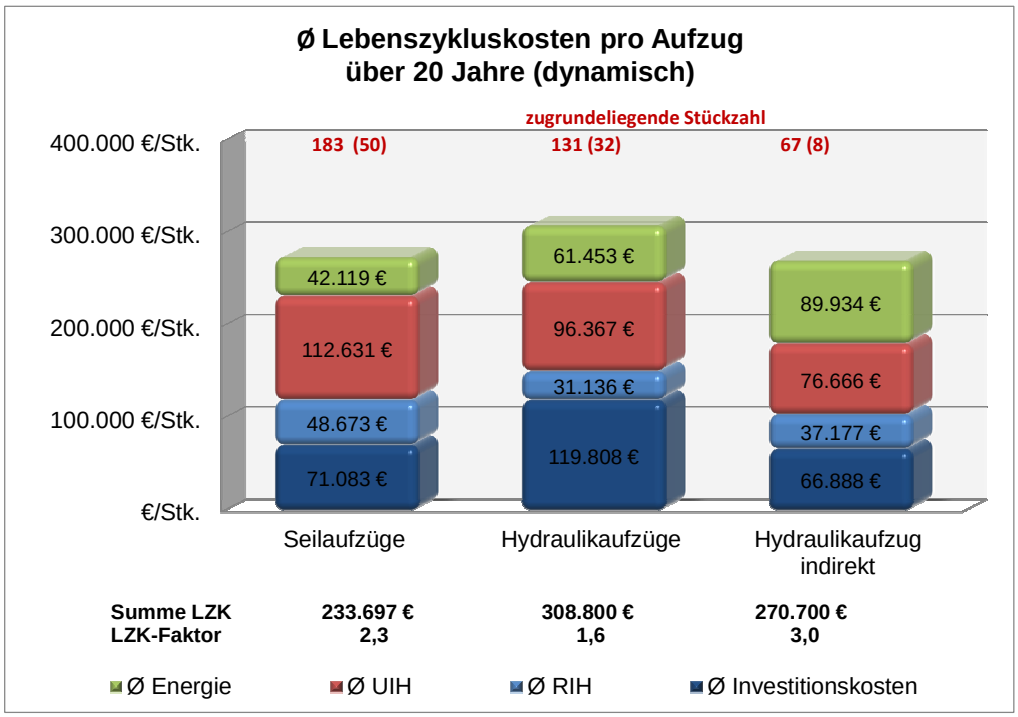
Abb. A 63: Lebenszykluskosten-Modellrechnung für 15 ausgewählte RLT-Anlage in mehreren Fraport-Bürogebäuden (Quelle: IPS / Fraport)

Aufzüge



IH-Daten aus Mittelwert von 2009/2010./ Die Datenmenge auf welcher Grundlage der Elektroenergiebedarf beruht ist dem Klammerausdruck der beschriebenen Stückzahl im Diagramm zu entnehmen. / Die Investitionskosten wurden auf Grundlage von 6 (Hydraulik direkt) / 15 (Hydraulik indirekt) / 14 (Seil) Aufzügen ermittelt.

Abb. A 64: Lebenszykluskosten für Fraport-Aufzüge im Betrachtungszeitraum 10 Jahre (Quelle: IPS / Fraport)



IH-Daten aus Mittelwert von 2009/2010.
Die Datenmenge auf welcher Grundlage der Elektroenergiebedarf beruht ist dem Klammerausdruck der beschriebenen Stückzahl im Diagramm zu entnehmen.
Die Investitionskosten wurden auf Grundlage von 6 (Hydraulik direkt) / 15 (Hydraulik indirekt) / 14 (Seil) Aufzügen ermittelt.

Abb. A 65: Lebenszykluskosten für Fraport-Aufzüge im Betrachtungszeitraum 20 Jahre (Quelle: IPS / Fraport)

Alter Aufzüge	Anzahl Aufzüge	Median Investition	IH-LZK-Faktor (Verhältnis IH-Kosten zu Investition)*			
			1 Jahre		10 Jahre	
			Median IH-Kosten	IH-LZK-Faktor	Median IH-Kosten	IH-LZK-Faktor
Hydraulik						
0 bis 5 Jahre	28	54.600 €	3.942 €	0,07	43.161 €	0,79
5 bis 10 Jahre	9	44.625 €	2.600 €	0,06	28.467 €	0,64
10 bis 15 Jahre	28	44.625 €	3.783 €	0,08	41.427 €	0,93
15 bis 20 Jahre	35	44.000 €	4.499 €	0,10	49.265 €	1,12
20 bis 25 Jahre	11	46.000 €	3.596 €	0,08	39.370 €	0,86
Hydraulik indirekt						
0 bis 5 Jahre	33	69.825 €	3.900 €	0,06	42.704 €	0,61
5 bis 10 Jahre	7	54.600 €	2.892 €	0,05	31.661 €	0,58
10 bis 15 Jahre	21	46.750 €	3.450 €	0,07	37.773 €	0,81
15 bis 20 Jahre	3	50.600 €	5.368 €	0,11	58.778 €	1,16
20 bis 25 Jahre	2	56.668 €	7.433 €	0,13	81.393 €	1,44
Seil						
0 bis 5 Jahre	24	63.000 €	5.665 €	0,09	62.030 €	0,98
5 bis 10 Jahre	5	44.625 €	3.264 €	0,07	35.737 €	0,80
10 bis 15 Jahre	33	57.200 €	4.629 €	0,08	50.690 €	0,89
15 bis 20 Jahre	66	58.025 €	4.473 €	0,08	48.982 €	0,84
20 bis 25 Jahre	44	59.125 €	8.373 €	0,14	91.677 €	1,55

* IH-Kosten 2010 über den Betrachtungszeitraum hochgerechnet, inkl. Preissteigerung 2 % p.a., alle Kosten netto

Tab. A 9: IH-LZK-Faktoren der Fraport-Aufzüge, differenziert nach Aufzugsalter, Betrachtungszeitraum 1 Jahr und 10 Jahre (Quelle: IPS / Fraport)

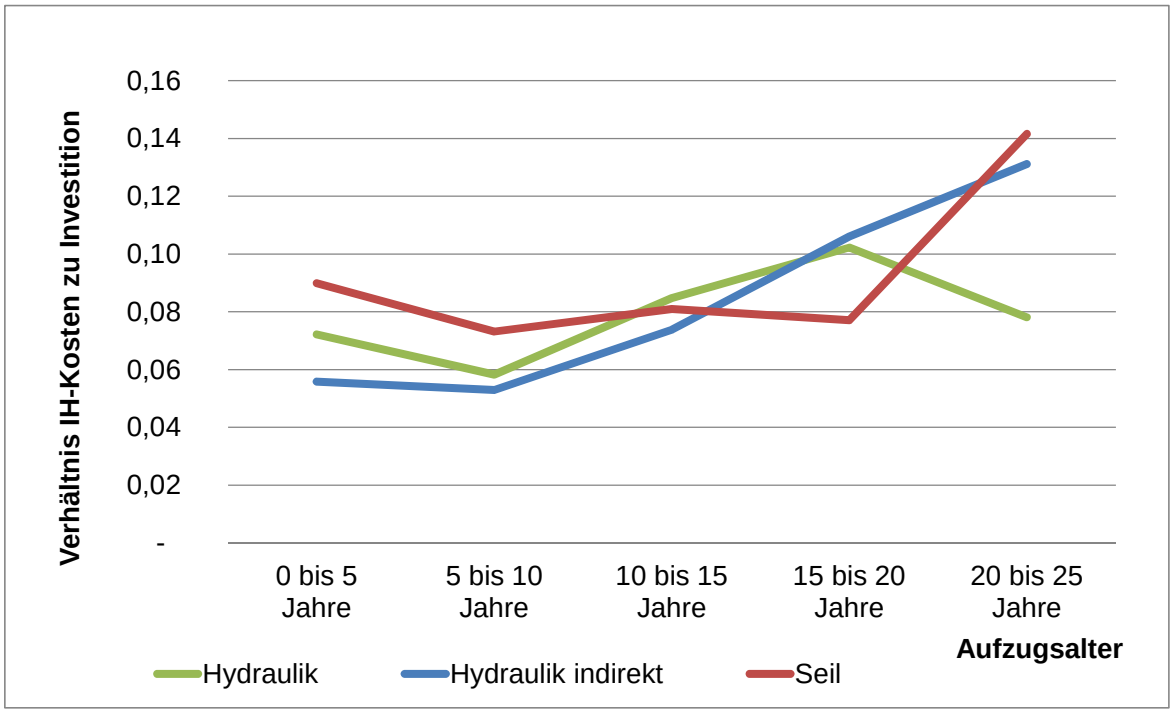


Abb. A 66: Darstellung der IH-LZK-Faktoren der Fraport-Aufzüge, differenziert nach Aufzugsalter (Quelle: IPS / Fraport)

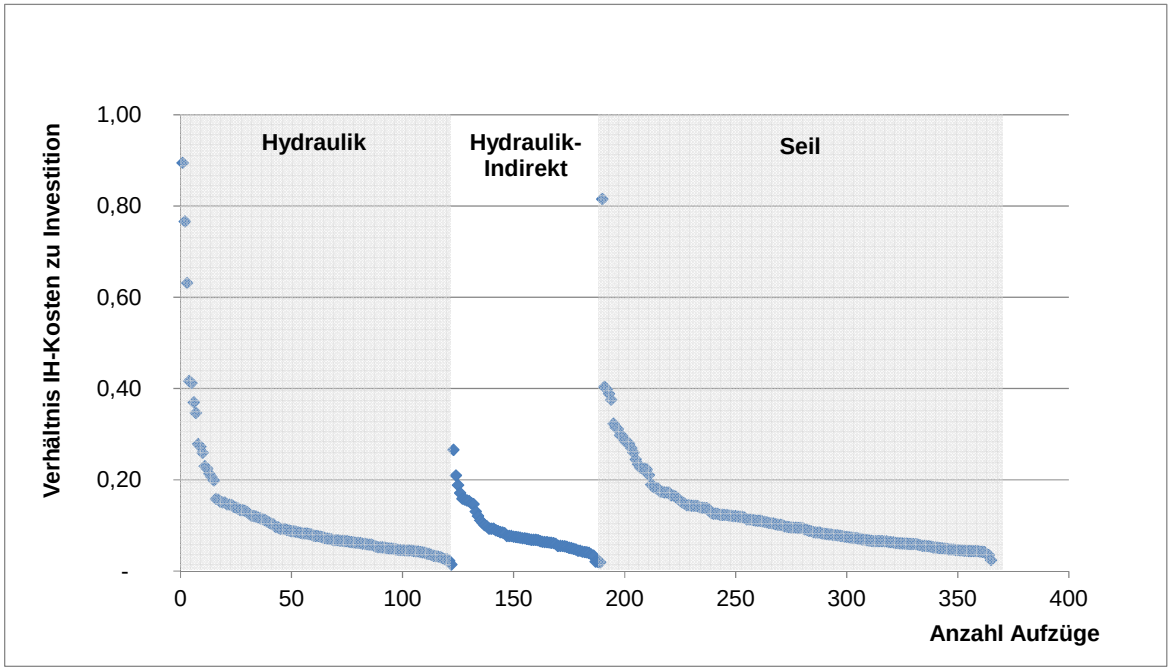


Abb. A 67: Darstellung der IH-LZK-Faktoren der Fraport-Aufzüge für 1 Jahr (Quelle: IPS / Fraport)

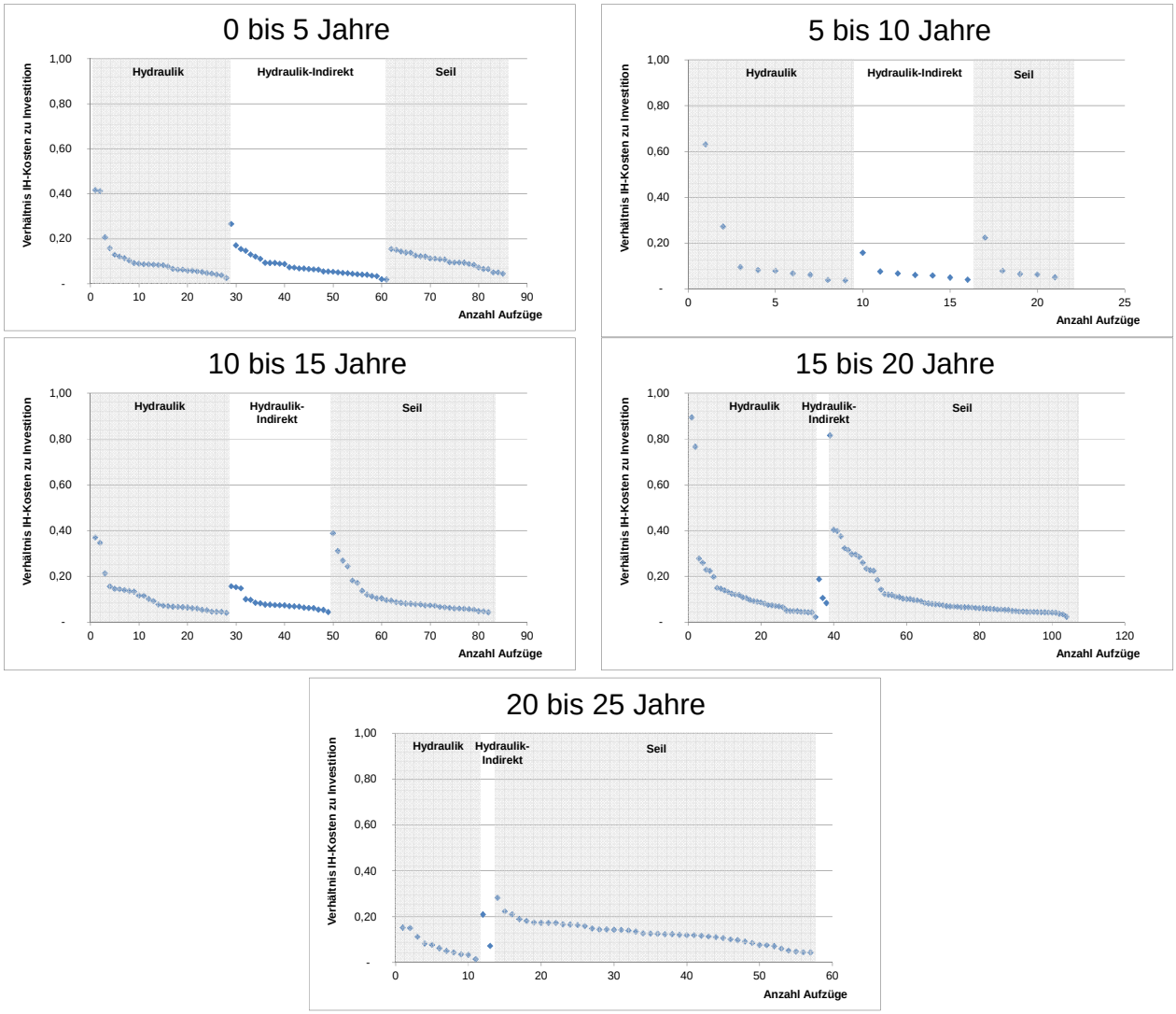


Abb. A 68: Darstellung der IH-LZK-Faktoren der Fraport-Aufzüge für 1 Jahr, differenziert nach Aufzugsalter (Quelle: IPS / Fraport)

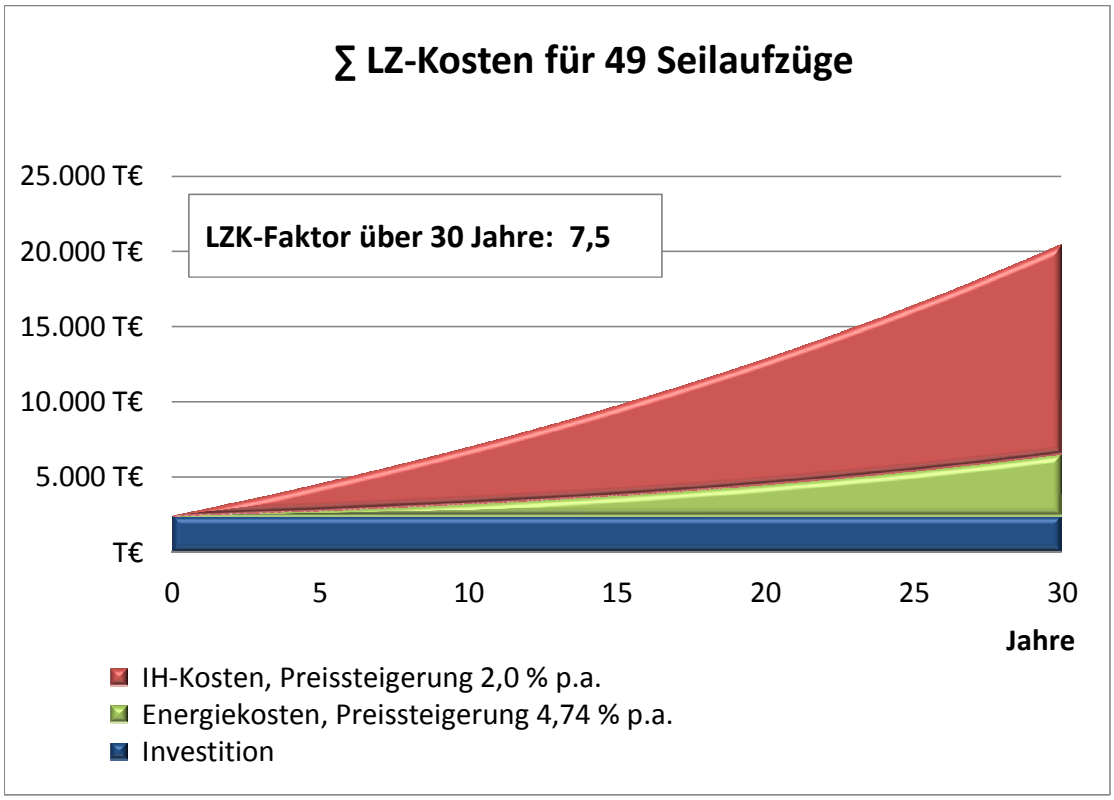
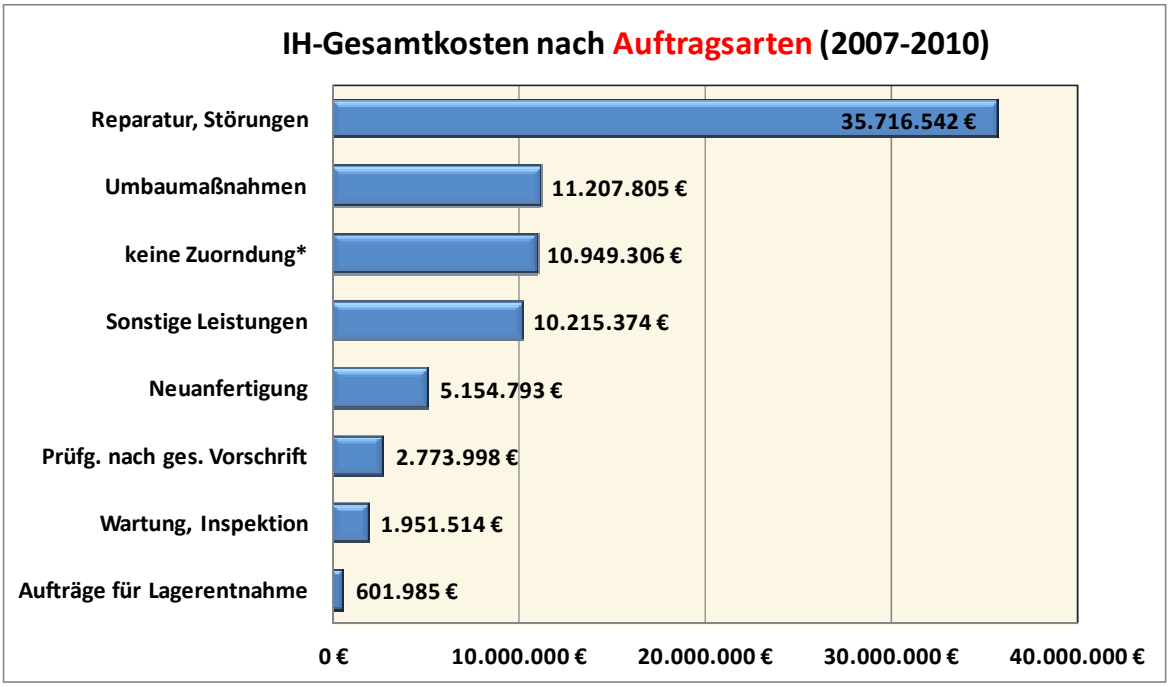


Abb. A 69: Lebenszykluskosten für ausgewählte Fraport-Seilaufzüge (Quelle: IPS / Fraport)

ANHANG 3-1: Gesamtdarstellung Audi[94]



* Reparaturen, IH, Wiederkehrende Prüfungen

Abb. A 70: IH-Standortprofil für Audi Neckarsulm, differenziert nach Auftragsarten (Quelle: IPS / Audi)

[94] Alle Kosten netto

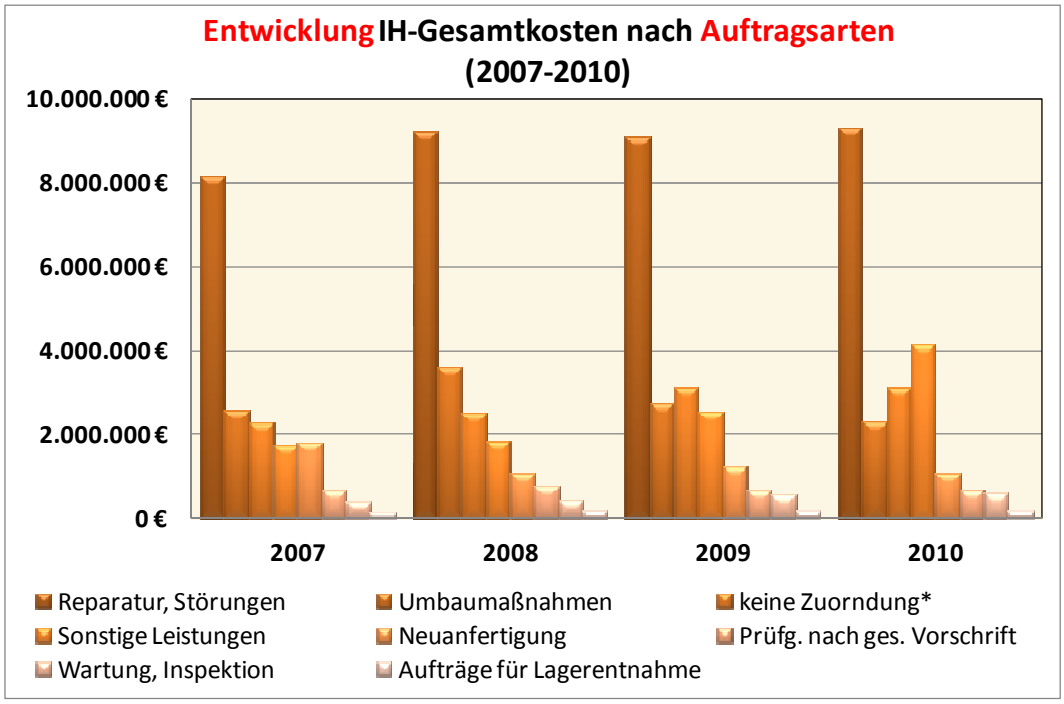


Abb. A 71: Entwicklung der IH-Standortprofile, differenziert nach Auftragsarten 2007-2010 (Quelle: IPS / Audi)

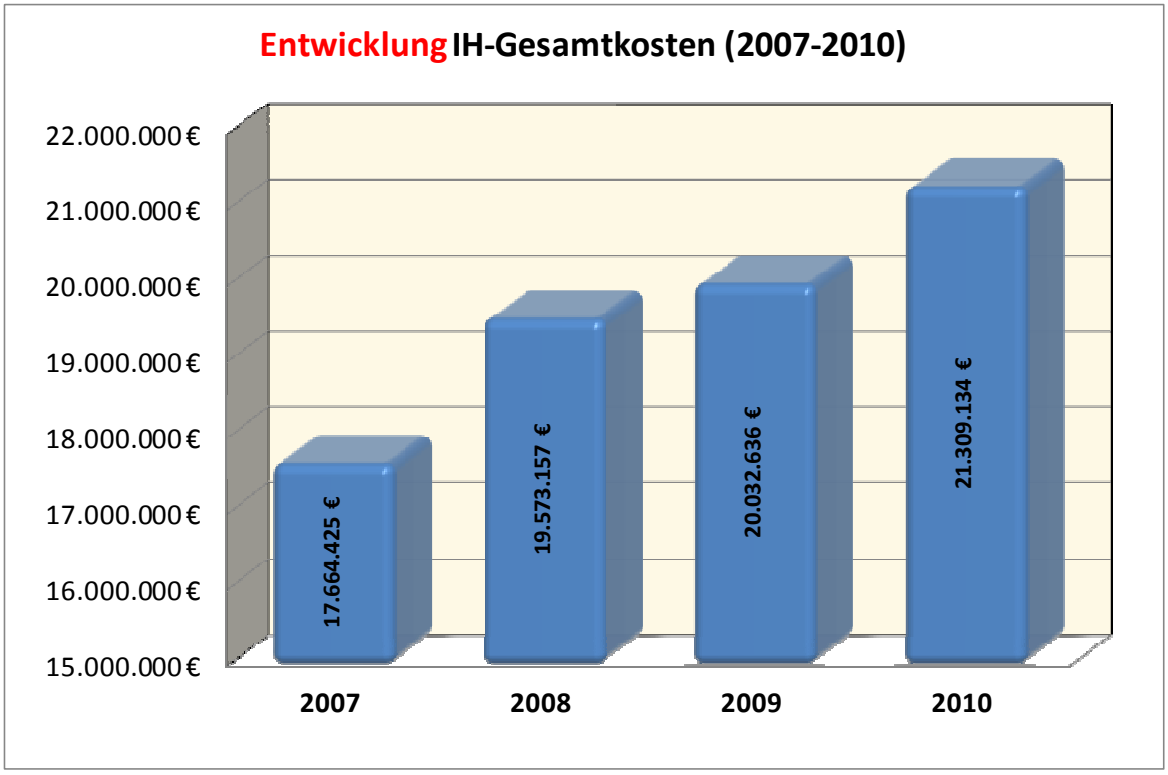


Abb. A 72: Entwicklung der Instandhaltungskosten 2007-2010 (Quelle: IPS / Audi)

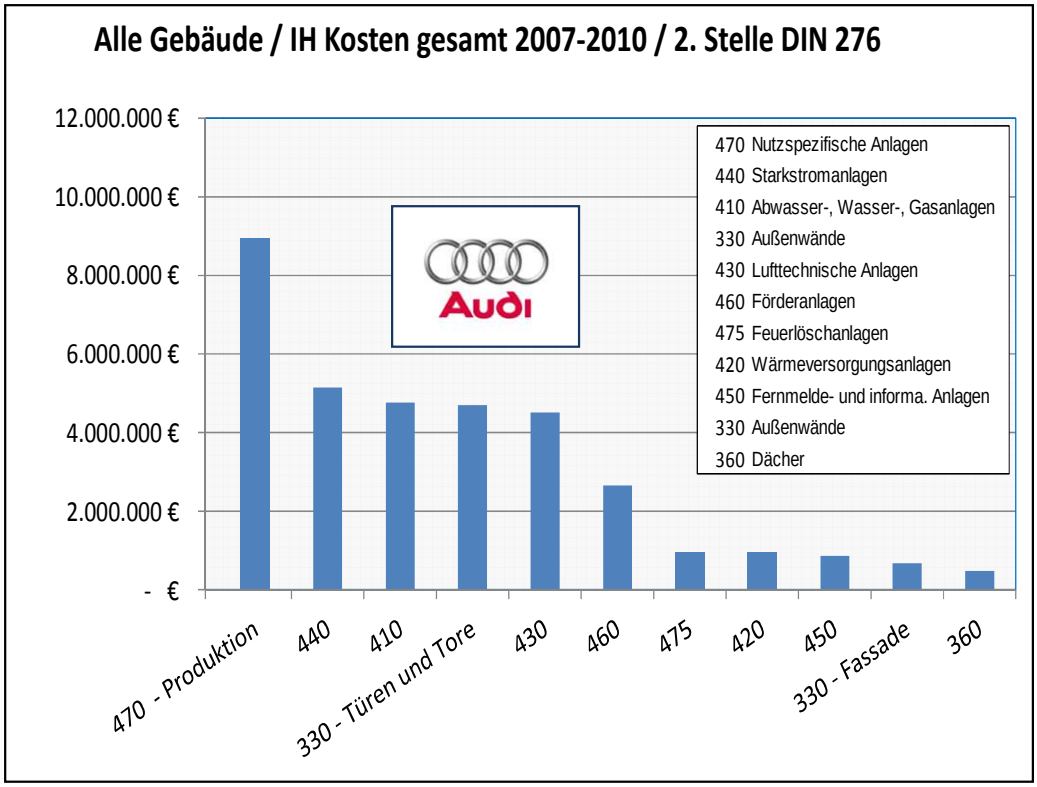


Abb. A 73: IH-Standortprofil für Audi Neckarsulm, sortiert nach DIN 276 Kostengruppen (Quelle: IPS / Audi)

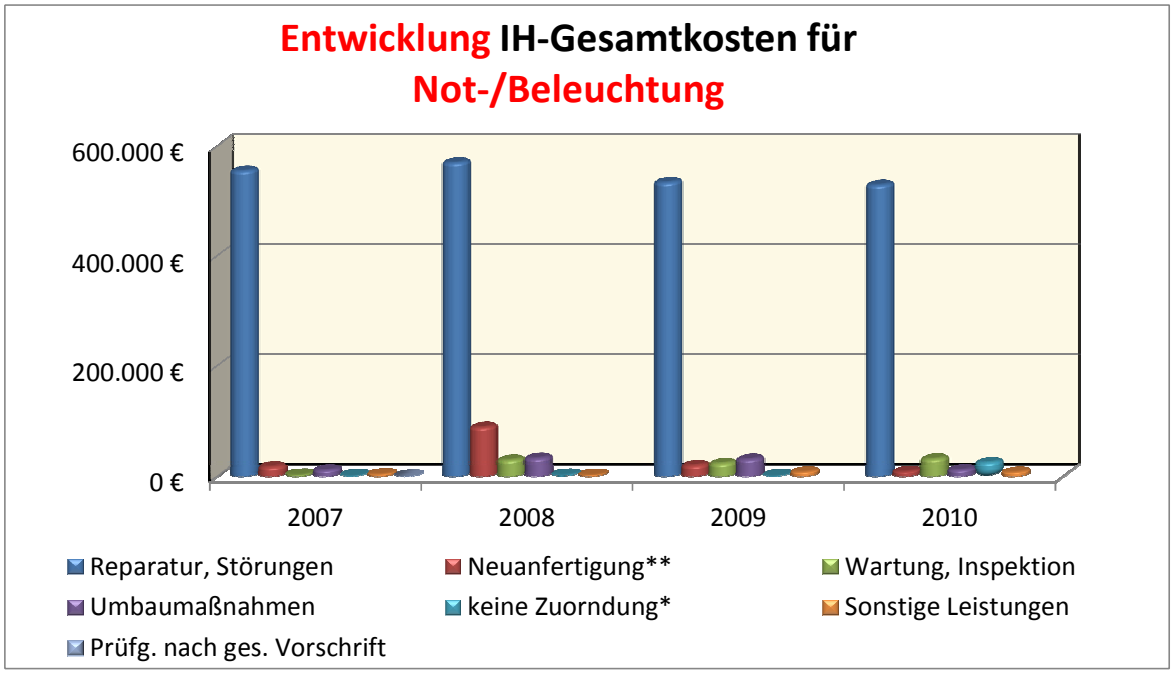


Abb. A 74: Bauteilorientierte IH-Kosten für Beleuchtung, differenziert nach Vorgangsarten (Quelle: IPS / Audi)

ANHANG 3-2: IH-Kosten auf Bauteilebene, Audi[95]

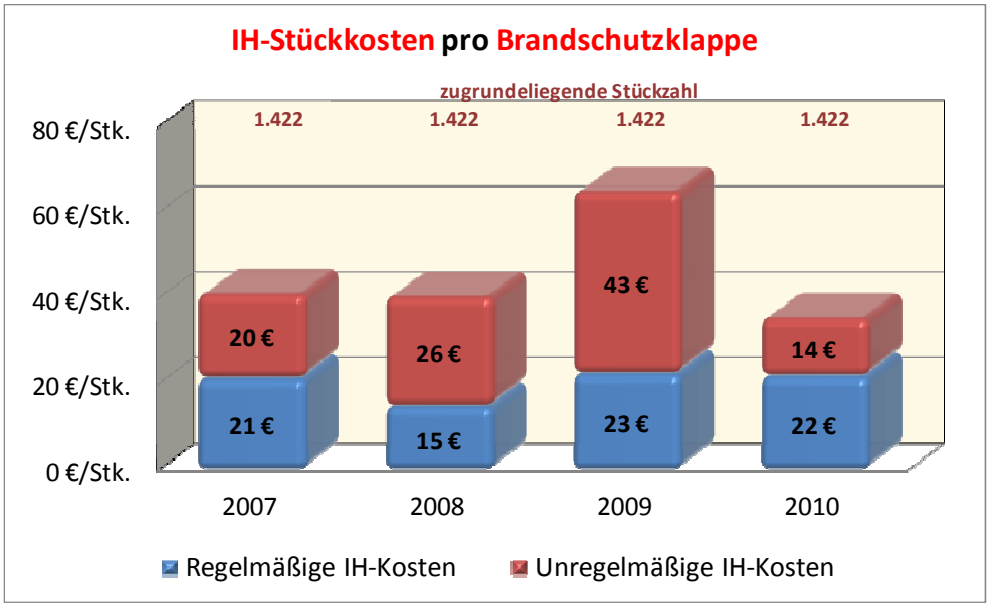


Abb. A 75: Bauteilorientierte IH-Kosten für Brandschutzklappen / Stückkosten (Quelle: IPS / Audi)

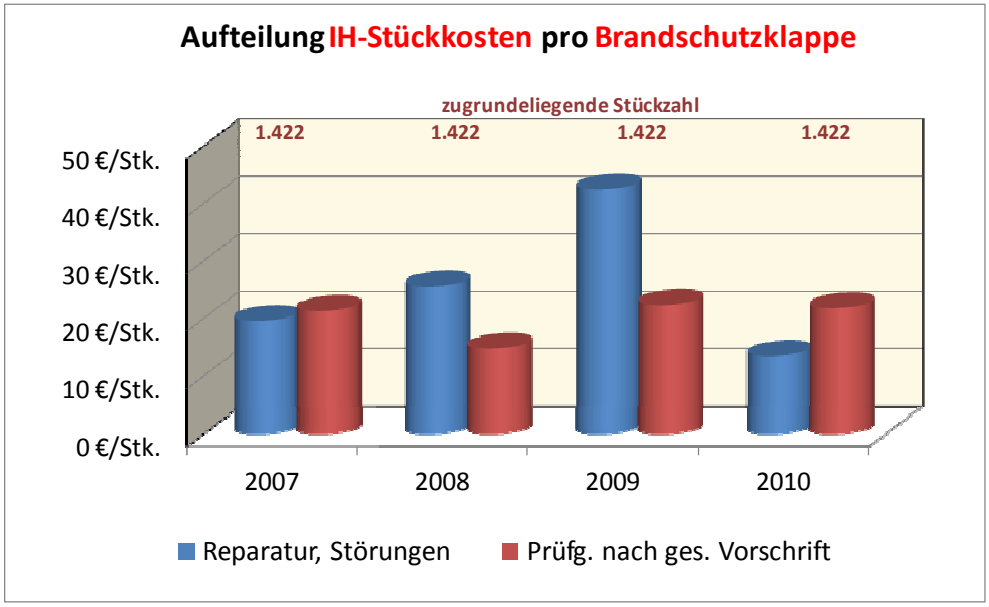


Abb. A 76: Bauteilorientierte IH-Kosten für Brandschutzklappen, differenziert nach Vorgangsarten (Quelle: IPS / Audi)

[95] Alle Kosten netto

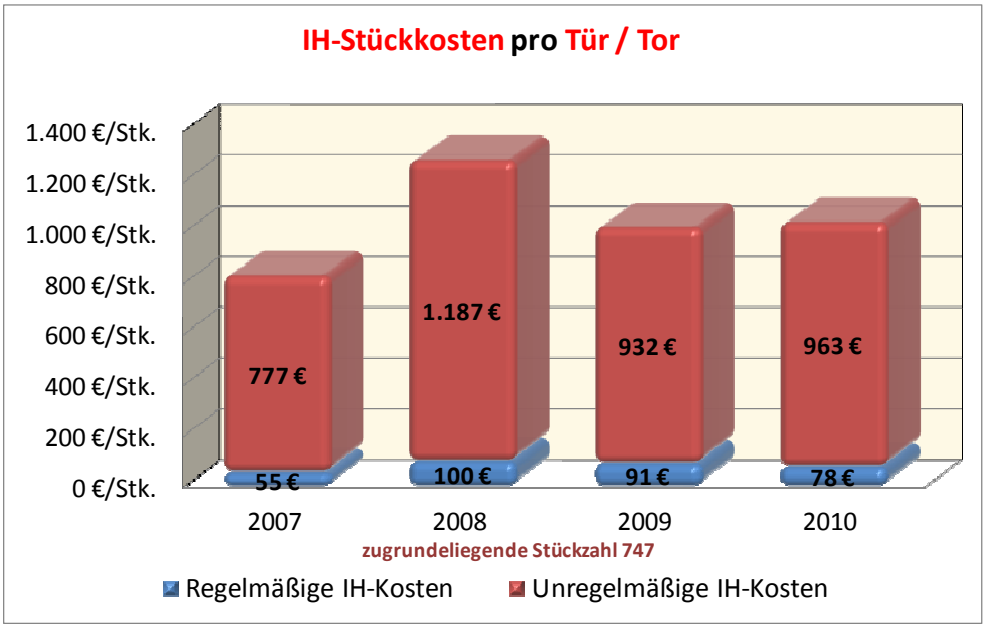


Abb. A 77: Bauteilorientierte IH-Kosten für Türen / Tore / Stückkosten (Quelle: IPS / Audi)

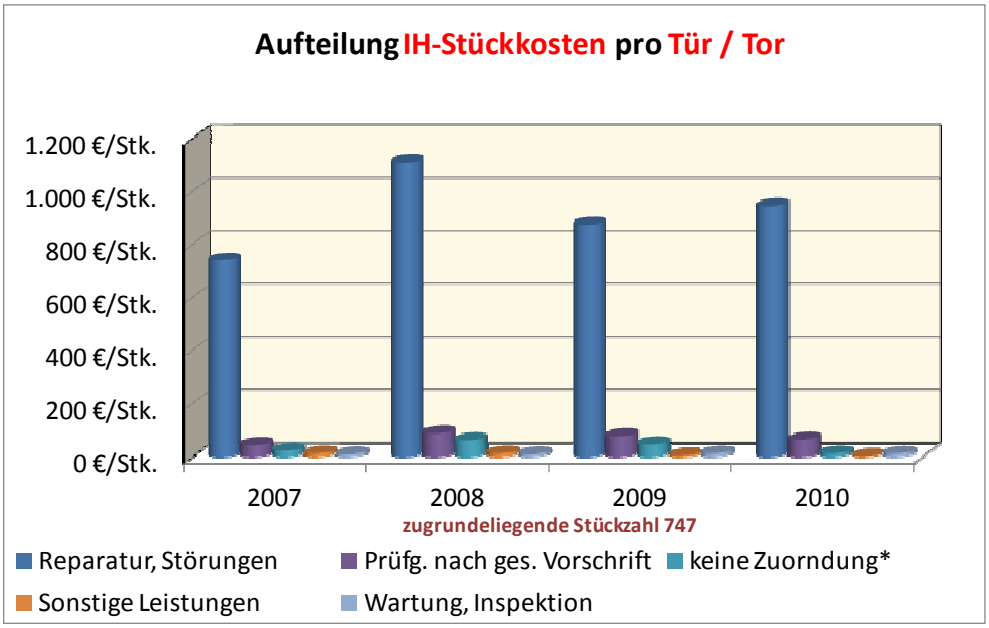


Abb. A 78: Bauteilorientierte IH-Kosten für Türen / Tore, differenziert nach Vorgangsarten (Quelle: IPS / Audi)

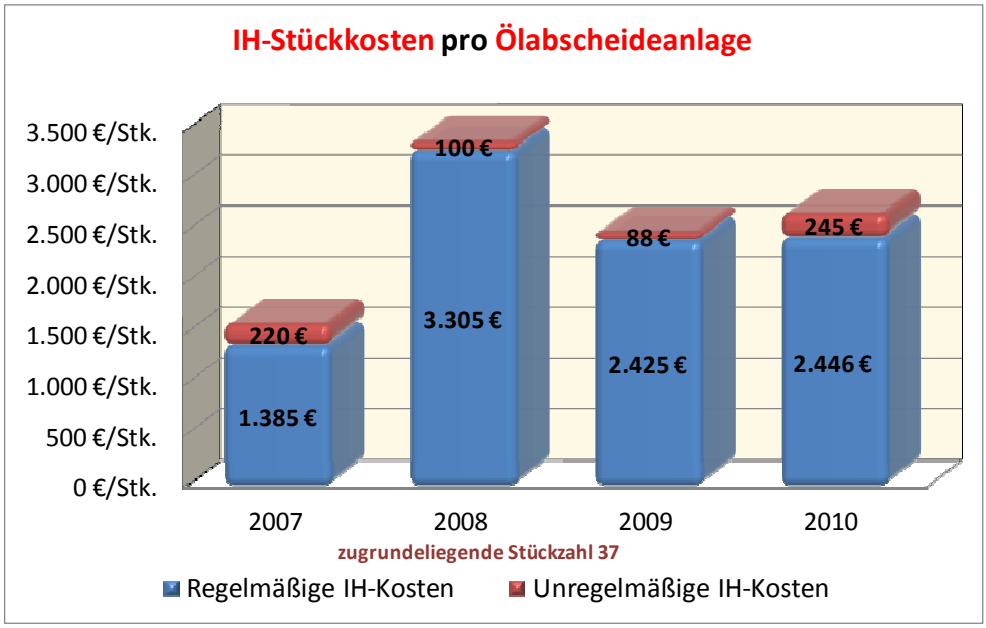


Abb. A 79: Bauteilorientierte IH-Kosten für Ölabscheideanlagen / Stückkosten (Quelle: IPS / Audi)

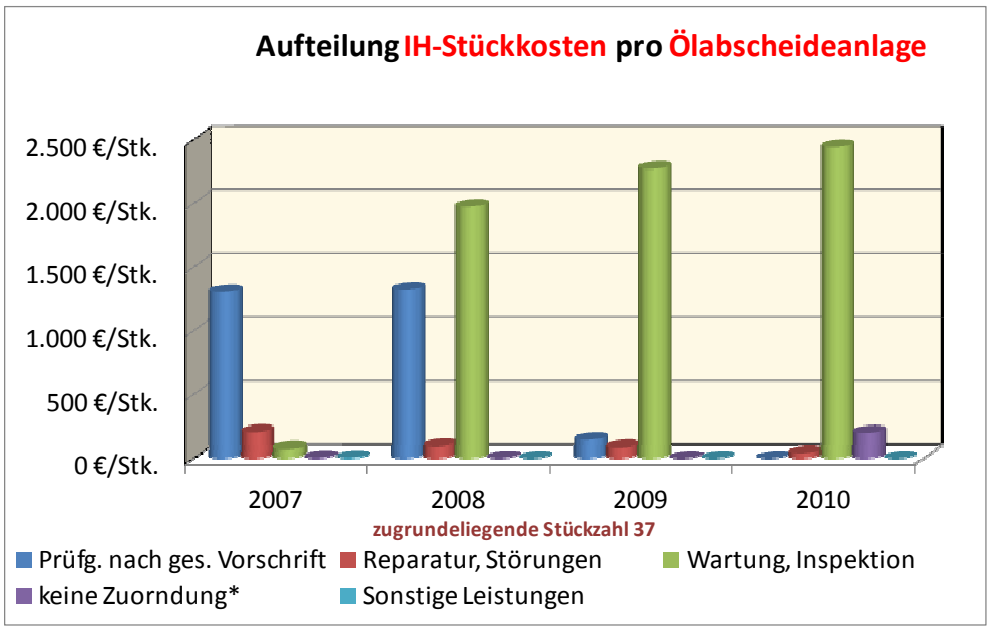


Abb. A 80: Bauteilorientierte IH-Kosten für Ölabscheideanlagen, differenziert nach Vorgangsarten (Quelle: IPS / Audi)

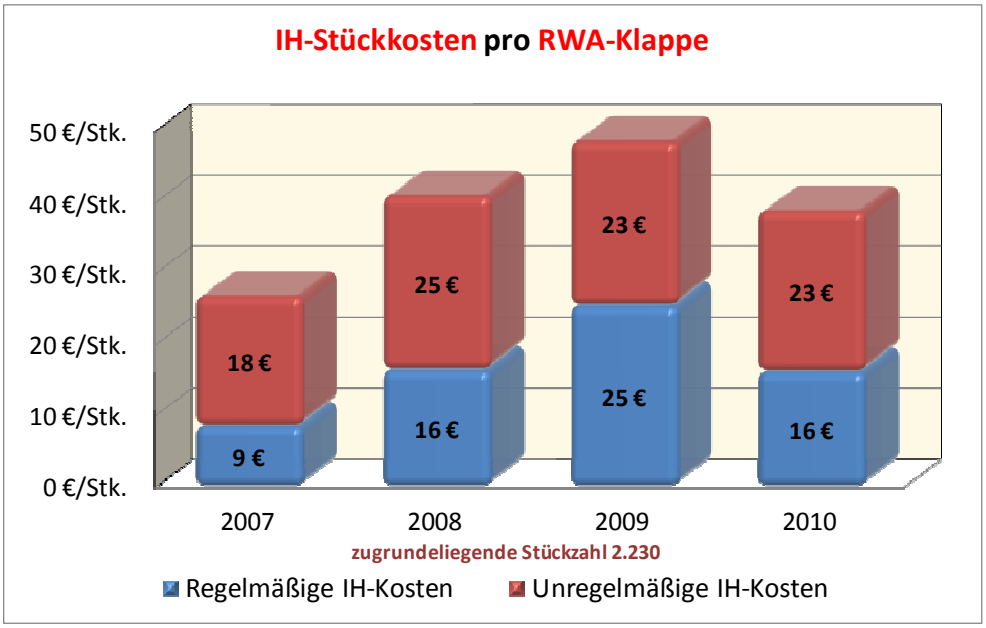


Abb. A 81: Bauteilorientierte IH-Kosten für RWA-Klappen / Stückkosten (Quelle: IPS / Audi)

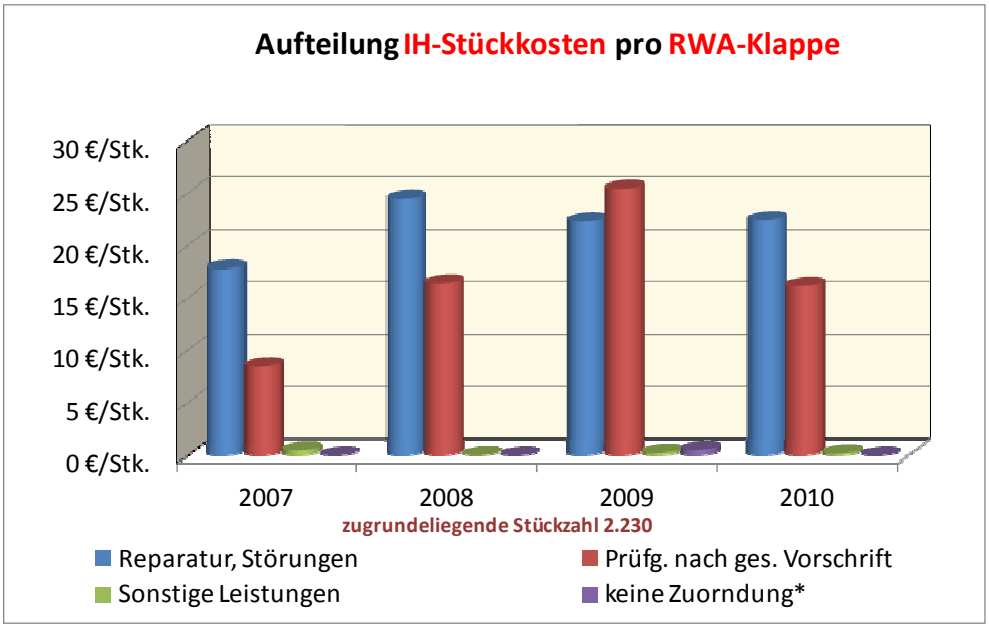


Abb. A 82: Bauteilorientierte IH-Kosten für RWA-Klappen, differenziert nach Vorgangsarten (Quelle: IPS / Audi)

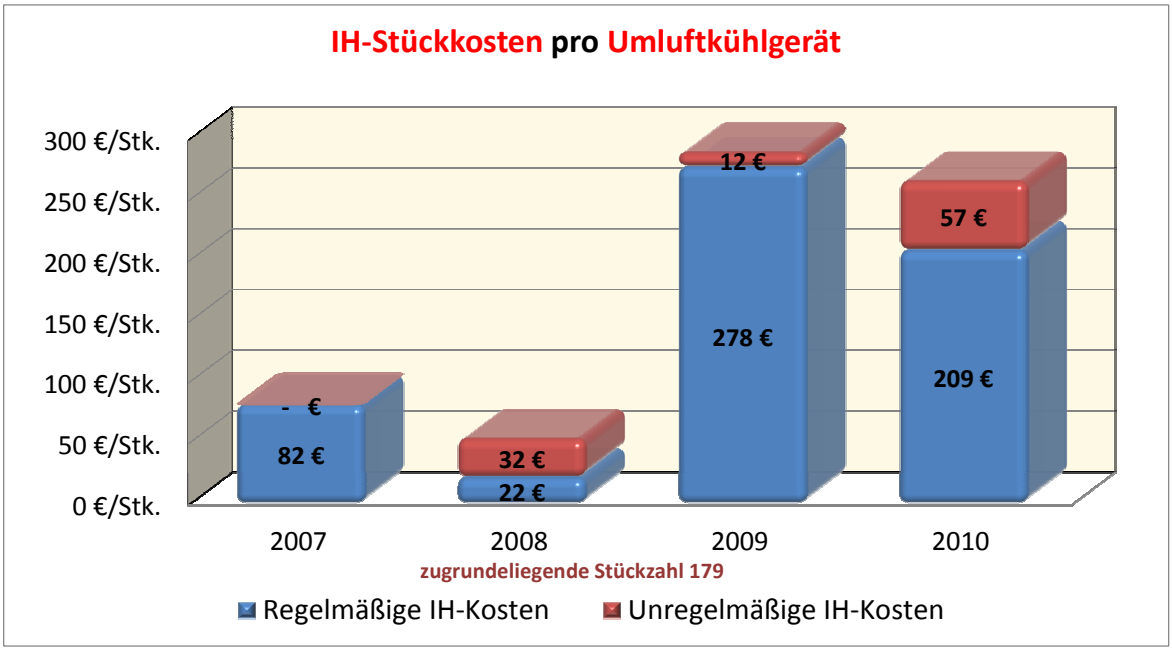


Abb. A 83: Bauteilorientierte IH-Kosten für Umluftkühlgeräte / Stückkosten (Quelle: IPS / Audi)

Abb. A 84: Bauteilorientierte IH-Kosten für Umluftkühlgeräte, differenziert nach Vorgangsarten (Quelle: IPS / Audi)

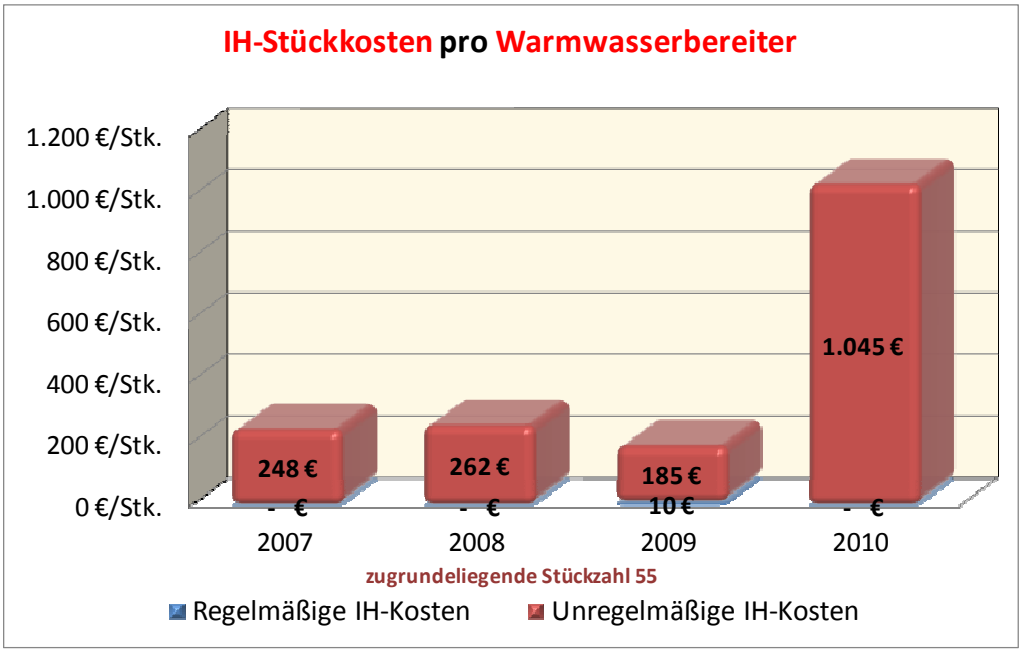


Abb. A 85: Bauteilorientierte IH-Kosten für Warmwasserbereiter / Stückkosten (Quelle: IPS / Audi)

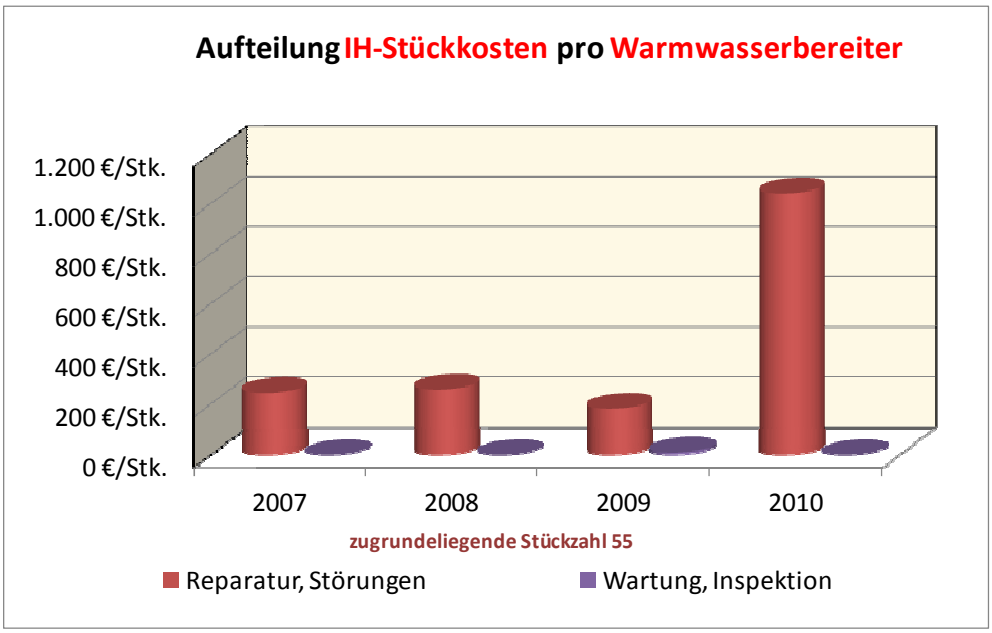


Abb. A 86: Bauteilorientierte IH-Kosten für Warmwasserbereiter, differenziert nach Vorgangsarten (Quelle: IPS / Audi)

ANHANG 3-3: IH-Kosten für Aufzüge, Audi[96]

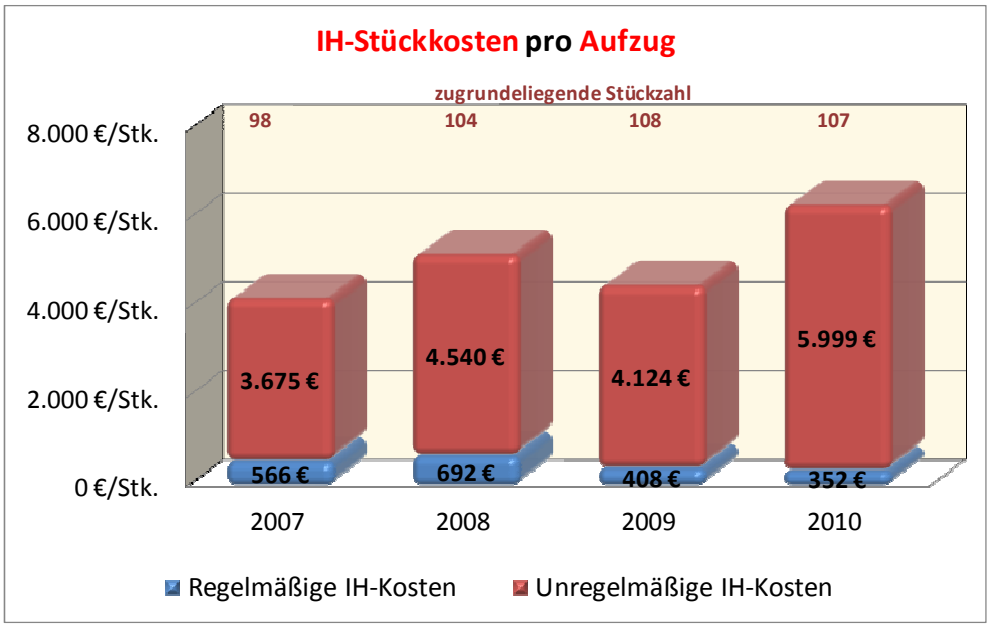


Abb. A 87: Bauteilorientierte IH-Kosten für Aufzüge / Stückkosten (Quelle: IPS / Audi)

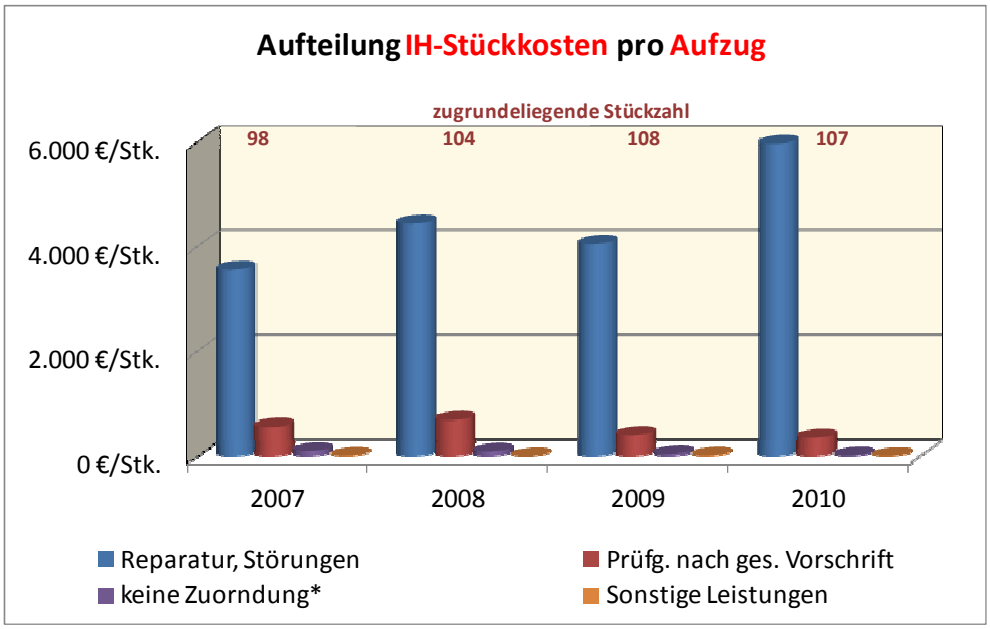


Abb. A 88: Bauteilorientierte IH-Kosten für Aufzüge, differenziert nach Vorgangsarten (Quelle: IPS / Audi)

[96] Alle Kosten netto

ANHANG 4-1: Gesamtdarstellung UKL[97]

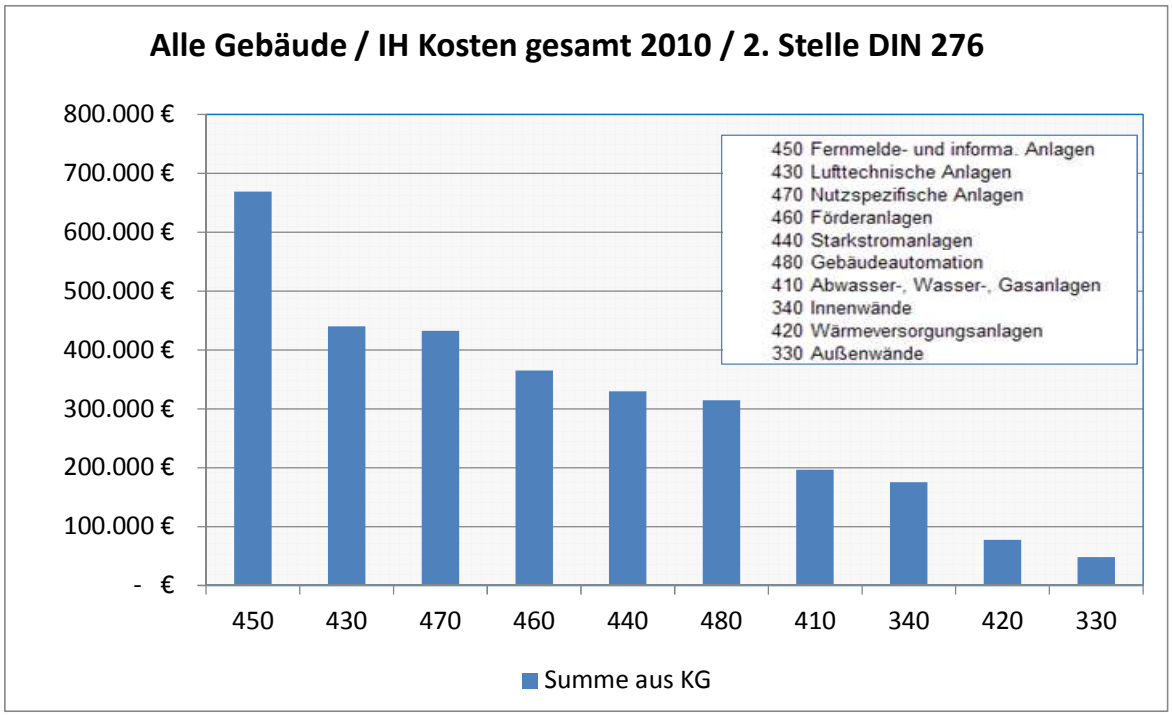


Abb. A 89: Standortprofil der Instandhaltungskosten 2010 bei UKL (Quelle: IPS / UKL)

[97] Alle Kosten netto

ANHANG 4-2: IH-Kosten für Aufzüge, UKL[98]

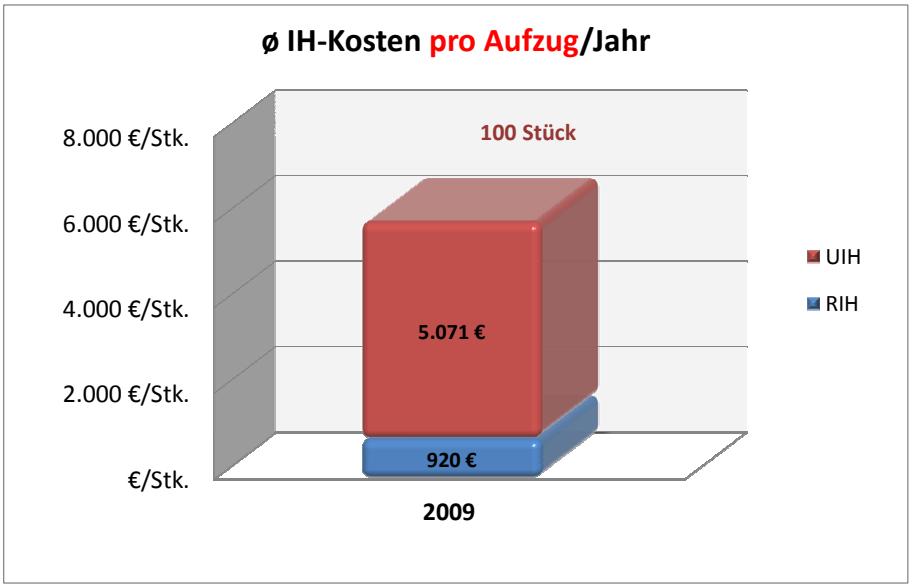


Abb. A 90: Aufzüge mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / UKL)

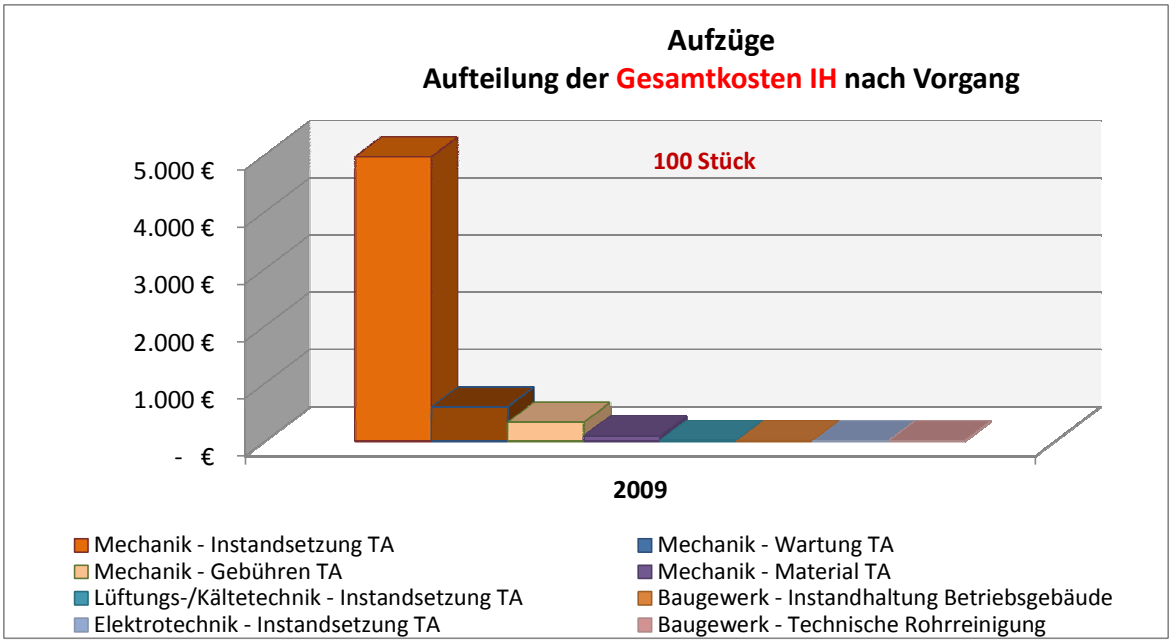


Abb. A 91: Aufzüge mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten, differenziert nach Vorgängen (Quelle: IPS / UKL)

[98] Alle Kosten netto

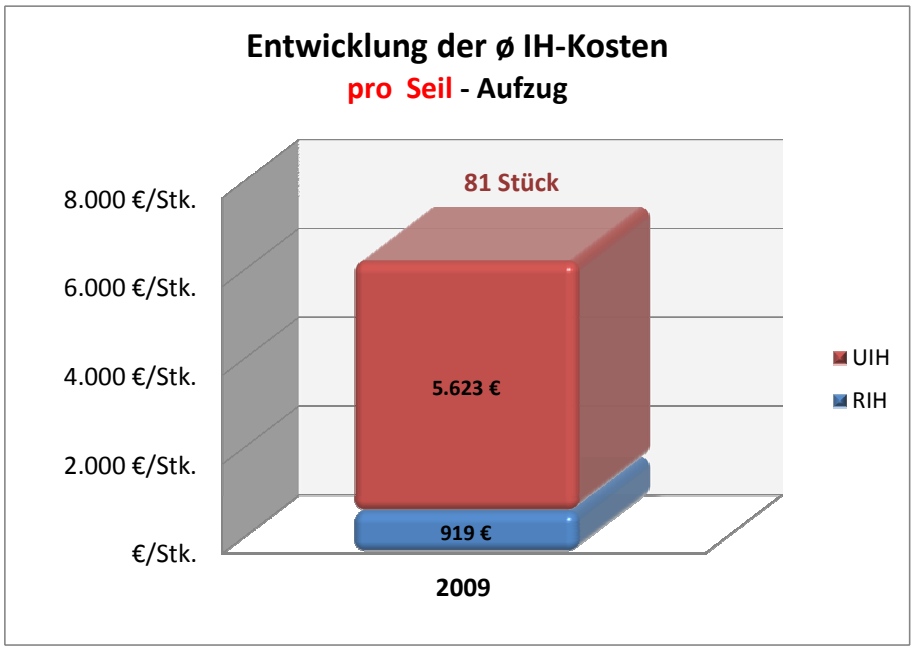


Abb. A 92: Seil-Aufzüge mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / UKL)

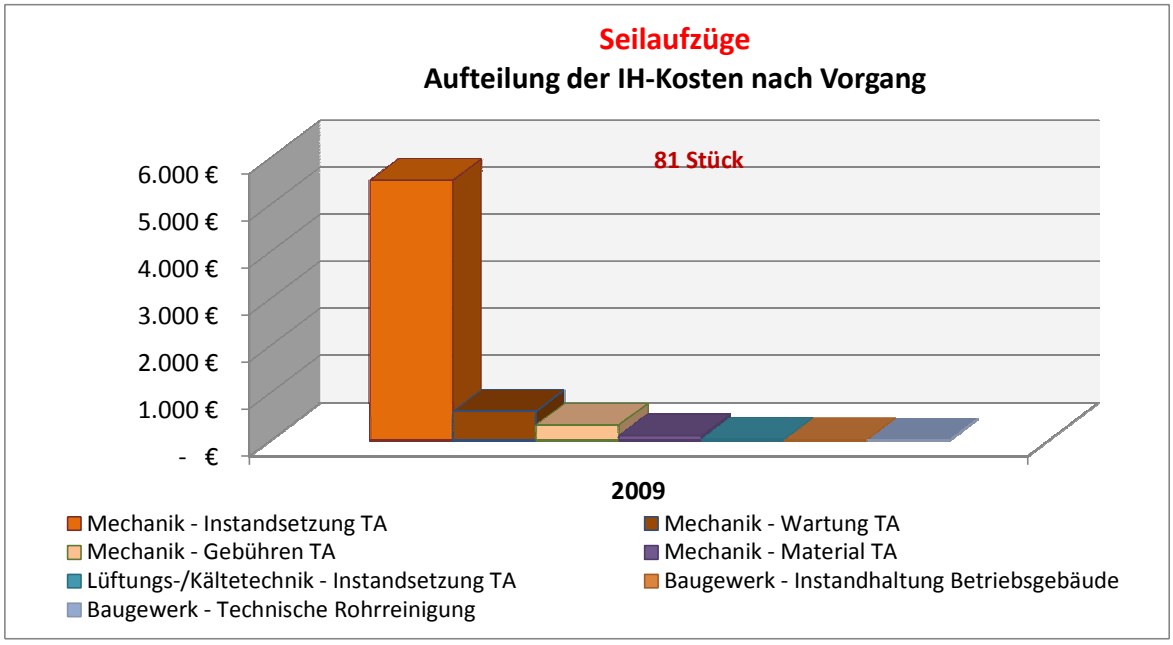


Abb. A 93: Seil-Aufzüge mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten, differenziert nach Vorgängen (Quelle: IPS / UKL)

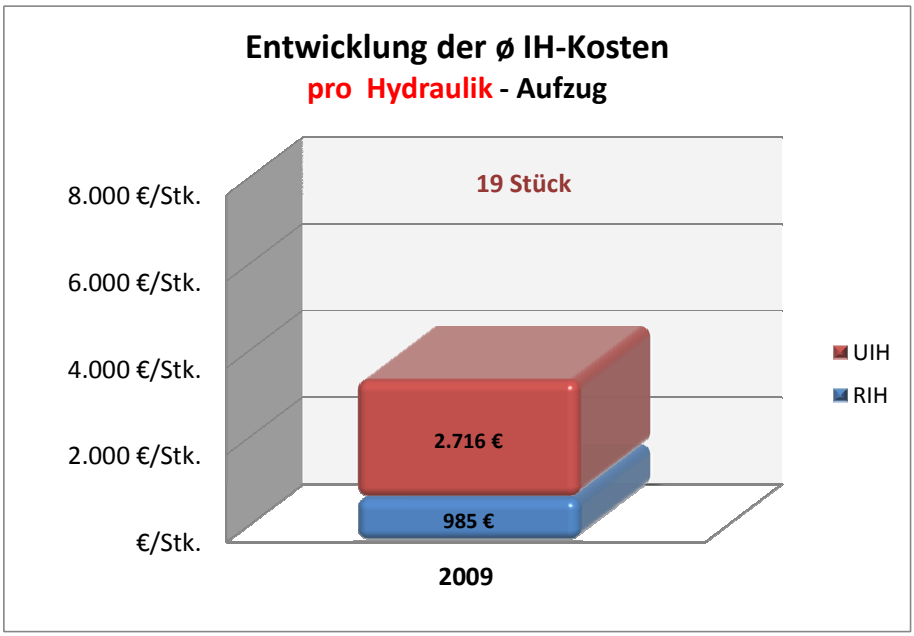


Abb. A 94: Hydraulik-Aufzüge mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / UKL)

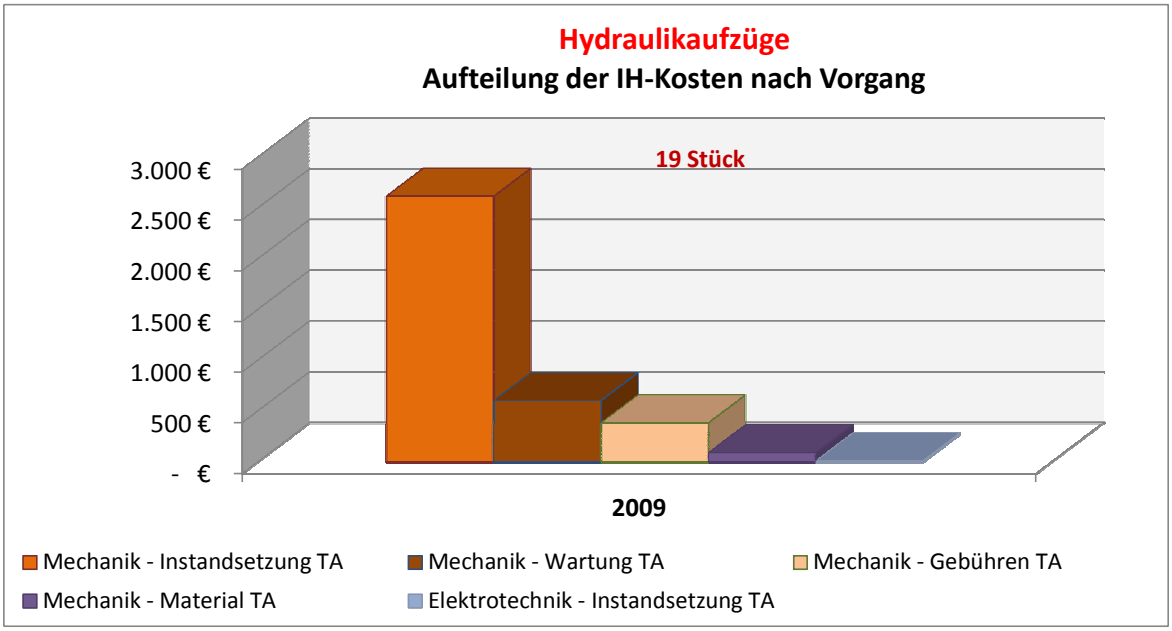
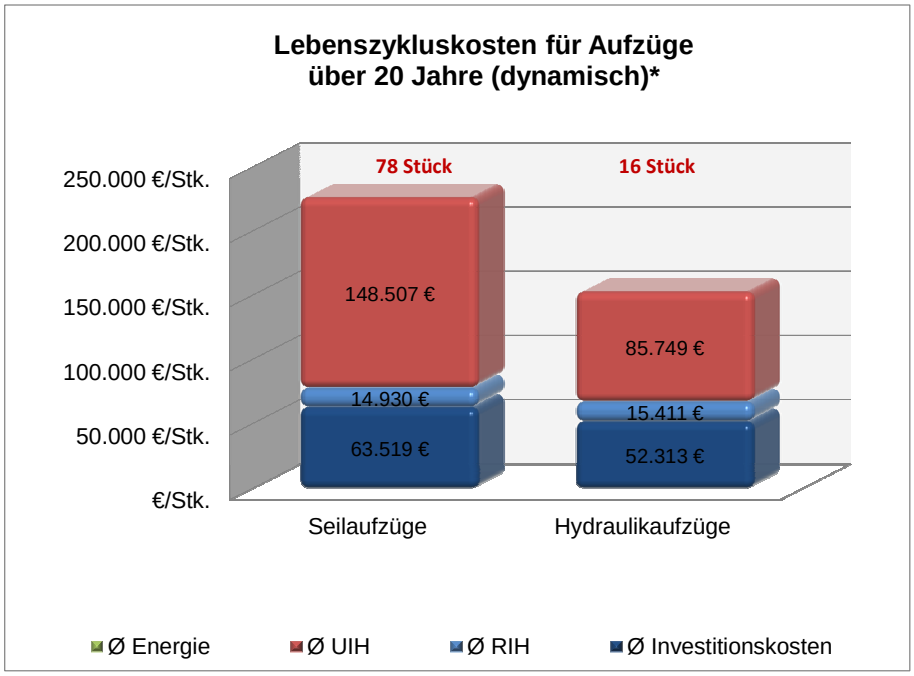


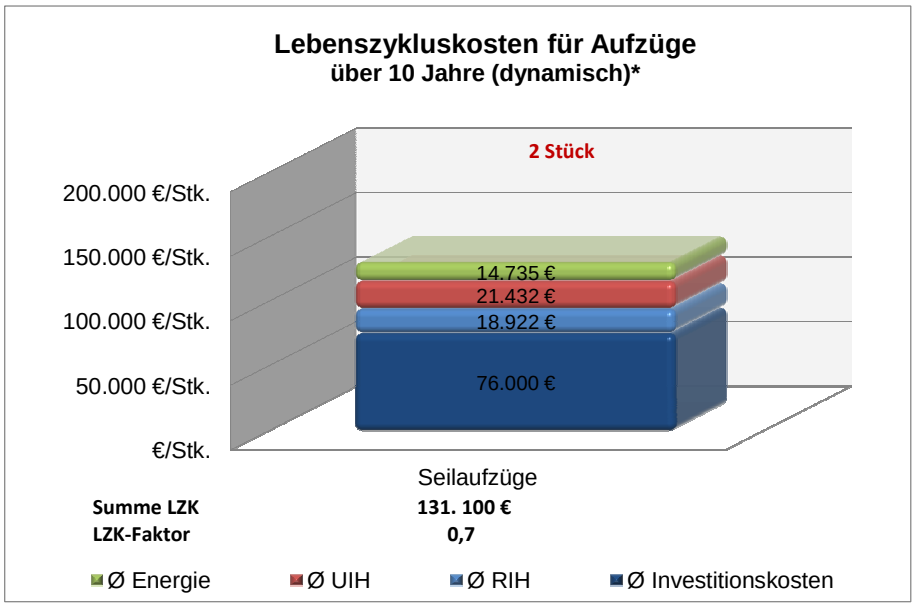
Abb. A 95: Hydraulik-Aufzüge mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten, differenziert nach Vorgängen (Quelle: IPS / UKL)

ANHANG 4-3: Lebenszykluskosten UKL (Aufzüge)[99]



Elektroenergiebedarf lag nicht vor

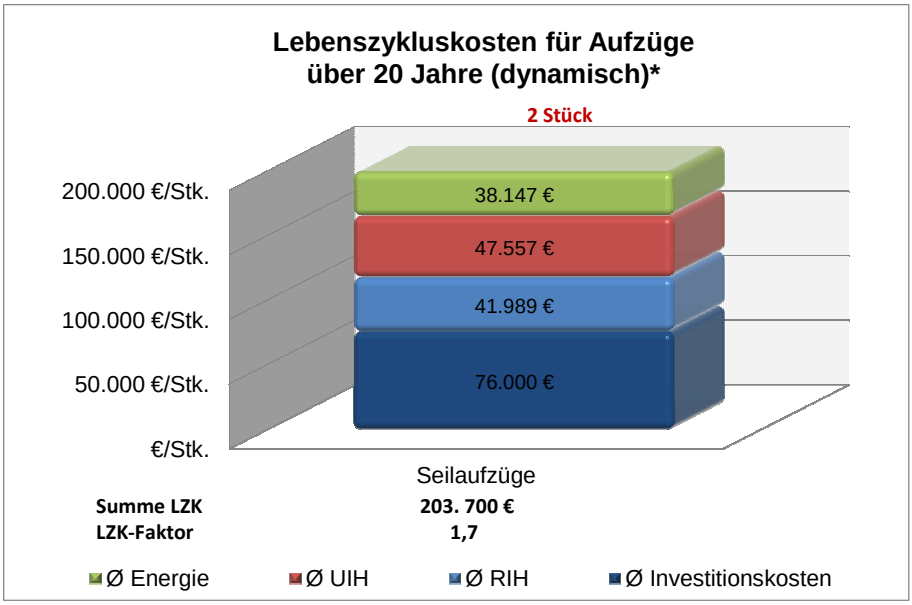
Abb. A 96: Lebenszykluskosten für UKL-Aufzüge im Betrachtungszeitraum 20 Jahre (Quelle: IPS / UKL)



Für 2 Aufzüge waren Energieverbräuche vorhanden

Abb. A 97: Lebenszykluskosten für 2 UKL-Aufzüge inkl. Energie im Betrachtungszeitraum 10 Jahre (Quelle: IPS / UKL)

[99] Alle Kosten netto



Für 2 Aufzüge waren Energieverbräuche vorhanden

Abb. A 98: Lebenszykluskosten für 2 UKL-Aufzüge inkl. Energie im Betrachtungszeitraum 20 Jahre (Quelle: IPS / UKL)

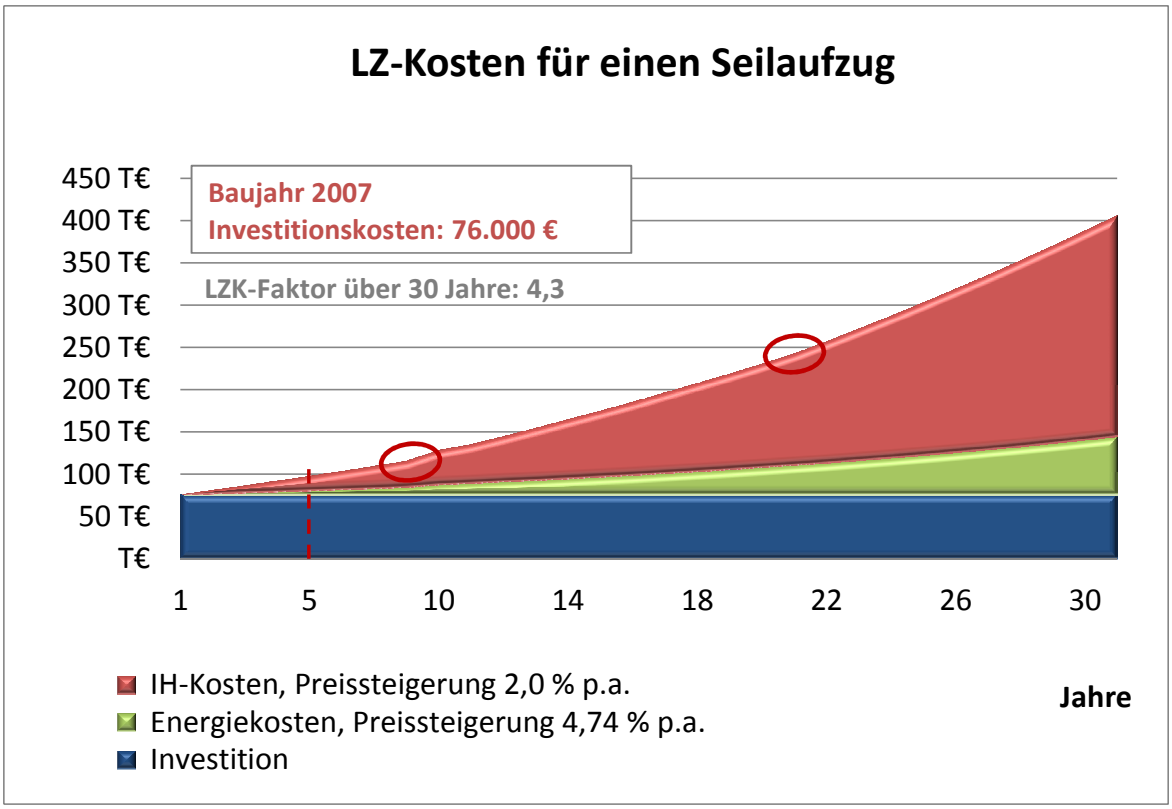


Abb. A 99: Lebenszykluskosten für einen ausgewählten UKL -Seilaufzüge (Quelle: IPS / UKL)

Alter Aufzüge	Anzahl Aufzüge	Median Investition	IH-LZK-Faktor (Verhältnis IH-Kosten zu Investition)*			
			1 Jahre		10 Jahre	
			Median IH-Kosten	IH-LZK-Faktor	Median IH-Kosten	IH-LZK-Faktor
Hydraulik						
0 bis 10 Jahre	5	44.000 €	2.483 €	0,06	27.184 €	0,6
10 bis 20 Jahre	7	66.000 €	4.185 €	0,06	45.823 €	0,7
größer 20 Jahre	4	46.000 €	2.227 €	0,05	24.389 €	0,5
Seil						
0 bis 10 Jahre	36	68.000 €	2.429 €	0,04	26.595 €	0,4
10 bis 20 Jahre	29	74.000 €	4.777 €	0,06	52.305 €	0,7
größer 20 Jahre	13	68.000 €	6.659 €	0,10	72.915 €	1,1

* IH-Kosten 2010 über den Betrachtungszeitraum hochgerechnet, inkl. Preissteigerung 2 % p.a.

Tab. A 10: IH-LZK-Faktoren der UKL-Aufzüge, differenziert nach Aufzugsalter, Betrachtungszeitraum 1 Jahr und 10 Jahre (Quelle: IPS / UKL)

Alter Aufzüge	Anzahl Aufzüge	Median Investition	Absolutwert der IH-LZK-Faktoren Einzelaufzüge		
			Min	Mittel	Max.
Hydraulik					
< 10 Jahre	5	44.000 €	0,04	0,07	0,11
10 - 20 Jahren	7	66.000 €	0,02	0,09	0,20
Seil					
< 10 Jahre	36	68.000 €	0,00	0,09	0,34
10 - 20 Jahren	29	74.000 €	0,01	0,10	0,46
> 20 Jahre	13	68.000 €	0,03	0,14	0,44

Tab. A 11: IH-LZK-Faktoren für ausgewählte Aufzüge aufgeteilt in Min, Mittel, Max (Quelle: IPS / UKL)

Seilaufzugs-nummer	Anzahl Aufzüge	∑ Investition	1 Jahre		10 Jahre	
			Kosten	Faktor	Kosten	Faktor
IH-LZK-Faktor (Verhältnis IH-Kosten zu Investition)*						
117 (5 Jahre alt)	1	76.000 €	4.189 €	0,06	45.866 €	0,6
118 (5 Jahre alt)	1	76.000 €	3.182 €	0,04	34.842 €	0,5
E-LZK-Faktor (Verhältnis Energiekosten zu Investition)**						
117 (5 Jahre alt)	1	76.000 €	1.084 €	0,01	11.864 €	0,2
118 (5 Jahre alt)	1	76.000 €	1.288 €	0,02	14.103 €	0,2
LZK-Faktor (Verhältnis Energiekosten+IH-Kosten zu Investition)						
117 (5 Jahre alt)	1	76.000 €	5.272 €	0,07	57.731 €	0,8
118 (5 Jahre alt)	1	76.000 €	4.470 €	0,06	48.945 €	0,6

* IH-Kosten 2010 über den Betrachtungszeitraum hochgerechnet, inkl. Preissteigerung 2 % p.a.

** Energiekosten 2010 über den Betrachtungszeitraum hochgerechnet, inkl. Preissteigerung 4,7 % p.a.

Tab. A 12: LZK-Faktoren für Aufzüge, differenziert nach Alter und Kostenart, Beispielberechnung an 2 Aufzügen (Quelle: IPS / UKL)

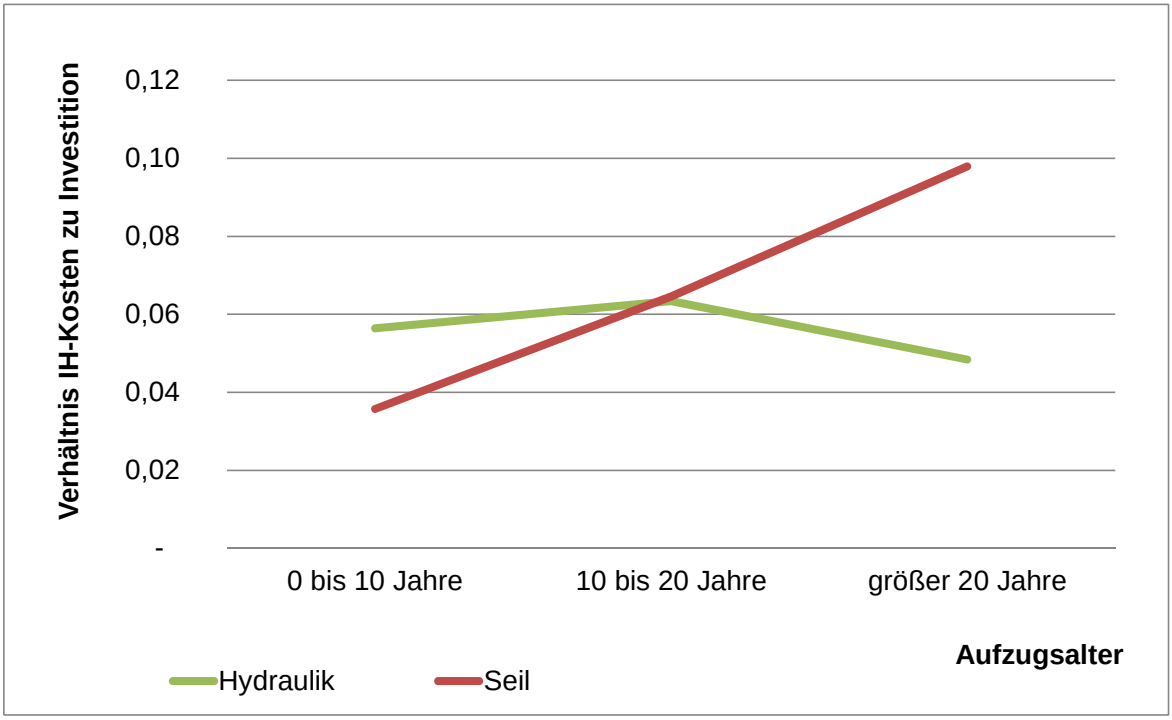


Abb. A 100: Darstellung der IH-LZK-Faktoren der UKL-Aufzüge, differenziert nach Aufzugsalter (Quelle: IPS / UKL)

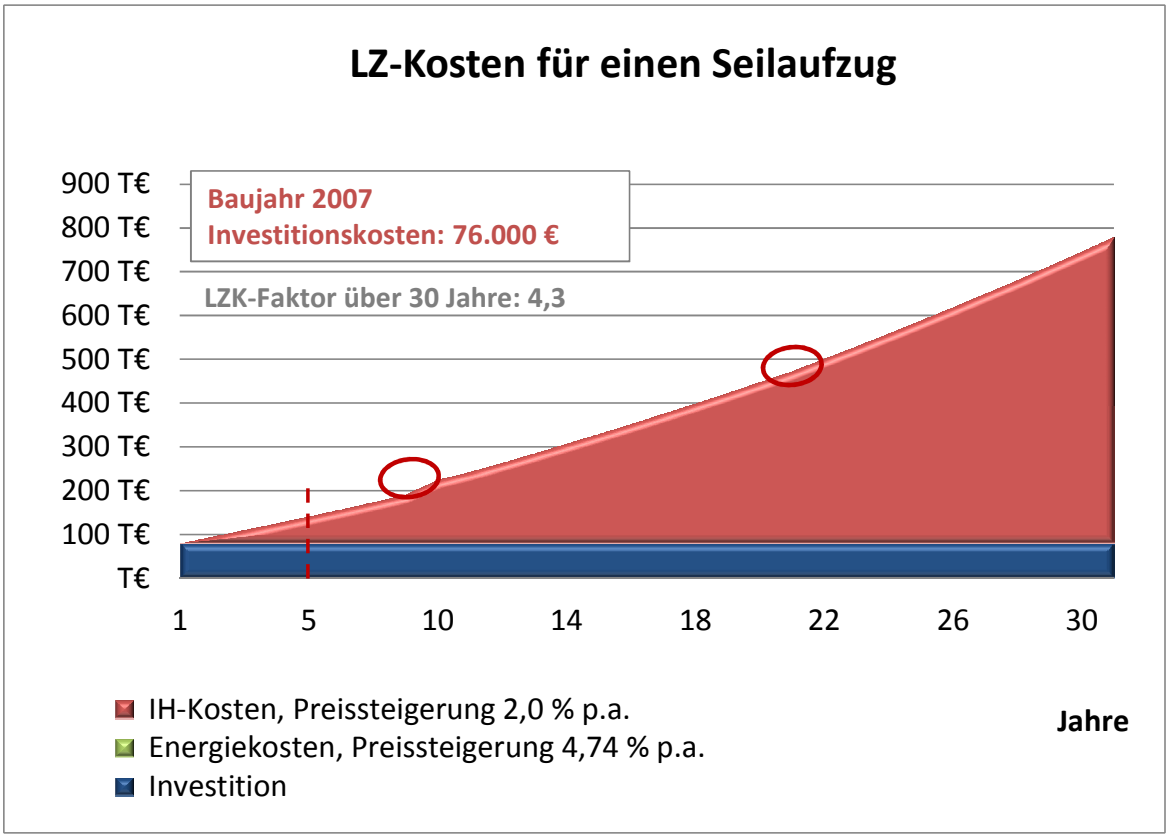


Abb. A 101: Lebenszykluskosten für einen ausgewählten Seilaufzug (Quelle: IPS / UKL)

ANHANG 5: Vergleich der Ergebnisse der 3 Forschungs-partner[100]

Bei dem Forschungspartner UKL wurden ausschließlich Aufzüge ausgewertet. Aufgrund dessen dieser im Vergleich nicht aufgeführt ist.

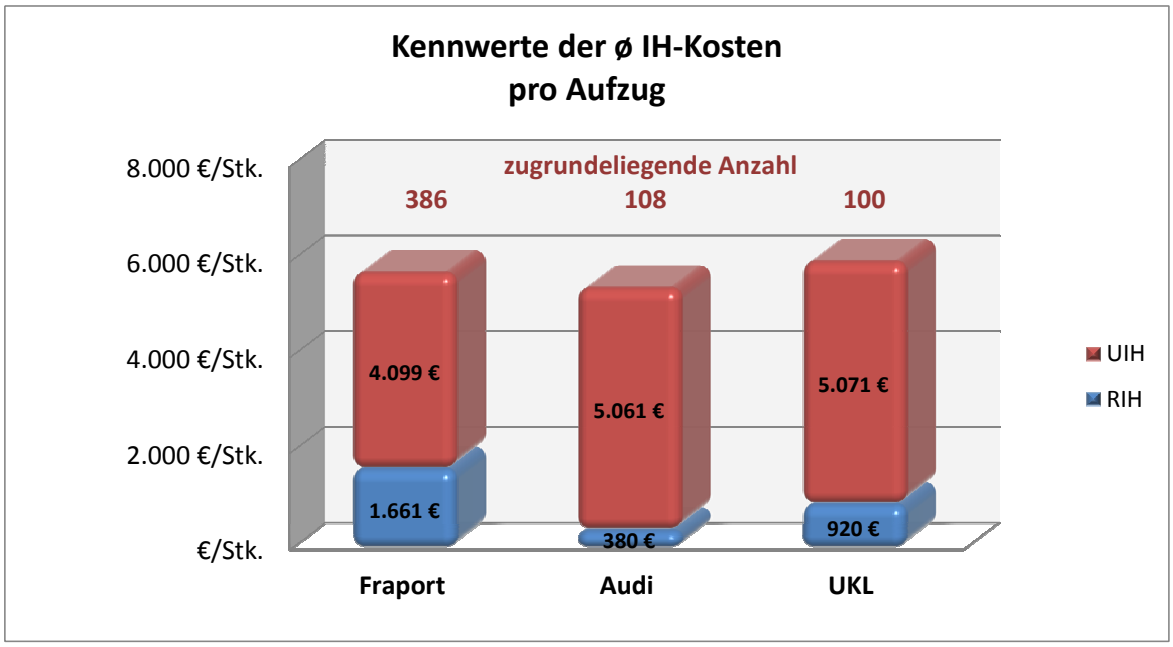


Abb. A 102: Vergleich der IH-Kennwerte von Aufzügen mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / Fraport / Audi / UKL)

[100] Alle Kosten netto

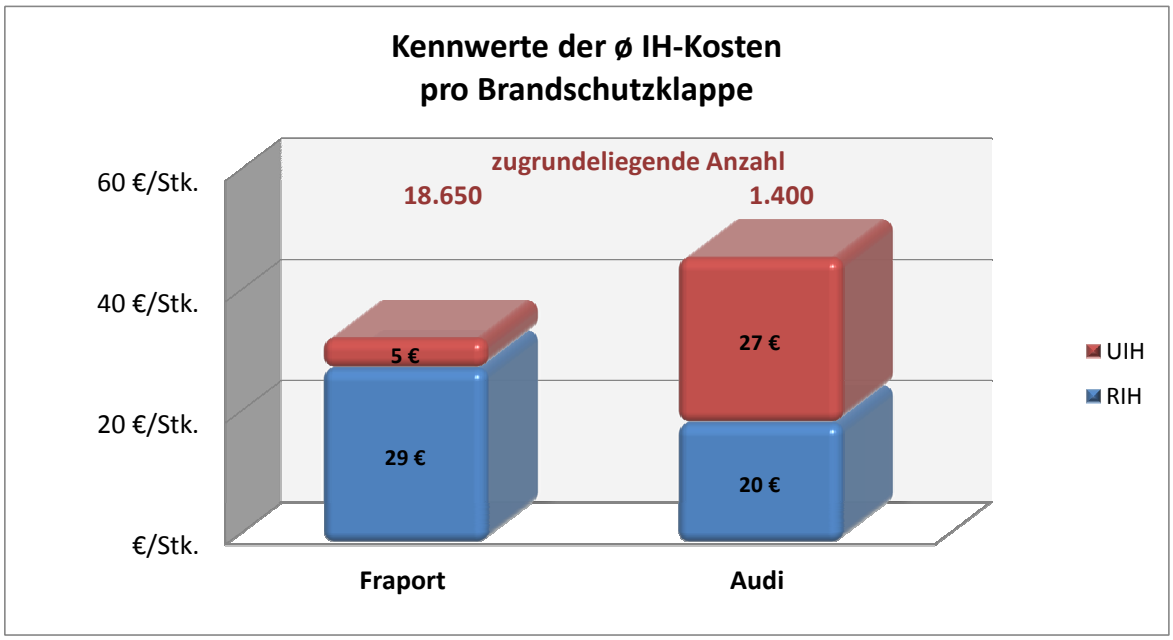


Abb. A 103: Vergleich der IH-Kennwerte von Brandschutzklappen mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / Fraport / Audi)

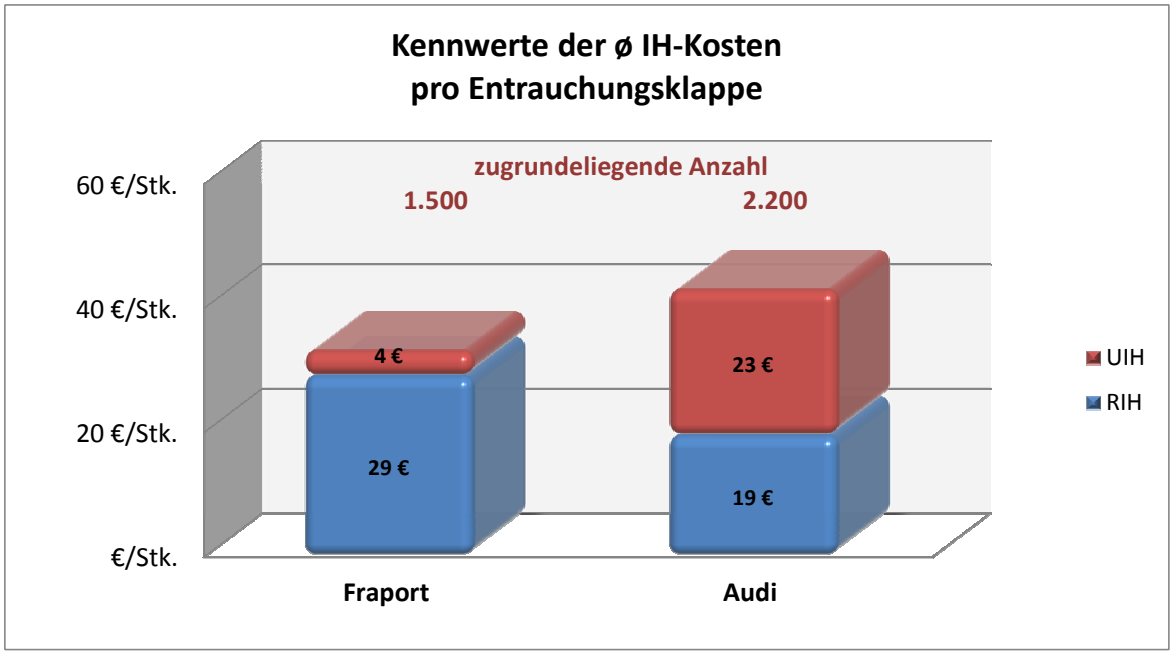


Abb. A 104: Vergleich der IH-Kennwerte von Entrauchungsklappen mit bauteilorientierten IH-Kosten / Stückkosten (Quelle: IPS / Fraport / Audi)

ANHANG 6: Bauteilbezogenes Lebenszyklus-Kostenprofil

	Kostenarten in den Lebenszyklusphasen ohne Erneuerungskosten von Bauteilen*		DIN - Basis
1	**Bauteil-Investitionskosten (in der Investitionsphase)**		**DIN 276**
	Betrachtet werden Kostengruppen der DIN 276 in KG 300 / KG 400 / KG 500 mit erweiterter Objekthierarchie, ggf. bis zur 6.Stelle und anteilige Kosten nach KG 700. Zu den Investitionsphasen gehören die Anfangsinvestition und ggf. Ersatzinvestitionen in Erneuerungsketten		
2	**Bauteil-Betriebskosten (in der Bestandsphase)**		**DIN 18960**
	Bauteileigenschaften bzw. bauteilabhängige Prozesse sind Verursacher von Betriebskosten (abhängig von Oberflächeneigenschaften, spezifischen Konstruktionsmerkmalen, technologischen Merkmalen, Nutzungs- und Betriebsprozessen). Folgende Kostengruppen der DIN 18960 sind relevant: KG 310 Versorgung KG 320 Entsorgung KG 330 Reinigung und Pflege von Gebäuden KG 340 Reinigung und Pflege von Außenanlagen KG 350 Bedienung, Inspektion und Wartung Folgende Kostengruppen der DIN 18960 sind bedingt / nicht relevant: KG 360 Sicherheits- Überwachungsdienste KG 370 Abgaben und Beiträge KG 390 Betriebskosten, sonstiges Je Bauteilart sind unterschiedliche Kostengruppen mit verschiedenen Hierarchiestufen (bis 6.Stelle) spezifisch. Im Extremfall entfallen alle Kostengruppen.		
3	**Bauteil–Instandsetzungskosten (in der Bestandsphase)**		**DIN 18960**
	Instandsetzungskosten für Bauteile werden ausschließlich innerhalb der Nutzungsdauern der betrachtenden Bauteile erfasst. Kosten werden nach KG 400 der DIN 18960 ermittelt. Auch der Austausch von Verschleißteilen, bzw. Ersatzteilen gehört zu den Bauteil-Instandsetzungskosten, da sie innerhalb der Nutzungsdauer des betrachteten Bauteils anfallen. „Große Instandsetzungen"/„Großreparaturen" werden nicht betrachtet. In solchen Fällen werden Bauteile komplett ausgetauscht (vgl. Bauteil-Erneuerungskosten in Tab. A 14)		
4	**Bauteil – Verwertungskosten (in der Verwertungsphase)**		**DIN 276**
	Verwertungskosten für Bauteile aus Abbruch / Entsorgung sind ggf. abhängig von der Position des Bauteils in einer Erneuerungskette. Im Anfangsglied und Mittelglied sind die Verwertungskosten Teil der Erneuerungskosten (Tab. A 14). Kostenermittlung nach DIN 276 : ▪ Bauteilbezogene Abbruch- Entsorgungskosten ▪ Bauteilbezogene Kosten der Verwertungsphase		
*** Bauteile sind definiert als Identitäten innerhalb ihrer Nutzungsdauer. Im Erneuerungsfall handelt es sich um neue Bauteile**			

Tab. A 13: Kostenarten in den Lebenszyklusphasen von Bauteilen

	Kostenprofil in Bauteil-Erneuerungsketten* ohne Nutzungskosten in den Nutzungsdauern		**DIN - Basis**
1	**Bauteil-Investitionskosten des Anfangsbauteils**		**DIN 276**
	Investitionskosten des Anfangsglieds einer Bauteil-Erneuerungskette. Kostenermittlung nach DIN 276 (Tab. A 13).		
2	**Bauteil-Betriebskosten in der Erneuerungskette**		**DIN 18960**
	Summe der Bauteil-Betriebskosten in den Nutzungsdauern aller Bauteile entlang der Bauteil-Erneuerungskette im Betrachtungszeitraum. Kostenermittlung nach DIN 18960 (Tab. A 13).		
3	**Bauteil–Instandsetzungskosten in der Erneuerungskette**		**DIN 18960**
	Summe der Bauteil-Instandsetzungskosten in den Nutzungsdauern aller Bauteile entlang der Bauteil-Erneuerungskette im Betrachtungszeitraum. Kostenermittlung nach DIN 18960 (Tab. A 13).		
4	**Bauteil – Erneuerungskosten der Erneuerungskette**		**DIN 276**
	Summe der Bauteil-Bauteil-Erneuerungskosten aller Bauteile entlang der Bauteil-Erneuerungskette im Betrachtungszeitraum. In Anlehnung an VDI 2067 und AMEV wird die Erneuerung von Bauteilen nicht den Instandsetzungskosten zugeordnet. Grundlage der Berechnung ist der Erneuerungszyklus innerhalb der übergeordneten Nutzungsdauer (Bauwerk-Subsystem / Bauwerk / Außenanlagen) auf Basis der Anfangsinvestition (Pos. 1). Kostenermittlung nach DIN 276 : ▪ Abbruch- Entsorgungskosten je Alt-Bauteil (vgl. Pos. 5) ▪ Bauteil-Investitionskosten (Wiederbeschaffungskosten) je Neu-Bauteil (wie Pos. 1) ▪ Planungs- / Organisationskosten je Erneuerungsmaßnahme		
5	**Bauteil – Verwertungskosten des Endbauteils**		**DIN 276**
	Verwertungskosten für Bauteile aus Abbruch / Entsorgung sind entweder Bestandteil von Pos. 4 oder entstehen als Endglied am Ende der Bauteil-Erneuerungskette bei Abbruch des Bauwerks / Bauwerk-Subsystems. Kostenermittlung nach DIN 276 : ▪ Bauteilbezogene Abbruch- Entsorgungskosten ▪ Bauteilbezogene Planungs- / Organisationskosten der Verwertungsphase		
*** Erneuerungsketten bestehen aus Bauteil-Identitäten mit Anfangsglied, Mittelgliedern und Endglied. Solche Bauteile können baugleich oder zeitgemäß verändert sein.**			

Tab. A 14: Standard-Kostenprofil für Bauteil-Erneuerungsketten

ANHANG 7: Beispiel für einen erweiterten Kostengruppenschlüssel nach DIN 276

344 01 Innentüren- und Fenster Brandschutz (Rolltor)
344 02 Innentüren- und Fenster Brandschutz (Schiebetor)
344 03 Innentüren- und Fenster Brandschutz (Fenster)
344 04 Innentüren- und Fenster Fluchttür
344 05 Innentüren- und Fenster Brandschutztür mit Feststellanlage
344 06 Innentüren- und Fenster Drehtrommeltür
344 07 Innentüren- und Fenster Schiebetür
344 08 Innentüren- und Fenster Sektionaltür
344 09 Innentüren- und Fenster Schwenktür
344 10 Innentüren- und Fenster Schwenktor
344 11 Innentüren- und Fenster Fenster
344 12 Innentüren- und Fenster Innentüren, mechanisch
344 13 Innentüren- und Fenster Fenster mechanisch

411 01 Abwasseranlagen Hebeanlagen- Schmutzwasser + Fäkalien
411 02 Abwasseranlagen Abwasserbehandlungsanlage (Ölabscheider)
411 03 Abwasseranlagen Abwasserbehandlungsanlage (Fettabscheider)
411 04 Abwasseranlagen Abwasserbehandlungsanlage (Stärkeabscheider)
411 05 Abwasseranlagen Abwasserbehandlungsanlage (Neutralisationsanlagen)
411 06 Abwasseranlagen Rohrleitungen und Zubehör
411 07 Abwasseranlagen Abläufe
411 08 Abwasseranlagen Absperreinrichtungen und Rückstauverschlüsse
411 09 Abwasseranlagen Entwässerungspumpe
411 10 Abwasseranlagen Kontroll-, Reinigungs- und Sammelschächte
411 11 Abwasseranlagen Klärgrube

412 01 Wasseranlagen Dezentrale Wassererwärmer (Trinkwasser-Erwärmungsanlage)
412 02 Wasseranlagen Druckerhöhungsanlage (Druckerhöhung, Pumpe)
412 03 Wasseranlagen Aufbereitungsanlage (Filter)
412 04 Wasseranlagen Aufbereitungsanlage (Dosieranlage)
412 05 Wasseranlagen Aufbereitungsanlage (Entsalzungsanlage)
412 06 Wasseranlagen Aufbereitungsanlage (Enthärtungsanlage chemisch)
412 07 Wasseranlagen Aufbereitungsanlage (Enthärtungsanlage physikalisch)
412 08 Wasseranlagen Aufbereitungsanlage (Sonderwasserbehandlungsanlage)
412 09 Wasseranlagen Brunnenwasseranlage (Innenanlage)
412 10 Wasseranlagen Rohrleitungen und Zubehör
412 11 Wasseranlagen Absperr-, Wandeinbau- und Entleerungsarmaturen

412 12 Wasseranlagen Sicherheitsarmaturen
412 13 Wasseranlagen Trinkwasser-Erwärmungsanlage (zentral)
412 14 Wasseranlagen Meß- und Zähleinrichtungen
412 15 Wasseranlagen Sanitärobjekte

ANHANG 8: Leitlinie LZ-Einkauf

1 Strategische Einkaufsalternativen

Für die Ausrichtung von Einkaufsprozessen nach Lebenszykluskriterien gibt es methodisch grundsätzlich zwei Alternativen:

- Durchführung von lebenszyklusorientierten Auswahlprozessen bevor eine Beschaffung durchgeführt wird
- Integration lebenszyklusorientierter Auswahlprozesse innerhalb von Ausschreibungs- und Vergabeverfahren

Im zweiten Fall sind zudem sehr unterschiedliche Verfahren nach dem Grad der Konkretisierung von Anforderungen möglich - insbesondere:

- Ausschreibung und Vergabe nach Einzelgewerken
- Ausschreibung und Vergabe auf Basis funktionaler Leistungsbeschreibungen

Nach diesen Aufteilungen resultieren folgende lebenszyklusorientierte, grundlegend verschiedene Beschaffungswege:

Lebenszyklusorientierte Beschaffung mit vorgeschalteten Auswahlprozessen

Der Einkauf von Produkten bzw. konkret festgelegten Bauleistungen ist auch nach traditionellen Ausschreibungs- und Vergabeverfahren möglich. In diesem Fall müssen alle erfolgskritischen / entscheidungsrelevanten Kriterien des unten dargelegten 4-Säulen-Modells durch vorgeschaltete Analysen und eine entsprechende Dokumentation relevanter Bauteile und Produkte durchgeführt werden. Dazu gehört vor allem:

- Anforderungen an Produkte im Hinblick auf Lebenszykluskosten
- Anforderungen an Produkte im Hinblick auf nachhaltige Qualitäten (Lebenszyklusqualitäten)
- Wissen über gängige Preisunterschiede bei Produktanbietern / Anbietern des Handels
- Wissen über Servicekompetenzen und Servicepotential der Hersteller bzw. damit verbundener Serviceanbieter

Grundlage des LZ-orientierten Einkaufs sind Beschaffungskataloge. Darin werden in einem Gesamtbestand von Gebäuden und Anlagen auf Basis von umfangreichen und systematisierten Erfahrungssammlungen in Verbindung mit Auswertungen und Beobachtungen von Marktpartnern Positionen mit bevorzugten Produkten und zugehörigen Serviceleistungen erarbeitet.

Lebenszyklusorientierte Einkaufskataloge haben folgende Vorteile:

- Ersatzbeschaffungen im Rahmen kleiner Instandsetzungen bzw. Nachrüstungen oder Modernisierungen von Geschossen / Gebäudeteilen. Für diese Prozesse werden in der Regel keine Ausschreibungen benötigt bzw. es besteht die Möglichkeit, auf instandsetzungsbezogene Standardleistungskataloge zurückzugreifen (die müssen aber LZ-Anforderungen enthalten!)
- Vorgaben für gewerkebezogene Ausschreibungen. Sie erleichtern die Referenzierbarkeit alternativer Produkte vor dem Hintergrund, der in Stufe 1 des LZ-Regelkreises erarbeiteten Erfahrungen und Kriterien (s. 3) mit entsprechenden Möglichkeiten der Prüfbarkeit

Produktspezifische Vorgaben in Einkaufskatalogen haben aber auch Nachteile. So ist fallweise zu prüfen:

- Sind Produkte aus Einkaufskatalogen noch zeitgemäß und gegenüber innovativen Alternativen vorteilhaft?
- Gibt es Veränderungen auf der Anbieterseite, insbesondere bei Koppelungen zwischen Produktanbietern und Serviceanbietern, die im Katalog festgelegte Anforderungen relativieren?

Einkaufsprozesse, die auf festgelegten Produktkatalogen aufsetzen, müssen in angemessenen Intervallen aktualisiert und gepflegt werden: **Auch lebenszyklusorientierte Einkaufskataloge haben einen Lebenszyklus!**

Lebenszyklusorientierte Ausschreibung und Vergabe mit integrierten Auswahlprozessen

Vorteile bzw. Nachteile von Produkten in Verbindung mit Bauleistungen und Serviceleistungen werden zukünftig in einem großen Teil baubezogener Ausschreibungsverfahren ein Standard sein – (vgl. Forschungsbericht „Lebenszyklusorientierte Ausschreibung und Vergabe im Hochbau“, Prof. H. Balck, 2008). Erfolgskritisch ist hier der unten beschriebene Durchlauf der drei Stufen im Hinblick auf lebenszyklusorientierte Vorgaben, die von Planern im Verbund mit Betreibern erarbeitet werden müssen und zu beachten sind. Dabei geht es im Kern immer um eine **2-fache Vergabestrategie:**

- Vergabe von Bauleistungen
- Vergabe von Serviceleistungen, die mit eingebauten Komponenten von Bauleistungen verbunden sind

Diese Ausweitung von Ausschreibungsinhalten und Vergaben ist streng genommen eine Kombination aus Bauleistungs-LVs und Service-LVs. Das hat sowohl fachliche als auch juristische Konsequenzen. Hier wird derzeit im Marktgeschehen und in Forschungsprozessen Neuland erschlossen. Folgende Fälle sind möglich:

- In Bauleistungs-LVs werden Produkte mit Anforderungen versehen, die aus Folgeprozessen wie z. B. Ersatzteilbeschaffung / Bedienprozessen / Wartungsprozessen abgeleitet werden. Insbesondere die Abfrage von möglichen Wartungskosten erfolgt aber optional. D. h. es bleibt offen, ob solche Leistungen als Eigenleistung erbracht werden oder nicht.
- Im Nachgang zur Beschaffung von Bauleistungen kann im Anschluss an die Inbetriebnahme eine Ausschreibung der zugehörigen Serviceleistungen erfolgen. In diesem Fall sind die Ergebnisse der vorangegangen lebenszyklusorientierten Ausschreibung von Bauleistungen entsprechend einzuarbeiten. Auch in diesem Fall besteht die Option, Teile der ausgeschrieben Leistungen als Eigenleistungen zu erbringen.

Die Koppelung von **Bauleistungen** und **Serviceleistungen** hat eine weitere Ausweitung zur Folge: die Prüfung des **Unternehmenspotentials.** Dazu gehören vor allem serviceorientierte Eigenschaften und Kompetenzen der Herstellerunternehmen bzw. der damit verbundenen Dienstleistungsunternehmen – z. B.:

- Lieferfähigkeit von Ersatzteilen
- Reaktionszeiten im Störungsfall (insbesondere bei Firmen aus dem Ausland)
- Kompetenz bei Schulungen für Eigenleistungen
- LÖSUNG: Präqualifikationen der Anbieter

Lebenszyklusorientierte Ausschreibung und Vergabe auf Basis Funktionaler Leistungsbeschreibungen

Die aktuell wieder in einer Renaissance im Marktgeschehen angebotene Alternative zur Einzelvergabe ist die Ausschreibung auf Basis von Funktionalen Leistungsbeschreibungen – mit folgenden neuen organisatorischen Varianten:

- GU- Ausschreibung und –Vergabe unter Einbindung von Lebenszykluskriterien
- Ausschreibung und Vergabe im BOT-Modell (Built-Operate-Transfer / Musterbeispiel in Deutschland: Englische Botschaft Berlin)
- PPP-Projekte (Public Private Partnership)

Allen Varianten gemeinsam ist eine Funktionale Leistungsbeschreibung. Der derzeitig beobachtbare Entwicklungsstand ist aber in vieler Weise problematisch. Tatsächlich sind Lebenszyklusansätze nur in geringem Umfang Bestandteil von Ausschreibungen und Vergabeprozessen. Bei genauerer Hinsicht zeigt sich immer wieder, dass alte GU-Muster lediglich in der Zeitachse verlängert wurden. D. h. es resultieren erhebliche Nachteile für Nutzer und Betreiber, wenn die vertraglichen Bausteine nicht konsequent im Lebenszyklusmodell dargestellt und überprüfbar sind.

2 Organisatorische Grundlage für lebenszyklusorientierte Einkaufsprozesse

Einkaufen im Lebenszyklusmodell hat organisatorische Voraussetzungen. Sie betreffen sowohl die Organisation des einkaufenden Unternehmens als auch die Organisation des Lieferunternehmens und deren unternehmerisches Umfeld.

Organisatorische Voraussetzungen des einkaufenden Unternehmens im Lebenszyklusansatz:

- Enge informationelle Koppelung zwischen Betreiberorganisation und Technischem Einkauf (vgl. Aufeinanderfolge der 3 Stufen im unten beschrieben Regelkreis)
- Nach Lebenszykluskriterien strukturierte Einkaufskataloge für „Strategische Bauteile / Strategische Produkte“
- Festlegung von Entscheidungsprozessen entlang der Prozesskette:
  Betreiben → Bauplanung → Bauausführung → Betreiben

Organisation des Lieferanten / Lieferantenumfeldes

- Produktanbieter müssen die Betreiberorganisation und den zugehörigen technischen Einkauf als Ihre „Kunden“ entlang der gesamten Lebensdauer Ihrer verkauften Produkte wahrnehmen
- Produktanbieter müssen in einem engen Verbund mit Serviceanbieteren eine integrierte Gesamtleistung anbieten: **Produkt + Service!**

Die Schnittstellen zwischen nachfragender und anbietender Organisation erhalten durch die Lebenszyklusorientierung eine andere Qualität. Die traditionelle Belastung durch überwiegenden Preiswettbewerb – mit entsprechenden Problemen durch mangelhafte Produkteigenschaften und Dienstleistungen – verändert sich: **Wertschöpfungspartnerschaft** ist eine anzustrebende neue Qualität. Damit verbunden sind intensive Kommunikationsprozesse mit einer entsprechenden „Fehlerkultur“. D. h. Produktanbieter und Dienstleister suchen zunehmend weniger „Schuldzuweisungen“ als vielmehr konstruktive Lösungen in **Kontinuierlichen Verbesserungsprozessen (KVP).**

3 Methodischer Standardablauf für lebenszyklusorientierten Einkauf - ein Regelkreis

STUFE 1 - Betreiberwissen als Grundlage für Einkaufswissen

Regel 1 Erfahrungen über Produkte in eingebauten Anlagen /Baukonstruktionen sammeln und systematisch darstellen

- Auswählen von Strategischen Kostengruppen auf Basis von jährlichen Kostendaten über Entstörungen, kleine Instandsetzungen, Wartungen, Energieverbräuche
- Identifizieren Strategischer Bauteile / Komponenten innerhalb der zuvor ermittelten Strategischen Kostengruppen
- Identifizieren Strategischer Produkte (konkrete Firmenprodukte)

Regel 2 Bewerten und Auswählen

- Bewerten Strategischer Produkte im Hinblick auf ermittelte Produkteigenschaften
- Bewerten Strategischer Produkte im Hinblick auf ermittelte Lebenszykluskosten, bzw. Beiträge zu übergreifende Kostenermittlungen von Baukonstruktionen / Technischen Anlagen
- Auswählen von Referenzprodukten mit insgesamt hervorragenden Eigenschaften

Regel 3 Festlegen von Betreiberanforderungen für Beschaffungsprozesse

- Betreiberanforderungen für den Einsatz von Produkten in typischen Technischen Anlagen (Baukonstruktionen
- Betreiberanforderungen für standardisierte Prozesse des Betreibens (Entstörungen / Bedienen / Verwenden von Ersatzteilen u. dgl.)
- Betreiberanforderungen in Hinblick auf die Überprüfung von Produkteigenschaften im Betrieb (messen, zählen, Bewertungssystematiken)

STUFE 2 - Beschaffungsprozesse

Wie oben beschrieben werden zwei grundsätzlich verschiedene Beschaffungsprozesse betrachten:

- Beschaffungen in traditionellen preisorientierten Verfahren, denen LZ-Analysen und ausgewählte Referenzprodukte vorgeschaltet werden.
- Integration von LZ-Auswahlmethoden innerhalb von Ausschreibungs- und Vergabeverfahren

Vorgaben für Beschaffungsprozesse in Merkblättern für Strategische Bauteile / Strategische Produkte

Die in Anlage 1-3 aufgeführten Datenblätter für lebenszyklusorientierte Produktanforderungen sind Musterbeispiele, die für beliebige Produkte in ähnlicher Weise verwendet werden können. Sie haben folgenden Aufbau:

Standardmerkmale, z. B. in einem Standard-LV-Text

- Produkttyp
- Funktionen
- Ausführungen
- Einbaumaße
- Verlangte Prüfungen und Zertifizierungen
- Zu beachtende Normen / Richtlinien
- u. a.

Ergänzende Produktanforderungen des Betreibers

- Dabei handelt es sich und Betreiber-Anforderungen die aus den Erfahrungen der Werkstätten stammen und bei Nichtbeachtung erhöhte Kosten bzw. Qualitätsprobleme verursachen.
- Beispiele für Türsteuerungen:
- Produkte vermeiden, die Spezialwerkzeug bzw. aufwendige Produktanpassungen erfordern
- Mit Beschaffung von erforderlichen Betreiber-Werkzeuge, wie z. B. Fehlerauslese- / Diagnosegeräte (andernfalls sind Eigenleistungen nicht möglich)
- Leichte Zugänglichkeit von zu prüfenden / instand zu setzenden Komponenten

Ergänzende Produktabfragen zur Ermittlung von Lebenszykluskosten bzw. nachhaltigen Qualitäten

Hier handelt es sich um Kataloge, die je Bauteil / Produkttyp unterschiedlich sind. Im Hinblick auf die Prozesse des Betreibens sind folgende Merkmalebereiche relevant:

- Energieaspekt
- Inspektionsaufwendungen
- Wartungsprozesse
- Ersatzteilbeschaffung (für Entstörungen und Instandsetzung)
- Gewährleistungen (Tendenz zur Verlängerung von Gewährleistungen als Einkaufstrategie!)

Die Beschaffungsprozesse erfolgen idealtypisch im **4-Säulen-Modell** (vgl. Anlage Strategische Kostengruppen…):

Säule 1: Ermittlung und Bewertung der Investitionskosten

Hinweis: Erfolgskritisch ist die Auswahl Strategischer Komponenten

Säule 2: Ermittlung von Lebenszykluskosten, fokussiert auf Strategische Kostengruppen /Bauteile

Hinweis: Berücksichtigung relativer Mehrkosten bei hocheffizienten Komponenten mit zugehöriger Wirtschaftlichkeitsberechnung. Die ermittelten Amortisationszeiten werden Bestandteile für Vergabeempfehlungen / -entscheidungen

Säule 3: Nachhaltige Qualitäten (Lebenszyklusqualitäten)

Hinweis: Oft sind Lebenszykluskostenvorteile mit Lebenszyklusqualitäten gekoppelt!

Säule 4: Bewertung des Unternehmenspotentials

Hinweis: Für VOB-gerechte Vergabeprozesse ist wichtig, dass Präqualifikationen teilweise den Ausschreibungsprozessen vorgeschaltet werden müssen

Gegenüber den Beschaffungsprozessen mit vorgeschalteten LZ-Analysen und identifizierten Referenzprodukten sind in einem integrierten Ausschreibungsverfahren vor allem die Bewertungen eingegangener Angebote und deren Analysen oft zeitlich und sachlich schwierig. Das Problem ist ein noch weitgehend unentwickelter Markt mit Beteiligten, die nicht gelernt haben, lebenszyklusorientiert anzubieten und entsprechende Leistungsprozesse anzubieten.

LÖSUNG: Die einkaufende Organisation ist für beteiligte Marktpartner nicht nur in einer fordernden Position, sie moderiert auch Markt-Entwicklungsprozesse! Auch hier sind die Möglichkeiten für WERTSCHÖPFUNGSPARTNERSCHAFTEN eine günstige Voraussetzung um geeignete komplexe Einkaufs- und Prüfprozesse zu etablieren.

STUFE 3 - Performancekontrolle

Die Performancekontrolle bezieht sich auf beschaffte Produkte in Verbindung mit Bauleistungen. Sie setzt organisatorisch und technisch voraus, dass Kontrollvorgänge durch geeignete Mess- und Zählvorrichtungen möglich sind. Damit verbunden sind auch Verfahrensanweisungen innerhalb des Qualitätsmanagements für die Betreiberprozesse.

Regel 1 Festlegen von Prüfbedingungen, differenziert nach Strategischen Konstruktionen / Anlagen / Bauteilen

- Mess- und Zählkonzept, in Verbindung mit Gebäudeautomation
- Betreiberverantwortliche benennen, die bestimmte Prüfvorgänge durchführen und regelmäßig darüber berichten

- Lebenszyklusdaten regelmäßig auswerten auf der Basis von CAFM-Modulen

Regel 2 Wissen aus Stufe 1 abgleichen mit Wissen aus Stufe 3

Regel 3 Einbinden von Prüfleistungen in regelmäßige Inspektions- und Wartungsleistungen

Regel 4 Monitoring von Prüfleistungen in einem integrierten Berichtswesen (Performance-Monitoring)

ANHANG 9: Leitlinie Performance Wettbewerb

1 BLOCK 1 - Performance-Wettbewerb

Relativierung des Preiswettbewerbs durch vergleichbare Folgekosten und Langzeit-Qualitäten von Produkten und Leistungen

Der traditionelle **Preis-Wettbewerb** (verankert in der AVA-Software, z. B. durch Preisspiegel) wird ergänzt durch einen **Performance-Wettbewerb**":

- Nutzungskosten-Performance
- Nutzungs-Performance (Funktionalität, Verfügbarkeit, u. dgl.)
- Performance der Betriebsprozesse (Bedienprozesse, Wartungsprozesse, Anpassungsprozesse u. dgl.)
- Performance der Errichtungsprozesse (Prozessvorteile bei Lieferung, Montage, u. dgl.)

1.1 Performance der Objekte

- Welche Technischen Anlagen sind im Hinblick auf den Performance-Wettbewerb relevant?
- Lüftungstechnik
- Aufzüge
- u. a.
- Welche Baukonstruktionen sind im Hinblick auf den Performance-Wettbewerb relevant?
- Fassaden
- Flexible Trennwände
- u. a.
- Welche Produkte sind im Hinblick auf den Performance-Wettbewerb relevant?
- Hocheffizienzpumpen
- Lüftungsgeräte
- u. a.

1.2 Arten und Faktoren des Performance-Wettbewerb - IST

- Preiswettbewerb für Produkte (Zulieferer)

- Preiswettbewerb in Ausschreibungen
- Kritische Erfolgsfaktoren

  Gibt es eine Auflistung kritischer Erfolgsfaktoren für Projekte?
  Gibt es eine Auflistung kritischer Erfolgsfaktoren für Anlagen (Teilprojekte)?
  Gibt es eine Auflistung kritischer Erfolgsfaktoren für Services?
  U.a.
- Objektive Messbarkeit

  Messbarkeit im Labor (für eingebaute Geräte, Produkte)
  Messbarkeit im laufenden Betrieb bei Nutzern/ Betreibern (wie praktizierbar?)
  Messbarkeit in Verbindung mit Zertifikaten
- Weiche Faktoren

  Gibt es eine Liste für weiche Faktoren der Performance?
- Methoden der Marktforschung

  Welche Nutzer-/Betreiber-Befragungen wurden durchgeführt?
  Welche Gutachten durch Marktforschungs-Institute gibt ?
- In welchem Umfang / welcher Intensität wird ein Performance-Wettbewerb derzeit in den Unternehmensbereichen wahrgenommen?

  Im Marketing
  Im Vertrieb
  In der Produktion
  Im Beschwerdemanagement (technischer Service)
  u.a.

1.3 Arten und Faktoren des Performance-Wettbewerb - SOLL

- Kritische Erfolgsfaktoren in den Projektabläufen im Lebenszyklus
- Objektiv messbar im Lebenszyklus
- Weiche Faktoren im Lebenszyklus
- Erfolgsfaktor Lebenszyklusorientierte Einkaufsstandards
- Methoden der Marktforschung im LifeCycle Management

1.5 Facility Services

SERVICE FOLLOWS PRODUCT – Diese Formel gilt seit langem für IT-Produkte und ist seit den 80er Jahren zunehmend in die High-Tech-Welt eingedrungen. Serviceorientierung hat in Verbindung mit dem Projekt-Geschäft klassische Vorteile:

VORTEIL 1: Das Servicegeschäft erweitert das Projektgeschäft

VORTEIL 2: Bei etabliertem Servicegeschäft entstehen Kundenbindungen ! Die realisier-

ten Projekte werden gleichsam zu Verbindungsknoten zwischen Kundengeschäftsprozessen und Serviceprozessen.
VORTEIL 3: Durch den Kundenkontakt innerhalb des gesamten Objekt-Lebenszyklus werden Rückkopplungsschleifen etabliert: Erfahrungen mit dem Objekt fließen über Informationskanäle zurück an Planer, Hersteller, Produktlieferanten. Solche Schleifen ermöglichen Lernprozesse aller Beteiligten – und sind Potentiale für innovative Entwicklungen.

VORTEIL 4: Ein guter Service erhöht die Kundenzufriedenheit und damit auch die Bereitschaft (bei Bauherrn mit umfangreichem Immobilienbestand) weitere Projekte durchzuführen.

PROBLEM: Allerdings darf daraus keine Abhängigkeit werden, sonst wächst die Bereitschaft den Schwellenwert für den Aufwand des Wechsels kundenseitig zu überschreiten!

- Beispiele für Projektleistungen und Serviceleistungen, die kombiniert angeboten / durchgeführt wurden
- Welche guten Erfahrungen wurden gemacht?
- Welche schlechten Erfahrungen wurden gemacht?

2 BLOCK 2 - Produktdaten / Planungshilfen / Kommunikation mit Produktanbietern

Produktdaten und Planungshilfen sind ein klassisches Vertriebsinstrument. Deren Kommunikation ist insbesondere mit den „Auftragsmittlern“, das heißt den Beratenden Ingenieure, erfolgskritisch. Die folgende Systematik ist ein Einstieg. Herausgefunden werde sollen Informationsdefizite im Hinblick auf Lebenszyklusgesichtspunkte. Zwei Fälle sind zu unterscheiden:

1. FALL: Der Produktanbieter hat Informationsdefizite. Gefragt sind marktgerechte Neuausrichtungen/ Anpassungen.

2. FALL: Der Produktanbieter hat bereits lebenszyklusorientierte Daten und Informationen für Projektbeteiligte bzw. Interessierte. Dieser Fall ist bis heute im Marktgeschehen die Ausnahme. Es handelt sich also meistens um Alleinstellungsmerkmale. Dabei geht es um die Herausarbeitung der konsequenten Nutzbarmachung dieses Vorteils.

2.1 Normen / Richtlinien IST

- Welche Normen und Richtlinien sind für die angegebenen Produkte (Block 1) relevant?

- Bezüglich welcher Norm/Richtlinie sind Erfüllungs-Nachweise (zum Beispiel durch Zertifikate) im Verkaufs-/Vergabegeschehen tatsächlich wirksam?
- Welche Merkmale/ Parameter/ zugesicherte Eigenschaften können durch den Produktanbieter auf einem, gegenüber Normen/ Richtlinien höheren Niveau, erfüllt werden?
- In wieweit sind solche Über-Erfüllungen vertriebs-/verkaufsrelevant?
- Wie werden die Erfüllungsgrade zu Vorschriften in Normen/Richtlinien auch Grundlage für Prüfungen im Zuge der Inbetriebnahme?
- Wie werden die Erfüllungsgrade zu Anforderungen in Normen/Richtlinien auch Grundlage für Prüfungen im Zuge der Performancemessungen im laufenden Betrieb (vgl. Block 1)?
- Welche Parameter/Merkmale/zugesicherte Eigenschaften werden außerhalb von Normen/Richtlinien angeboten? In welchem Umfang handelt es sich dabei um Alleinstellungsmerkmale?
- Welche Verkaufs-/Vertriebsvorteile resultieren aus den zuvor genannten Alleinstellungsmerkmalen bzw. Über-Erfüllungen?
- In welcher Weise haben vorhandene Normen/ Richtlinien Einfluss auf die Nachfrage in ausländischen Märkten?
- ANMERKUNG: Vorstellbar ist eine im Markt zu etablierende, Lernpartnerschaft zwischen Betreibern (Betreiber-Bauherren) und Produktanbietern.

3 BLOCK 3 - Kommunikation mit Planern

3.1 Kommunikation mit Beratenden Ingenieure

- Welche Erfahrungen bestehen in der Kommunikation mit Beratenden Ingenieure bezüglich Energieeffizienz
- Welche Erfahrungen bestehen in der Kommunikation mit Beratenden Ingenieure bezüglich Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der geplanten Anlagen?
- Welche Erfahrungen bestehen in der Kommunikation mit Beratenden Ingenieure bezüglich Lebenszyklusaspekte in Ausschreibungsunterlagen?
- Welche Erfahrungen bestehen in der Kommunikation mit Beratenden Ingenieure bezüglich nachgewiesener Erfüllung/Übererfüllung von Vorgaben in Normen/Richtlinien?

3.2 Kommunikation mit Architekten

- Welches Interesse haben Architekten im Hinblick auf Lebenszyklusaspekte?
- Wenn von Architektenseite ein Interesse an Produkten besteht, in welcher Weise werden dadurch Ausschreibungen bzw. Beschaffungsentscheidungen tatsächlich beeinflusst?

3.3 Ausschreibungsunterlagen IST

- Welche Ausschreibungsunterlagen werden derzeit für Lebenszyklusrelevante Anlagen / Produkte, in welcher Form vorgegeben?
- Wie ist die Nachfrage bei ausschreibenden Stellen (Bauherrn bzw. Planer) bezüglich Energieeffizienz?
- Wie ist die Nachfrage bei ausschreibenden Stellen (Bauherrn bzw. Planer) bezüglich Verfügbarkeit und Instandhaltungsleistungen?

3.4 Ausschreibungsunterlagen SOLL

- Welche Bestandteile in den Vorbemerkungen sind für Lebenszyklusaspekte zu erarbeiten?
- Welche Bestandteile sind für LV-Positionen im Hinblick auf Lebenszyklusaspekte zu erarbeiten?
- Für lebenszyklusorientierte Ausschreibungsbausteine zeichnen sich Parallelen zu den Einkaufsstandards ab.

ANHANG 10: Ökodesign-Richtlinie

Energieverbrauchsrelevante-Produkte-Richtlinie / Ökodesign-Richtlinie (2009/125/EG)
Energieverbrauchskennzeichnungs-Richtlinie (2010/30/EG)
Übersicht über den Stand der Prozesse zur Verabschiedung von Durchführungsmaßnahmen
Stand 9. Dezember 2011

Umwelt Bundes Amt
Für Mensch und Umwelt

Los	Produktgruppe		Internet	Arbeitsschritte (Tasks) der Vorstudien 1 2 3 4 5 6 7 8	KF	Ökodesign-Richtlinie			Energieverbrauchs-kennzeichnungs-Richtlinie	
						RA	DM	Inkrafttreten	DM	Inkrafttreten
	Einfache Digitalempfänger (Set-Top-Boxen)		www.ecostb.org (bereits abgeschaltet)		22.02.08	26.09.08	VO (EG) 107/2009	25.02.09	--	--
ENER 1	Heizkessel und Kombiboiler		www.ecoboiler.org		29.02.08	24.06.09 (11.04.11)				
ENER 2	Warmwasserbereiter		www.ecohotwater.org			08.07.08				
ENER 3	PCs (Desktop, Laptop) u. Monitore, digitale Bilderrahmen		www.ecocomputer.org		09.10.09					
ENER 4	Geräte mit Druckfunktion (Drucker, Scanner, Kopierer…)		www.ecoimaging.org		12.10.09 (SRI)					
ENER 5	Fernsehgeräte		www.ecotelevision.org		16.10.08	17. u. 30.03.09	VO (EG) 642/2009	12.08.09	VO (EG) 1062/2010	20.12.2010
ENER 6	Standby- und Schein-Aus-Verluste (Leerlaufverluste)		www.ecostandby.org		19.10.07	07.07.08	VO (EG) 1275/2008	07.01.09	--	--
ENER 7	Externe Netzteile (Batterieladegeräte nur in der Vorstudie)		www.ecocharger.org		22.02.08	17.10.08	VO (EG) 278/2009	27.04.09	--	--
ENER 8	Bürobeleuchtung	Ab Stufe RA: Beleuchtung im tertiären Sektor	www.eup4light.net		18.12.07	26.09.08 Änderung 07.01.10	VO (EG) 245/2009 u. VO (EG) 347/2010	13.04.09		
ENER 9	(öffentliche) Straßenbeleuchtung		www.eup4light.net		22.06.07					
ENER 10	Klimatechnik im Haushalt		www.ecoaircon.eu		22.06.09 + 23.04.10	31.05.11			VO (EG) 626/2011	26.07.2011
	Luftungstechnik im Haushalt									
ENER 11	Elektromotoren		www.ecomotors.org		27.05.08	11.03.09	VO (EG) 640/2009	12.08.09	--	--
	Umwälzpumpen				29.05.08	27.03.09	VO (EG) 641/2009	12.08.09	--	--
	Wasserpumpen				29.05.08	16.12.11				
	Ventilatoren				27.05.08 + 26.03.10	11.06.10	VO (EG) 327/2011	01.01.13	--	--
ENER 12	Gewerbliche Kühl- und Tiefkühlgeräte		www.ecofreezercom.org		23.04.10					
ENER 13	Haushaltskühl- und Gefriergeräte		www.ecocold-domestic.org		05.12.08	13. u. 30.03.09	VO (EG) 643/2009	12.08.09	VO (EG) 1060/2010	20.12.2010
ENER 14	Haushaltswaschmaschinen		www.ecowet-domestic.org		04.12.08 + 26.03.10	31.03.09+28.5.10	VO (EG) 1015/2010	11.11.10	VO (EG) 1061/2010	20.12.2010
	Haushaltsgeschirrspülmaschinen					28.05.10	VO (EG) 1016/2010	11.11.10	VO (EG) 1059/2010	20.12.2010

Tab. A 15: Ökodesign-Richtlinie Teil 1

Los	Produktgruppe	Internet	Arbeitsschritte (Tasks) der Vorstudien 1 2 3 4 5 6 7 8	KF	Ökodesign-Richtlinie			Energieverbrauchs-kennzeichnungs-Richtlinie	
					RA	DM	Inkrafttreten	DM	Inkrafttreten
ENER 15	Kleine Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe	www.ecosolidfuel.org							
ENER 16	Wäschetrockner	www.ecodryers.org		25.06.10				RL (EG) 13/1995	
ENER 17	Staubsauger	www.ecovacuum.org (bereits abgeschaltet)		25.06.10 + 08.09.11					
ENER 18	komplexe Digitalempfänger (Set-Top-Boxen)	www.ecocomplexstb.org		12.10.09 (SRI)					
ENER 19	19a Haushaltsbeleuchtung / Allgemeinbeleuchtung	www.eup4light.net		28.03.08	08.12.08 Änderung 08.06.09	VO (EG) 244/2009 u. VO (EG) 859/2009	13.04.09	RL (EG) 11/1998	
	19b gerichtete Lichtquellen (Reflektorlampen)			05.07.11					
ENER 20	Einzelraumheizgeräte	www.ecoheater.org/lot20							
ENER 21	Warmluftzentralheizung (ohne KWK)	www.ecoheater.org/lot21							
ENER 22	Haushalts- und Gewerbeofen für Speisen, inkl. Mikrowellengeräte	www.ecocooking.org/lot22						RL (EG) 40/2002	
ENER 23	Haushalts- und Gewerbeherde und -grills	www.ecocooking.org/lot23							
ENER 24	gewerbliche Geschirrspüler	www.ecowet-commercial.org							
	gewerbliche Waschmaschinen und Trockner								

Tab. A 16: Ökodesign-Richtlinie Teil 2

Los	Produktgruppe	Internet	Arbeitsschritte (Tasks) der Vorstudien								KF	Ökodesign-Richtlinie			Energieverbrauchs-kennzeichnungs-Richtlinie	
			1	2	3	4	5	6	7	8		RA	DM	Inkrafttreten	DM	Inkrafttreten
ENER 25	„nicht-gewerbliche" Kaffeemaschinen	www.ecocoffeemachine.org									16.12.11					
ENER 26	Verbrauch im vernetzten Bereit-schaftsbetrieb (networked stand-by)	www.ecostandby.org									14.09.11					
ENER 27	Haushalts-Notstromversorgung (domestic UPS)															
ENTR 1	Kühlgeräte (soweit nicht in den Produktlosen ENER 10, 12 und 13 enthalten)	www.ecofreezercom.org									19.01.12					
ENTR 2	Transformatoren	www.ecotransformer.org														
ENTR 3	Geräte zur Ton- und Bildverarbeitung	www.ecomultimedia.org														
ENTR 4	Feuerungsanlagen und Öfen für Industrie und Labor	www.eco-furnace.org														
ENTR 5	Werkzeugmaschinen	www.ecomachinetools.eu									17.11.09 (SRI)					
ENTR 6	Klima- und Lüftungsanlagen	www.ecohvac.eu														
(ENV 1)	(Wasser verbrauchende Geräte)	http://susproc.jrc.ec.europa.eu/ecotapware/index.html														
	Bildgebende Medizingeräte										17.11.09 (SRI)					

Tab. A 17: Ökodesign-Richtlinie Teil 3

Erläuterungen und Abkürzungen zur Tabelle:

Lose: Die Bezeichnung „Los" für die einzelnen Produktgruppen hat sich unter Bezugnahme auf die Nummer des Loses der Ausschreibung der Vorstudien eingebürgert. Die Vorstudien beauftragen die Generaldirektion Energie (Directorate-General Energy = DG ENER) oder die Generaldirektion Unternehmen und Industrie (Directorate-General Enterprise and Industry = DG ENTR).

Bearbeitungsstand der Vorstudien 1 bis 8 bezeichnen die verschiedenen, für alle Vorstudien einheitlichen Arbeitsschritte (Task) der Vorstudien. Hellgrün gefüllt: Entwurf liegt vor. Dunkelgrün gefüllt: abgeschlossen.

Task 1 = Definition und Eingrenzung der Produktgruppe; Erfassung der Standards und rechtlicher Grundlagen;
Task 2 = Marktanalyse;
Task 3 = Analyse des Verbraucherverhaltens und Rahmenbedingungen;
Task 4 = Technische Analyse existierender Produkte;
Task 5 = Erarbeitung von Standard-Szenarien;
Task 6 = Zusammenstellung der besten verfügbaren Technik;
Task 7 = Einschätzung des Verbesserungspotenzials;
Task 8 = Vorschläge für Maßnahmen zur politischen Umsetzung, Abschätzung der Auswirkungen potentieller Maßnahmen.

KF – Konsultationsforum (Consultation Forum): Das Konsultationsforum berät über die Vorschläge der Kommission für Durchführungsmaßnahmen. Das Konsultationsforum trägt dazu bei, die Durchführungsmaßnahmen festzulegen und zu überprüfen, die Wirksamkeit der geltenden Marktaufsichtsmechanismen zu prüfen und freiwillige Vereinbarungen oder **Selbstregulierungsinitiativen (SRI)** zu bewerten.

RA – Regelungsausschuss: (Regulatory Committee): Der Regelungsausschuss besteht aus Vertreterinnen und Vertretern der Mitgliedstaaten unter Vorsitz der Kommission. Eine qualifizierte Mehrheit muss im Regelungsausschuss der Durchführungsmaßnahme zustimmen. Nach Vorlage haben EU-Parlament und Rat dann eine Einspruchsfrist von 3 Monaten.

DM – Durchführungsmaßnahme: Rechtsformen können prinzipiell sein: Verordnung (VO), Richtlinie (RL) oder Mitteilung. Die angegebenen Daten betreffen das Inkrafttreten der Durchführungsmaßnahme (bei Verordnungen am 20. Tag nach der Veröffentlichung im Amtsblatt der EU).

Alle verfügbaren Dokumente finden Sie unter: www.ebpg.bam.de/de/produktgruppen/index.htm