

Forschungsprojekt

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

Kurzfassung Endbericht – April 2013

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

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

Kurzfassung

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 Bauherren 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 Prozesse des Betriebens, 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 Kennwerte für Planungs- und Beschaffungsprozesse ermöglicht.

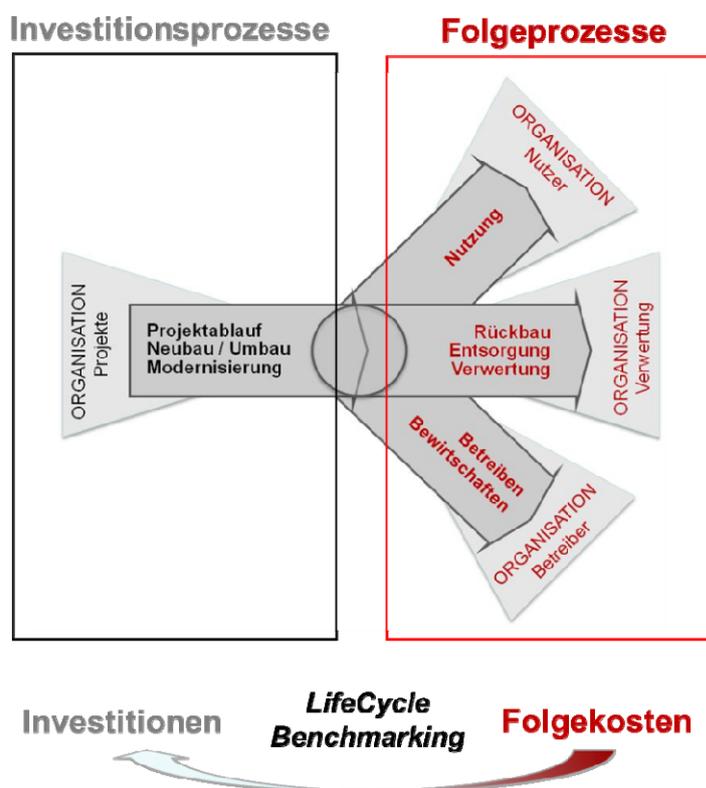


Abb. Fehler! Kein Text mit angegebener Formatvorlage im Dokument.: LifeCycle Benchmarking – Verhältniszahlen zwischen Folgekosten und Investitionskosten - © Prof. H. Balck.

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

jekten 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 werden¹.

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. 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.

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

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.

276 durchmustert werden, fallen immer solche Kostengruppen auf, die 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.

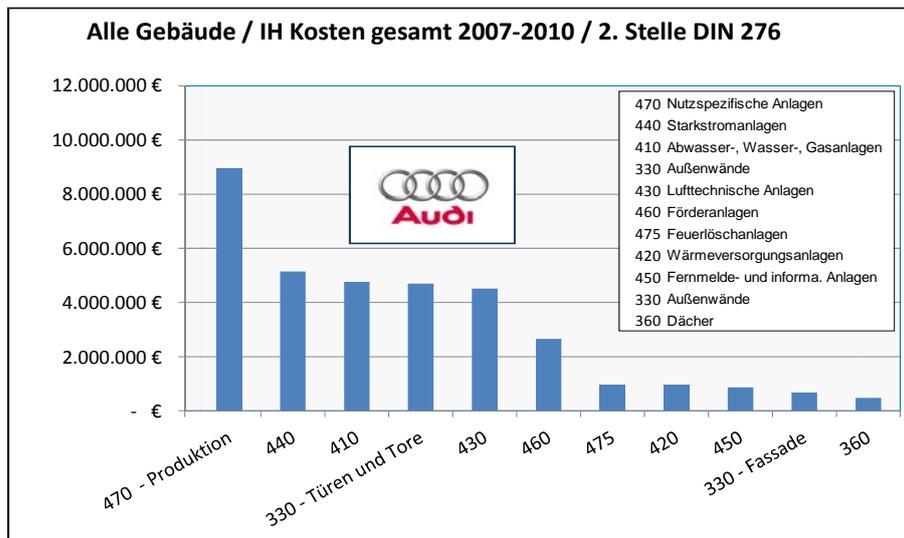


Abb. 1: Standortprofil der Instandhaltung – Audi (Quelle: Audi Neckarsulm)

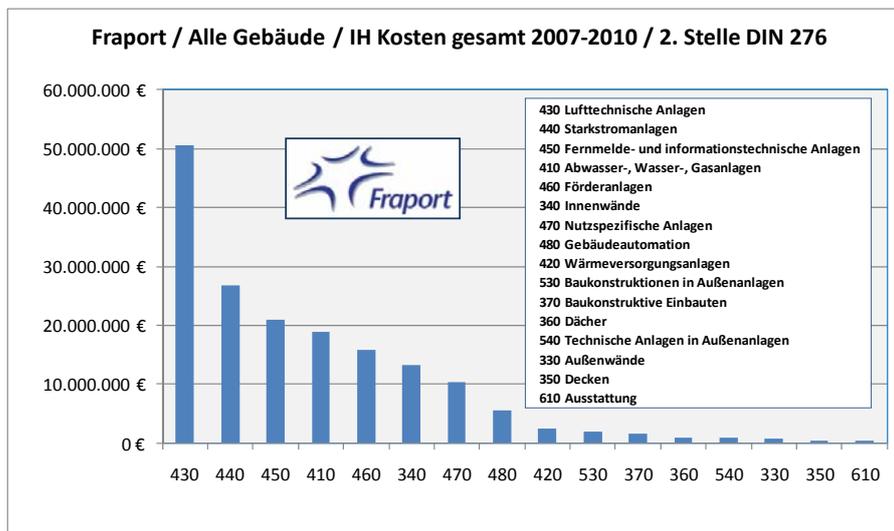


Abb. 3: Standortprofil der Instandhaltung – Fraport (Quelle: Fraport)

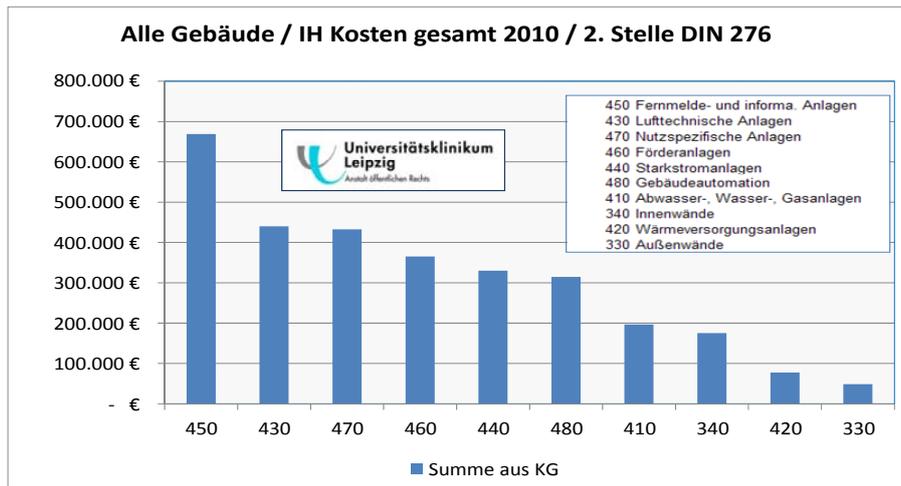


Abb. 4: Standortprofil der Instandhaltung – Universitätsklinikum Leipzig UKL (Quelle: UKL)

Integration des Energiemanagement in die Prozesse des Betriebens und Instandhaltens

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

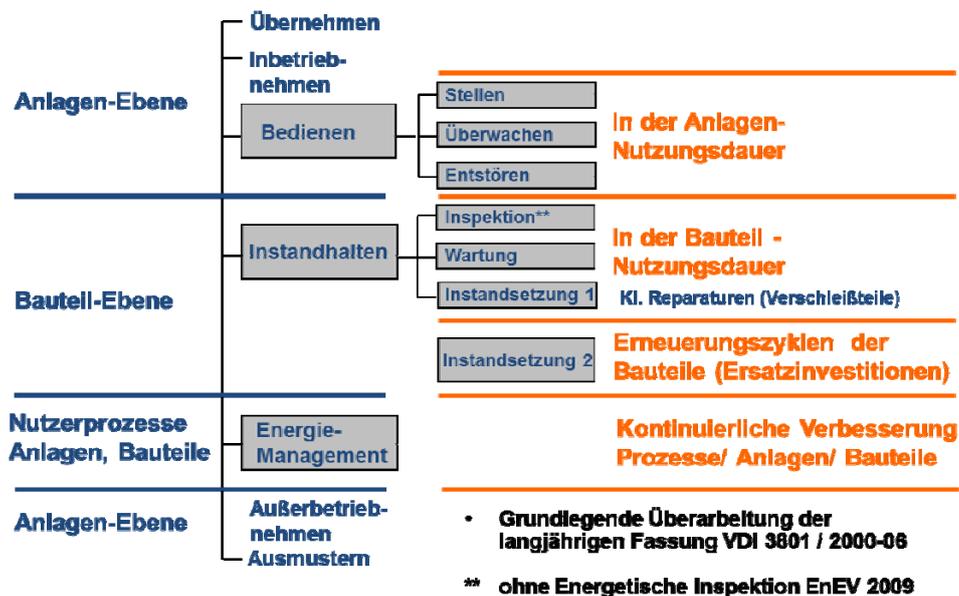


Abb. 5: Prozess-Systematik der VDI 3810 Betreiben und Instandhalten von gebäudetechnischen Anlagen – gültig ab 2012 – © H. Balck

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 Vermei-

den, 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 und 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.

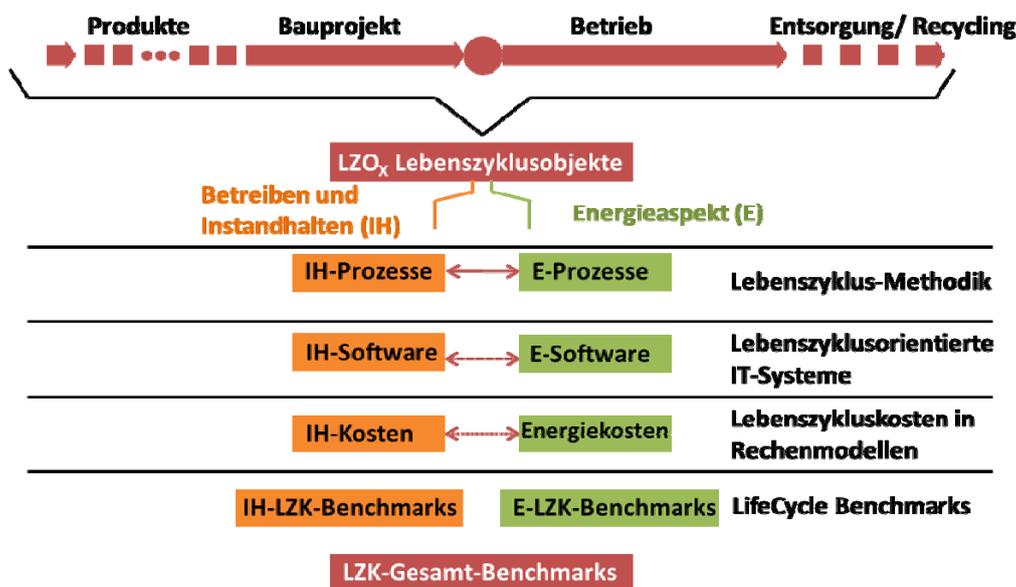


Abb.6: Koppelung von Benchmarks für Instandhaltungskosten und Energiekosten bei gleichen Lebenszyklusobjekten

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 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.

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.		LZK-Faktor 20 Jahre
Lebenszykluskostenfaktor = $\frac{\text{Folgekosten pro Jahr}}{\text{Investitionskosten}}$		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 Verhältniszahlen zwischen anlagenscharf oder bauteilscharf ermittelten Investitionskosten und den Folgekosten, die durch Prozesse des Betriebes 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 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 Tabelle 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

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 sinnvoll.

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

Tabelle 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. 8 ist eine beispielhafte Darstellung für eine ausgewählte Einzelanlage.

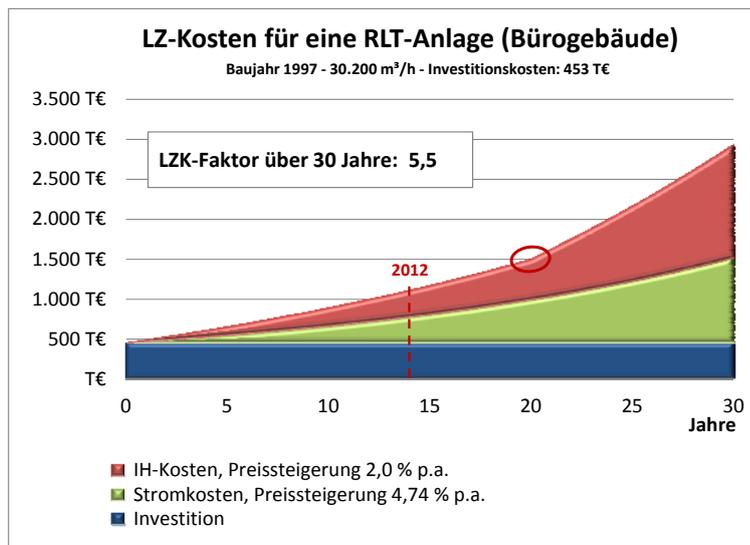


Abb. 8: Lebenszykluskosten und LZK-Faktor für eine RLT-Anlage im Betrachtungszeitraum 30 Jahre (Quelle IPS / Fraport)

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 erfassbar³ 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.