

LifeCycle Benchmarking – Management der Nachhaltigkeit strategischer Anlagen und Bauteile bei Fraport – Ergebnisse eines Forschungsprojektes

H. Balck

IPS - Institut für Projektmethodik und Systemdienstleistungen, Heidelberg, Deutschland

1. Neuorientierung im Benchmarking

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

Schwerpunkt des Klimaschutzprogramms bei Gebäuden



Abb. 1: Lebenszykluskosten und CO₂-Footprint Programm des Nachhaltigkeitsmanagements bei Fraport

(Quelle: Fraport 2010)

Eingeführte Benchmarking-Methoden und -instrumente beziehen sich i.d.R. auf Kostenkennwerte, die auf standardisierte Flächengrößen bezogen werden - insbesondere Nutzungskosten pro m² BGF (Bruttogesamtfläche). Diese Form des Benchmarking hat sich als Orientierungshilfe für die Investitionsvorbereitung und für Grob-Checks im Facility Management bewährt, um Veränderungsbedarf zu identifizieren. Daraus lassen sich aber nur selten konkrete Einflussfaktoren ableiten, die entlang der HOAI Phasen für die anlagen- und

bauteilbezogene Optimierung im Lebenszyklusansatz anwendbar sind. Benötigt wird daher ein detaillierter Benchmarking-Ansatz. Im LifeCycle Benchmarking geht es um Kennwerte und Kenngrößen für Lebenszykluskosten auf den mittleren und unteren Hierarchieebenen der Baukonstruktionen und technischen Anlagen.

1.1. Polarität 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 DIN 276 zugeordneten Instandhaltungskosten zu den investiven Kostengruppen und damit in der Verlängerung der Zeitachse des Planungs- und Bauablaufes, in denen diese Lebenszyklusobjekte „angelegt“ wurden und den unmittelbar an den gleichen Objekten ansetzenden Instandhaltungsmaßnahmen. Das Kostenvolumen der Instandhaltung (IH) als Folgekosten spiegelt sich in den Aufwendungen des technischen Gebäudemanagements/technischen Facility Managements. Das belegen aktuelle Veröffentlichungen des GEFMA-Benchmarkings (Rotermund, 2012). Besonders die Teilanalyse am Beispiel Aufzüge und RLT-Anlagen bei Fraport zeigte aber eine strategisch wichtige Parallele: Die Lebenszyklusobjekte mit ausgewiesenen IH-Kosten haben in ähnlicher Mächtigkeit zugehörige Energieverbräuche (Abb. 2).

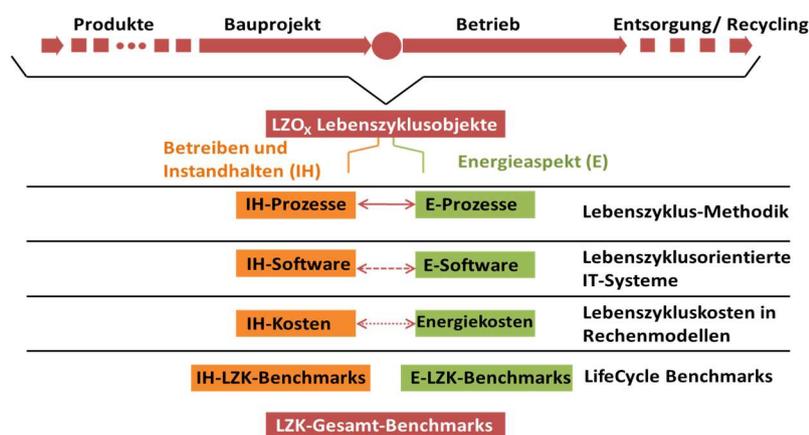


Abb. 2: Koppelung von Benchmarks für Instandhaltungskosten und Energiekosten bei gleichen Lebenszyklusobjekten (© Balck)

Anlagenscharfe/bauteilscharfe Zuordnungen von Energiekosten - parallel zu den IH-Kosten - sind streng genommen nur für den durch Anlagenfunktionen/Bauteilfunktionen erforderlichen Eigenverbrauch möglich. D.h. für den thermischen Verbrauch (Heizkosten) gilt diese Zuordnung nicht oder nur mit Einschränkung, da Funktionen wie Heizen und Kühlen raumbezogen wirksam und Verbräuche damit primär nutzerabhängig sind. 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. Deswegen wurde besonders mit Fraport ein methodischer Ansatz mit einem eigenständigen Rechenmodell entwickelt. Dadurch konnte die Parallelität von objektbezogenen IH-Kosten und die Kosten des Eigenverbrauchs elektrischer Energie dargestellt werden.

Die Koppelung von IH-Daten und Energiedaten ermöglicht die Basis für ein integriertes Nachhaltigkeitsmanagement - sowohl im Hinblick auf Energieeinsparungen, die Verringerung des Carbon Footprint als auch im Hinblick auf die Ressourcenverantwortung und Reduzierung der Instandhaltungsaufwendungen durch Bauteil-Erneuerung (Abb. 3).

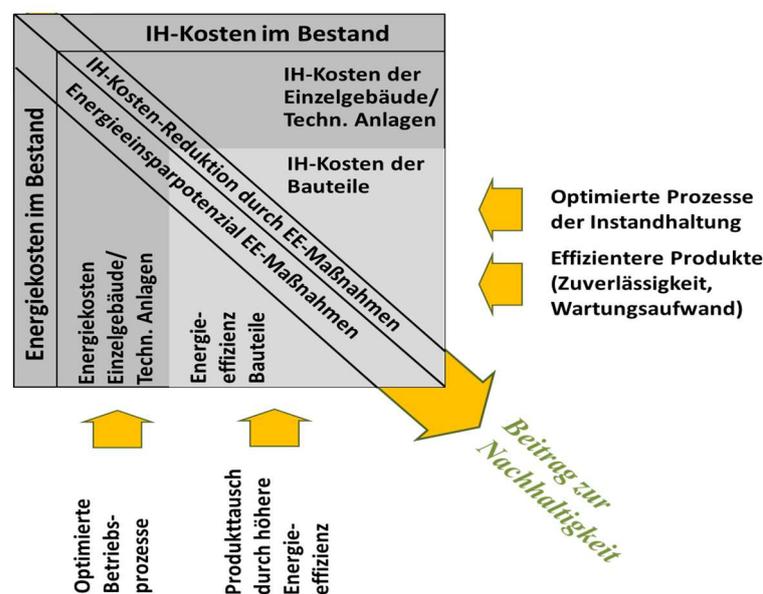


Abb. 3: Beitrag zum Nachhaltigkeitsmanagement durch Instandhaltungs- und Energieeffizienz-Maßnahmen (EE-Maßnahmen) (© Balck)

2. Benchmarking nach strategischen Kostengruppen und Bauteilen

2.1. Investitionskosten und Folgekosten

Definition Investitionskosten

In der DIN 276 wurde in den vorangegangenen Ausgaben bis 1998 für alle Kosten die Bezeichnung „Investitionskosten“ verwendet. In der gültigen Ausgabe der DIN 276 von 2008 ist diese Bezeichnung nicht übernommen worden. Sie ist auch in der Betriebswirtschaft kein allgemein eingeführter Begriff. 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 (Balck, 2012) der bauwirtschaftlich-technologischen Kette eine Abgrenzung zu den nachlaufenden Folgekosten, bzw. zu den vorlaufenden produktbezogenen Kosten ermöglicht.

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. Er eignet sich aber in Verbindung mit den Kostenkategorien der DIN 18960 Nutzungskosten und der DIN 276, um für Einzelobjekte (Baukonstruktionen, Technische Anlagen, Bauteile) innerhalb der Systemhierarchie eines Bauwerks objektbezogene Prozesskosten in der Betriebsphase abzugrenzen. Folgekosten spiegeln dann Aufwendungen wider, die von bestimmten Objekteigenschaften verursacht werden oder zumindest abhängen.

Folgende Arten von Folgekosten sind für das LifeCycle-Benchmarking von Interesse:

- 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 i.d.R. aber nicht sinnvoll für Kostenarten wie Finanzierungskosten, Versicherungskosten, immobilienbezogene Steuern usw.
- In der Endphase der Lebensdauer eines Lebenszyklusobjektes gehören zu den Folgekosten: Entsorgungskosten (Abfallwirtschaft), Kosten für Verwertungsprozesse

(Recyclingprozesse und Bauteil-Aufbereitungen zu Wiederverwendungen). Solche Kosten sind allerdings nicht Gegenstand der DIN 18960.

- Generell lassen sich Folgekosten als „Prozesskosten“ verstehen, die Bauwerksbestandteilen verursachergerecht zugeordnet werden können (Abb. 4).

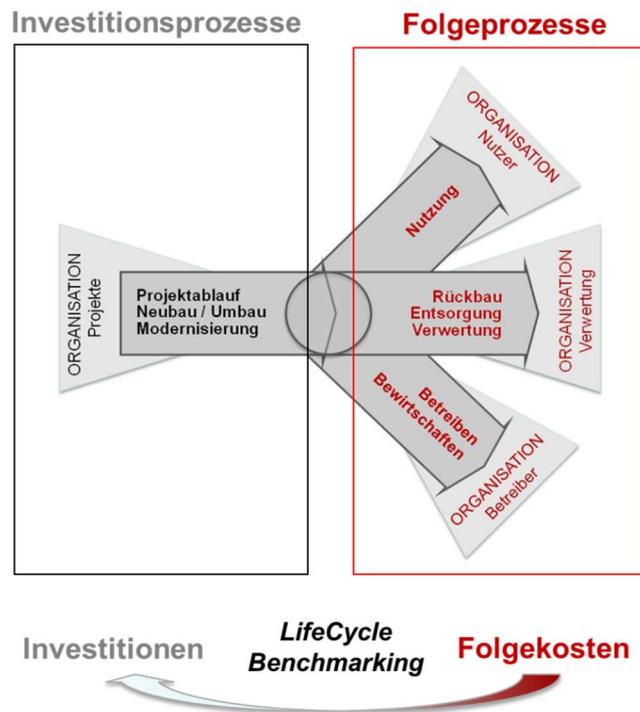


Abb. 4: Investitionskosten und Folgekosten als wirtschaftliches Abbild der Prozesskette des Investierens und der Folgeprozesse im Betrieb (© Balck)

Ein Schwerpunkt der vorliegenden Untersuchung sind Verhältniswerte zwischen Investitionskosten und Folgekosten. Das Leitmuster für diesen Ansatz sind die für Technische Anlagen durch AMEV in Deutschland eingeführten Faktoren für Kostenarten des Betriebes und Instandhaltens, die auf der Basis ursprünglich für Investitionskosten ermittelt wurden. Die staatliche Organisation AMEV (Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik) wurde 1975 gegründet. Differenziert nach den Prozessklassen des Betriebes 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 zugrundeliegender Investitionskosten in öffentlichen Gebäuden.

Lebenszykluskosten-Faktoren (LZK-Faktoren)

LZK-Faktoren bilden den methodischen Kern für ein Benchmarking, in dem Folgekosten nicht auf Basisflächen (BGF/NGF), sondern auf ursächliche Investitionskosten bezogen werden. Die Verhältniszahlen 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 wider. In den durchgeführten Benchmark-Ermittlungen haben wir LZK-Faktoren pro Jahr und für Prognosen LZK-Faktoren für 20 oder 30 Jahre berechnet (Abb. 5).

The image contains two grey rectangular boxes. The left box is titled 'LZK-Faktor p.a.' and contains the formula: Lebenszykluskostenfaktor = $\frac{\text{Folgekosten pro Jahr}}{\text{Investitionskosten}}$. The right box is titled 'LZK-Faktor 20 Jahre' and contains the formula: Lebenszykluskostenfaktor = $\frac{\text{Folgekosten 20 Jahre}}{\text{Investitionskosten}}$.

Abb. 5: LZK-Faktoren

3. Standortkosten der Instandhaltung

3.1. Standortprofile der Instandhaltung als Leitmuster der Bewirtschaftung

Die Folgekosten von Bauinvestitionen werden innerhalb der Nutzungsdauer ihrer Bestandteile weitgehend durch die entstehenden Kosten des Betriebes und der Instandhaltung bewirkt. Das in Abbildung 6 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. Im Gesamtdurchschnitt betragen UIH-Kosten 70% und RIH-Kosten 30% der gesamten IH-Kosten. Die differenzierte Aufschlüsselung liefert ein Spiegelbild praktizierter Instandhaltungsstrategien nach Objektklassen.

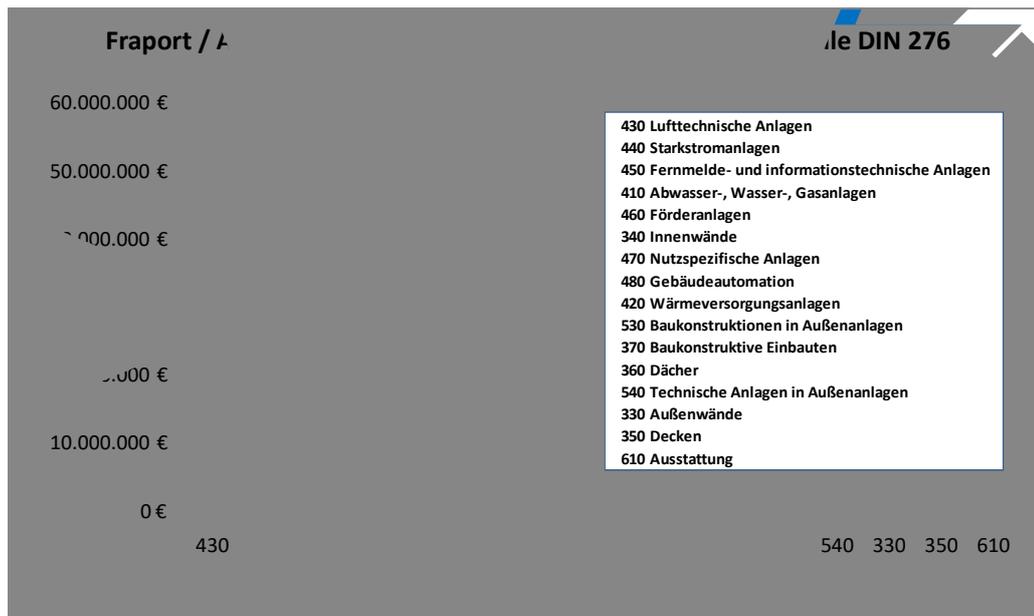


Abb. 6: IH-Kostenprofil aller Fraport-Liegenschaften am Standort Flughafen Frankfurt/Main
(Quelle: IPS/Fraport)

Welche Rangfolge haben die Kostengruppen im FRAPORT-Standortprofil?

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 wider. 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.

Welche Kostengruppen der Technik haben hohe Relevanz im FRAPORT-Standortprofil?

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

Welche Kostengruppen der Baukonstruktion haben hohe Relevanz im FRAPORT-Standortprofil?

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“.

4. Ermittelte LifeCycle Benchmarks im Gebäudebestand der Forschungspartner

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

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 (Abb. 7). 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 „Instandsetzungstau“ gesprochen.

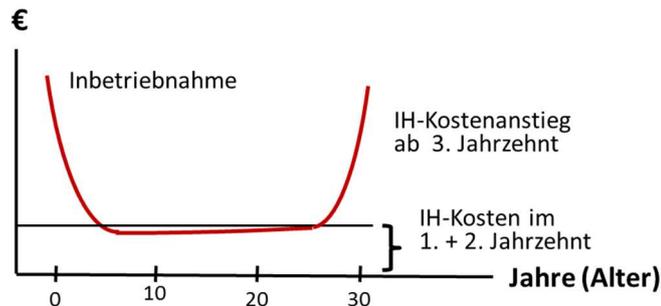


Abb. 7: IH-Kosten als Badewannenkurve im Zeitverlauf (Quelle: IPS)

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 Tabelle 1 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. 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 noch sehr 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 sein müssen.

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: IPS/Fraport)

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

Auf dieser dreiteiligen Kostenbasis – Investitionskosten/IH-Kosten /Stromverbrauch - wurden jahresbezogene Folgekosten in einem Betrachtungszeitraum über 30 Jahre errechnet. Abbildung 8 ist eine beispielhafte Darstellung für eine ausgewählte Einzelanlage und Abbildung 9 zeigt die aufsummierten Kosten aller betrachteten Anlagen. Sie zeigen den Kostenverlauf unter Berücksichtigung von zugeordneten Preissteigerungsraten auf der Basis von Kennwerten des statistischen Bundesamtes.

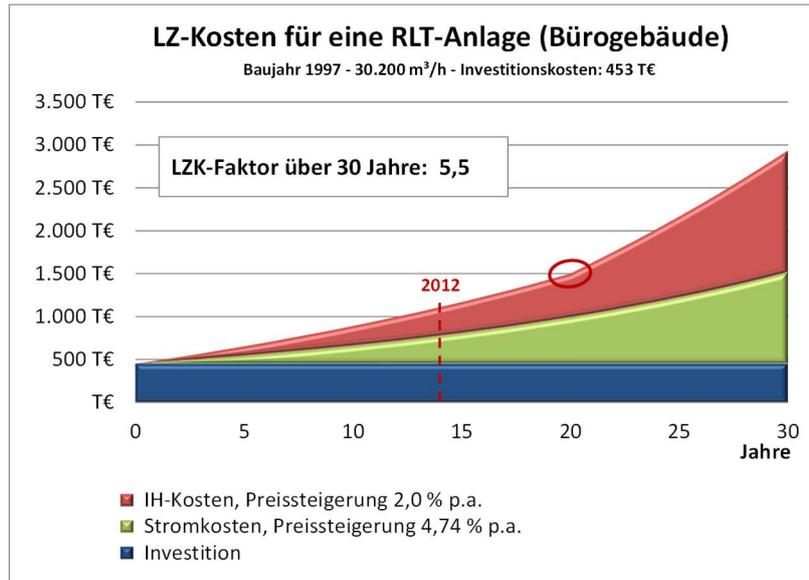


Abb. 8: Lebenszykluskosten und LZK-Faktor für eine RLT-Anlage im Betrachtungszeitraum 30 Jahre
 (Quelle: IPS/Fraport)

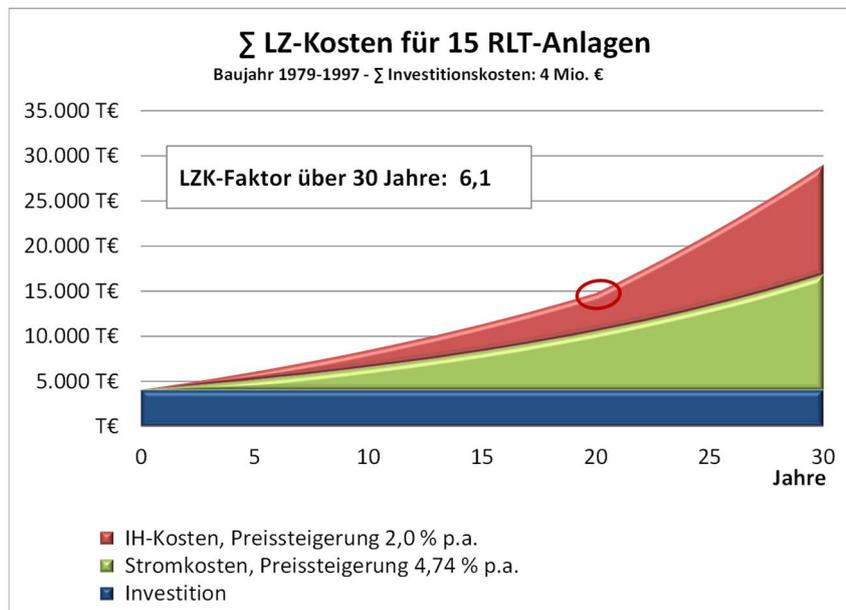


Abb. 9: Lebenszykluskosten und LZK-Faktor für 15 RLT-Anlagen im Betrachtungszeitraum 30 Jahre
 (Quelle: IPS/Fraport)

Als Forschungsergebnis halten wir fest, dass solche Darstellungen in der Fachwelt bislang nicht üblich sind. Wir wollen 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.

Abbildung 10 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, könnten Modernisierungsmaßnahmen mit energetischen Effizienzverbesserungen bei strategischen Komponenten diesen Anstieg verringern und im günstigsten Fall normalisieren.

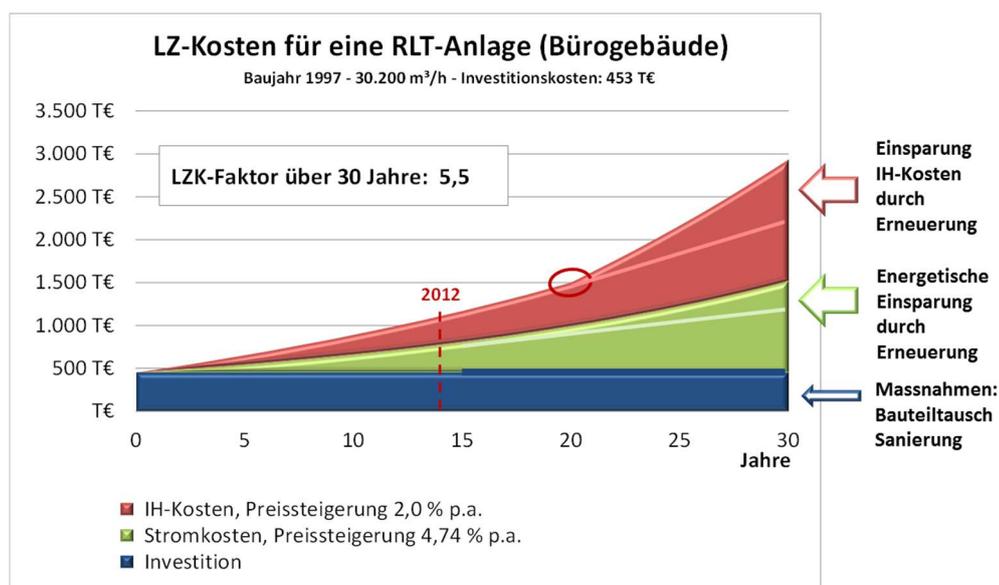


Abb. 10: Lebenszykluskosten und LZK-Faktor für 15 RLT-Anlagen im Betrachtungszeitraum 30 Jahre (Quelle: IPS/Fraport)

Literaturverzeichnis

AMEV (2000): Jahreskosten Kennwerte in: Personalkosten, Geschäftsstelle der AMEV im BMBV, Berlin 2000.

Balck, H. (2012): Lebenszyklusorientierte Ausschreibung und Vergabe im Hochbau – Methodische Grundlagen - Fraunhofer IRB, Bauforschungsberichte 2012.

Fraport (2009-10): Instandhaltungskosten in SAP PM.

Fraport (2010): Management der Nachhaltigkeit – Strategiebericht 2010.

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

SIA 380/4 (2006): Elektrische Energie im Hochbau.