



International Facility Management

1. IFM-Kongress: Wissenschaft trifft Praxis

27./28. November 2008 an der TU Wien, Österreich

Conference Proceedings

1. IFM-Kongress

Scientific Committee

Prof. Dr. Alexander Redlein

*Zentrum für Informations- und Facility Management (IFM), TU Wien,
Österreich*

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

*Institut für Technologie und Management im Baubetrieb, Universität Karlsruhe,
Deutschland*

Prof. Dr. Andreas van Wagenberg

*University of Wageningen,
Niederlande*

Prof. Jan Bröchner

*Technology Management and Economics Service Management, Chalmers University of
Technology, Göteborg,
Schweden*

Organizing Committee

Prof. Dr. Alexander Redlein

*Zentrum für Informations- und Facility Management (IFM), TU Wien,
Österreich*

Mag. Barbara Gatscher

*Zentrum für Informations- und Facility Management (IFM), TU Wien,
Österreich*

Vielen Dank an alle KollegInnen des IFM für die Mithilfe bei der Organisation!

ISBN: 978-3-200-01403-9

Inhaltsverzeichnis

- 7 Optimierung des Betriebs**
- 8 Wirtschaftlichkeit von Facilities Management, Rechnet sich Facilities Management?**
*a.o. Univ. Prof. Dr. Alexander Redlein & Dipl.-Ing. Dr. Horst Pichlmüller
Zentrum für Informations- und Facility Management, TU Wien, Österreich*
- 20 Neue Wege im Benchmarking: Die statistische Analyse von Nebenkosten**
Sebastian Keiler, Dipl.-Ing.(FH) David Steixner & Ing. Mag.(FH) Thomas Madritsch, FH Kufstein Tirol, Österreich
- 41 Zusammenspiel von Architektur und FM**
- 42 Building Performance Evaluation: Quantifizierung des Nachhaltigkeitspotentials von Gebäuden durch die Analyse der Nachhaltigkeitsindikatoren**
*Univ. Ass. Dipl. –Ing. Dr. Iva Kovacic
Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement, Industriebau und interdisziplinäre Bauplanung, TU Wien, Österreich*
- 54 Planungsfehler und ihre Auswirkungen auf den Gebäudebestand**
*Dipl.-Ing. Michael Kaindl & Univ. Prof. Dr. Andreas Kolbitsch
Institut für Hochbau und Technologie, TU Wien, Österreich*
- 67 Umwelt und Klima**
- 68 Instandhaltung von Bestandsgebäuden – Ein Beitrag zu Umwelt- und Klimaschutz**
*Dr. –Ing. Carolin Bahr & Prof. Dr. Kunibert Lennerts
Institut für Technologie und Management im Baubetrieb, Universität Karlsruhe, Deutschland*
- 78 Projektbezogene Spezifizierung der kalkulatorischen Lebensdaueransätze gebäudetechnischer Komponenten**
*Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt. Guido Hardkop
Lehrstuhl für Baubetrieb und Gebäudetechnik, RWTH Aachen University, Deutschland*

Vorwort des Herausgebers

1. Internationaler Facility Management Kongress an der TU Wien - Wissenschaft trifft Praxis

a.o. Univ. Prof. Dr. Alexander Redlein

Wissenschaft und Praxis bilden stets ein interessantes Spannungsfeld. Sie analysieren die gleichen Themen aber aus unterschiedlichen Blickwinkeln. Diese unterschiedliche Betrachtungsweise ermöglicht es, neue Ansätze und Ideen zu generieren. Dies gilt umso mehr für den Bereich FM, der aus der Praxis gewachsen ist und nun verstärkt auch wissenschaftlich erforscht wird. Leider gibt es aber in Europa neben dem EuroFM Kongress keine hochrangigen wissenschaftlichen Kongresse zum Thema FM.

Das IFM (Zentrum für Informations- und Facility Management) der TU Wien hat sich gemeinsam mit seinen Partner aus der Forschung und Wirtschaft in den letzten 10 Jahren mit zahlreichen Forschungsprojekten im Bereich FM genau als Schnittpunkt zwischen Praxis und Theorie etabliert. Daher liegt es nahe, dass das IMF hier ansetzt. Die Dialektik von Wissenschaft und Praxis bildet die Grundlage für die FM-Konferenz der TU Wien. Im Herbst letzten Jahres wurde daher vom IFM gemeinsam mit Praktikern die aktuellen Trends im FM analysiert und die Themenschwerpunkte festgelegt. Dabei gab es schon erste Anzeichen der Immobilienkrise, daher wurde der Schwerpunkt vor allem Themen aus dem Bereich Wirtschaftlichkeit und Optimierung gesetzt. Die Gruppe einigte sich auf folgende Themen:

- Wirtschaftlichkeit von FM – Rechnet sich FM?
- Internationale Trends im FM – FM goes East
- Finanzierung – neue Wege der Finanzierung
- Prozesse – Best Practice im FM
- Interne Kontrollsysteme und FM – was bringt die neue Unternehmensgesetzgebung für FM
- Asset und Property Management versus FM
- Umwelt und Klima – rechnet sich Umweltschutz

Auf Basis einer Diplomarbeit die 2007 am IFM alle Universitäten im deutschsprachigen Raum auf Forschungsprojekte im Bereich FM durchleuchtet hatte, wurden die einzelnen Institute in einem formalen Call for Papers zur Einreichung von Abstracts gebeten. Die

Resonanz war sehr positiv es wurden 16 Arbeiten eingereicht. An dieser Stelle möchte ich mich nicht nur bei den Forschern bedanken, die einen Beitrag eingereicht haben, sondern auch bei meinen Kollegen vom Scientific Committee bedanken, die in einem double blind Review Verfahren zuerst die Abstracts und dann die Papers begutachtet haben und den Forschern mit Anregungen geholfen haben. Mein Dank gilt dabei

- Prof. Jan Bröchner vom Technology Management and Economics Service Management der Chalmers University of Technology, Göteborg, Schweden
- Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wi.-Ing. Kunibert Lennerts vom Institut für Technologie und Management im Baubetrieb der Universität Karlsruhe, Deutschland
- Prof. Dr. ir. Andreas van Wagenberg von der University of Wageningen, Niederlande

In dem vorliegenden Proceedings finden Sie die ausgewählten Beiträge. Bevor ich Ihnen eine interessante Lektüre wünsche, möchte ich mich auch bei meinem Team bedanken, vor allem bei Fr. Mag. Barbara Gatscher, ohne deren großen Einsatz diese Proceedings nicht in dieser Form vorliegen könnten.

Mit freundlichen Grüßen aus Wien wünsche ich Ihnen eine spannende Veranstaltung und freue mich schon auf die Einreichungen beim 2. IFM Kongress 2009.

Ihr

Alexander Redlein

Head of Scientific Committee

Optimierung des Betriebs

Wirtschaftlichkeit von Facilities Management, Rechnet sich Facilities Management?

a.o. Univ. Prof. Dr. Alexander Redlein & Dipl.-Ing. Dr. Horst Pichlmüller

IFM der TU Wien, Österreich

Abstract

Durch zunehmenden Wettbewerb und damit einhergehendem Kostendruck sowie einem sich rasch ändernden Arbeitsumfeld im Allgemeinen, und im Facility Management im Speziellen, ergibt sich die Notwendigkeit nach neuen Wegen für Synergien und Kosteneinsparungen zu suchen. Darüber hinaus nehmen sowohl der Komplexitätsgrad der Facilities aber auch die Gesetzlichen- und die Kundenanforderungen zu.

Derzeit ist die Nutzung von Synergien zwischen den einzelnen Facility Services sehr gering. Eine Möglichkeit, um oben angeführte Anforderungen zu erfüllen, ist der „Integrated Facility Services“ (IFS) Ansatz. Dieser, auf Business Process Reengineering und Value Engineering basierende Ansatz, setzt sich aus zwei Schritten zusammen:

1. Optimierung der internen (Management)Prozesse (Facility Management)
2. Optimierung der operativen Leistungserbringung (Facility Services)

Im zweiten Schritt werden mit methodischen Ansätzen die möglichen Synergien zwischen den einzelnen Servicesilos wie haustechnische Dienstleistungen, Security, Catering, Reinigung etc. untersucht. Durch die Nutzung der Synergien ergibt sich ein verbessertes Verhältnis von Kosten zu Output.

Keywords: Synergien im Facility Management, Integrated Facility Services, Kosteneinsparungen

Einführung und Problemstellung

Aufgrund hoher Rohstoffpreise schwächt sich die Konjunktur in Europa, nach einem Bericht des IHS vom 27. Juni 2008, spürbar ab. Die mittlerweile internationale Immobilienkrise und die dadurch ausgelösten Turbulenzen an den Finanzmärkten belasten die Konjunktur weiter. Beide Faktoren führen zu der Notwendigkeit, die Immobilienbewirtschaftungskosten zu senken. Durch den weiter zunehmenden Wettbewerb und dem damit einhergehenden

Kostendruck sowie einem sich rasch ändernden Arbeitsumfeld im Allgemeinen, und im Facility Management im Speziellen, ergibt sich die Notwendigkeit, nach neuen Wegen für Synergien und Kosteneinsparungen zu suchen. Darüber hinaus nehmen sowohl der Komplexitätsgrad der Facilities aber auch die Gesetzlichen- und die Kundenanforderungen zu.

Die Bedeutung von FM und Facility Services in diesem Zusammenhang zeigt sich unter anderen an folgenden Studien: *„In deutschen Unternehmen sind im Schnitt 40% des Firmenvermögens und 50 bis 60% der jährlichen Sachkosten in Immobilien gebunden und durch deren Betrieb verursacht.* ([Zechel 2000] S. 3)

Das Facility Management per se ist heute in vielen Unternehmen bereits eingeführt und optimiert, es wird daher auf diesen Punkt nicht weiter eingegangen.

Die Unternehmen konzentrieren sich bei Facility Services heute auf eine reine Reduktion der Kosten. Dies wird meist über Outsourcing und Tarifverhandlungen erreicht, wobei die Optimierung der operativen Services dabei außer Betracht gelassen wird.

Da auf operativer Ebene aber in Servicesilos gearbeitet wird, besteht auf dieser Ebene ein hohes Potential von ungenutzten Synergien. Unter Servicesilos verstehen wir das Arbeiten innerhalb eines Gewerkes wie beispielsweise Elektrotechnik, ohne die Tätigkeiten eines anderen Gewerkes zu betrachten.

Ein Weg zur Lösung dieser Probleme kann Value Engineering bringen, da es sich nicht nur auf die Kostenseite konzentriert, sondern den Wert und die Wertsteigerung zum Ziel hat. Eine Möglichkeit der Wertsteigerung ist die Nutzung der Synergien durch eine interdisziplinäre, funktionsorientierte Betrachtungsweise.

Methodischer Lösungsansatz

Die Methoden Wertanalyse und Funktionenanalyse basieren auf dem Wertkonzept und dem funktionenorientierten Ansatz. Die Ausrichtung dieser Methoden an den Funktionen des untersuchten Gegenstandes, in unserem Fall der Facility Services, die Suche nach Optimierung dieser Funktionen in Bezug auf die Ressourcen und den Aufwand, stellen wichtige Faktoren dar, die zur Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens beitragen.

Ziel von „Integrated Facility Services“ (IFS) -Projekten ist eine Optimierung der Erbringung der operativen Facility Dienstleistungen. Um eine Wertsteigerung durch Erhöhung des

Kundennutzens, und nicht bloß Kostensenkung im Bereich FM zu erreichen, wurde als methodischer Lösungsansatz die Wertanalyse nach ÖNORM 6754 bis 6766 in diversen IFS-Case Studies angewendet.

Die Beziehung zwischen der Befriedigung unterschiedlicher Bedürfnisse und den hierzu eingesetzten Ressourcen ist Gegenstand des Wertkonzepts. Je weniger Ressourcen benötigt werden oder je größer die Bedürfnisbefriedigung ist, desto höher ist der Wert.

Gemäß ÖNORM 6760 ist beispielsweise der Wert für einen (externen) Kunden das Ausmaß, zu dem ein Produkt oder eine Dienstleistung seine Erwartungen erfüllt, im Verhältnis zu dem Betrag, den er (der Kunde) aufwenden muss, um das Produkt oder die Dienstleistung zu erwerben. In unserem speziellen Fall ist das Produkt eine Summe von Facility Services, die notwendig sind, um einen optimalen Arbeitsplatz sicherstellen.



Abb. 1: Wertkonzept gemäß ÖNORM EN 12973 (Quelle: ÖNORM 6760)

Eine Wertsteigerung (Ziel des IFS Projektes) kann durch verschiedene Kombinationen von Bedürfnisbefriedigung und Ressourceneinsatz zustande kommen. Zum einen durch eine erhöhte Bedürfnisbefriedigung bei gleich bleibendem oder sogar gesunkenem Ressourceneinsatz. Die Wertsteigerung kann aber auch durch eine Erhöhung der Bedürfnisbefriedigung bei gleichzeitiger Erhöhung des Ressourceneinsatzes erzielt werden, sofern die Bedürfnisbefriedigung stärker steigt als der Ressourceneinsatz.

Die Wertsteigerungen kann durch verschiedene Kombinationen von Bedürfnisbefriedigung und Ressourceneinsatz erzielt werden. Welche der möglichen Kombinationen gewählt wird, wird durch die Unternehmensleitung, durch Einflüsse aus dem Umfeld (u.a. auch Gesetze und Verordnungen) und durch Erkenntnisse aus der Wertanalyse Arbeit festgelegt. Wichtig ist dabei aber die Betrachtung sowohl des Ressourceneinsatzes (Kosten) aber auch der Befriedigung der Bedürfnisse (Nutzen).

Die Wertanalyse stellt somit ein Instrument dar, das über die Möglichkeit der reinen Kostensenkung deutlich hinausgeht. Neben dem Ziel der Kostensenkung kommen beispielsweise folgende Ziele hinzu:

- Qualitätssteigerung
- Erhöhung der Mitarbeitermotivation/Arbeitsleistung
- Verminderung von Personalfehlzeiten
- Erhöhung der Kundenorientierung
- Erhöhung des Servicelevels
- Verbesserung der Kommunikation zwischen den Servicesilos
- Erreichen von Wettbewerbsvorteilen

Die Grundsätze der Wertanalysemethodik wie auch die des FM, wie die ganzheitliche Betrachtungsweise von Problemstellungen, ermöglichen, dass die relevanten Wechselwirkungen und Informationen berücksichtigt werden (siehe Abbildung 2). Eine interdisziplinäre und problemorientierte Betrachtungsweise, sowie funktionenorientierte und kostenorientierte Arbeiten sind auch Grundsätze im FM, weshalb Wertanalyse für den Einsatz bei FM und Facility Services gut geeignet ist.

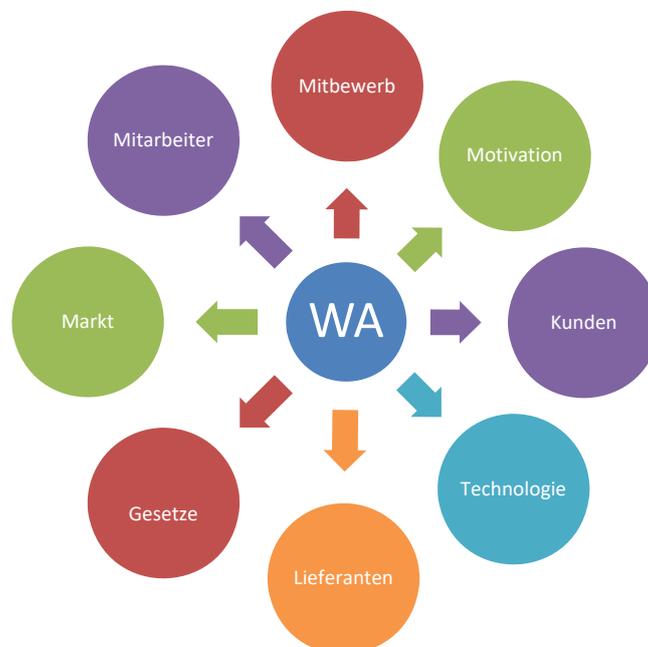


Abb. 2: Ganzheitliche Betrachtungsweise (Quelle: Redlein–Schwarz)

Wertanalysefunktionen

Die ÖNORM A 6766 beschäftigt sich mit den Wertanalysefunktionen. Gemäß Norm liegt der Grundgedanke von Funktionen darin, dass die Wirkung eines Wertanalyseobjektes und nicht das Wertanalyseobjekt selbst die Bedürfnisse des Kunden befriedigt. Unter *Funktionen* wird die Wirkung eines Wertanalyseobjekts verstanden und damit der Nutzen eines Wertanalyseobjektes beschrieben. Im speziellen Fall der IFS sind darunter die Services/Tätigkeiten und ihre Qualität zu verstehen. Unter *Funktionenträger* wird das Objekt, Person oder Dienstleistung verstanden durch das die Funktion erfüllt wird (z.B. Produkt, Dienstleistungen, Person, etc.). Bei IFS ist darunter der Dienstleister (intern oder extern) zu verstehen.

Umsetzung der Wertanalyse in IFS Projekten

Da die Durchführung derartiger Projekte mit großem Zeitaufwand verbunden ist, wurde um diesen Aufwand zu verringern eine Vorlage für die Schritte der Wertanalyse definiert. Diese Vorlage findet sich in der nächsten Tabelle:

Grundlage dafür ist der Ablaufplan eines Wertanalyseprojektes gemäß ÖNORM 6760

GRUNDSCHRITTE	TEILSCHRITTE	ARBEITZIELE
Projekt vorbereiten, definieren	Wertanalyse - Grobziele formulieren	<ul style="list-style-type: none"> • Kosten, Funktionen, Mengen, Bedingungen, Bedeutung des Wertanalyse Objektes für das Unternehmen feststellen
Projekt planen	WA-Arbeit planen	<ul style="list-style-type: none"> • WA- Ablaufplan / Projektplan erstellen • Aufwendungen, Kosten, Arbeitszeit, Kapazitäten, Chancen, Risiken analysieren • WA-Controlling festlegen. • Maßnahmenkatalog erstellen. • WA-Arbeitsgruppe bilden • Wertanalyse Steuergruppe planen
Ausgangssituation, Daten ermitteln	Informationen beschaffen	
	Kosten festlegen	<ul style="list-style-type: none"> • Kosteninformationen einholen und verarbeiten • Kostenstrukturen und Kostenschwerpunkte ermitteln

GRUNDSCHRITTE	TEILSCHRITTE	ARBEITZIELE
	Funktionen feststellen und gliedern	<ul style="list-style-type: none"> • Auf Basis Wertanalyse Aufgabe, Wertanalyse Grobziel, Ideal aus Vorprojekt/Analyse, kosten- und funktionenorientierte Schwerpunkte ermitteln
	Entwicklungen einschätzen	<ul style="list-style-type: none"> • Einflüsse von Trends, Störereignissen, Technologien feststellen und Konsequenzen aufzeigen
	Ausgangssituation darstellen	<ul style="list-style-type: none"> • Informationsverarbeitung • Schwerpunkte darstellen • Funktionengliederung auf Ganzheitlichkeit prüfen • Funktionen-Kosten, Funktionen-Erfüllungsgrad, Funktionen bestimmte Größen zu ordnen • Kostenschwerpunkte, Funktionenanalyse den Schwerpunkten der Informationsgliederung zuordnen • zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten darstellen
Funktionen, Zielsystem entwickeln	Funktionsziele, Detailziele aus SOLL/IDEAL festlegen	<ul style="list-style-type: none"> • aus den Aufgaben- und zielorientierten Vorgaben um dem Funktionen-Erfüllungsgrad abgeleitet (Ausgangszustand und Grobziele berücksichtigen)
	Kostenziele festlegen	<ul style="list-style-type: none"> • Detailziele aus SOLL-Kosten ableiten
	Beurteilungsbedingungen festlegen	<ul style="list-style-type: none"> • Wertanalyse Objekt • Wertanalyse Umfeldinformationen • Detailziele (Funktionen, Kosten)
	Zielsystem (Detailziele) darstellen	<ul style="list-style-type: none"> • Funktionen und Kostenziele • Beurteilungsbedingungen in Abhängigkeit von der Wertanalyse Aufgabe und den Wertanalyse Grobzielen darstellen • Zielsystem zusammenfassen • Wirkungen der Wertanalyse Arbeit auf die Organisation darstellen.
Ideen Lösungen entwickeln	Lösungsansätze entwickeln	<ul style="list-style-type: none"> • Auf Basis Zielsystem .
	Lösungsmöglichkeiten	

GRUNDSCHRITTE	TEILSCHRITTE	ARBEITSZIELE
	ausarbeiten	
Lösungs-Vorschläge entwickeln, auswählen	Lösungsmöglichkeiten beurteilen	<ul style="list-style-type: none"> • Erfüllungsgrad laut Zielsystem • Reihung nach Grad der Zielerfüllung und Risiko • Maßnahmen zur Absicherung formulieren
	Lösungsvorschläge darstellen, Dokumentation	
Lösung präsentieren, entscheiden	Lösung bestimmen	<ul style="list-style-type: none"> • Entscheidung durch Auftraggeber • Verantwortung für Umsetzung festlegen
	Lösungsverwirklichung planen	<ul style="list-style-type: none"> • Umsetzungsplan • Projektplan • Arbeitspakete • Maßnahmen
Lösung umsetzen	Lösung verwirklichen	<ul style="list-style-type: none"> • SOLL-/IST-Vergleich der Grob- und Detailziele • Abschlußbericht Wertanalyse Projekt erstellen.

Ergebnisse

In einer Studie an der TU Wien am Institut für IFM wurden, basierend auf die VDMA 24186, folgende Anlagenbereiche untersucht:

- Brandschutztechnische Geräte
- Elektrotechnische Geräte
- Gesetzliche Tätigkeiten
- Heizungstechnische Geräte und Anlagen
- Kältetechnische Anlagen
- Lufttechnische Geräte
- Mess-, Steuer- und Regelungstechnik
- Sanitärtechnische Geräte

Alle Tätigkeiten wurden in einer Datenbank erfasst und einzeln auf mögliche synergetische Ausführungen untersucht (siehe Abb. 3).

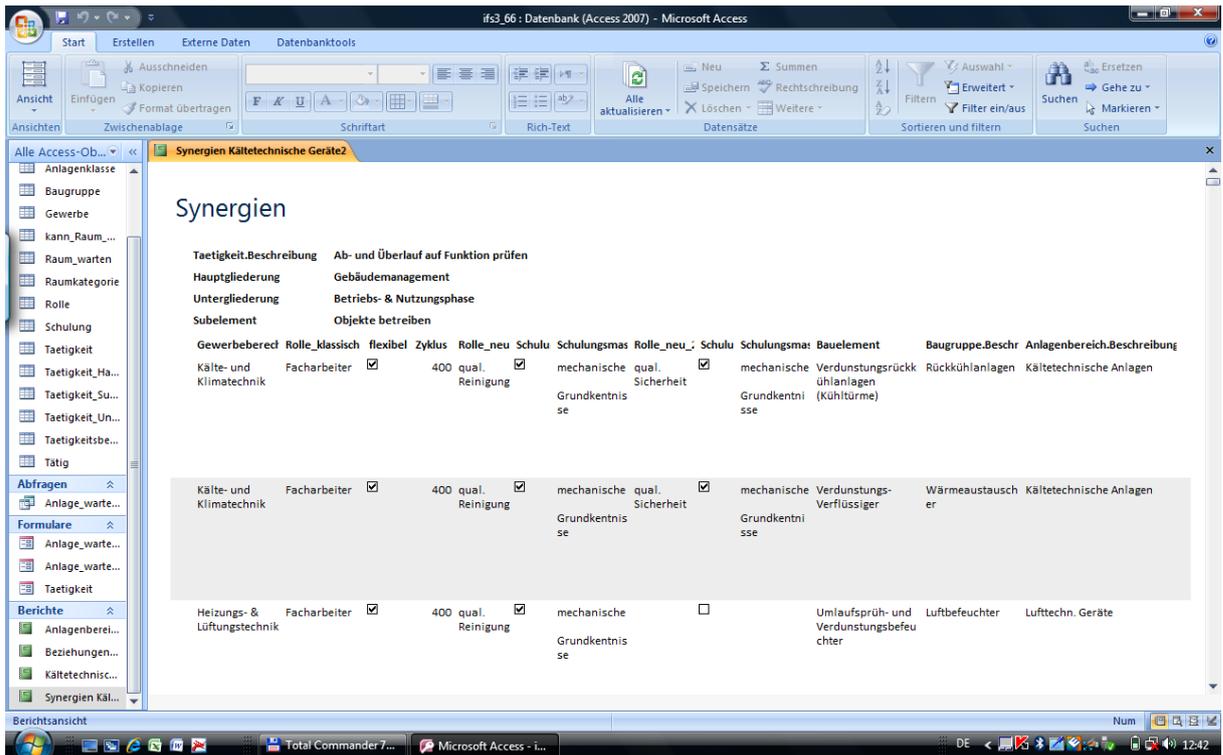


Abb. 3: Datenbankauswertung für synergetische Tätigkeiten

In Summe wurden über alle Anlagenbereiche 2187 Tätigkeiten auf ihre synergetische Erbringbarkeit untersucht. Dabei ergab die Analyse, dass 854 Tätigkeiten synergetisch ausgeführt werden können (siehe Abb. 4). Diese Ergebnisse wurden durch Experteninterviews validiert.



Abb. 4: Auswertung der synergetisch erbringbaren Tätigkeiten

Betrachtet man die einzelnen Gewerke, so sind in Abhängigkeit von der notwendigen Fachqualifikation des ausführenden Personals, unterschiedliche Synergie Potentiale erkennbar (siehe Abb. 5).

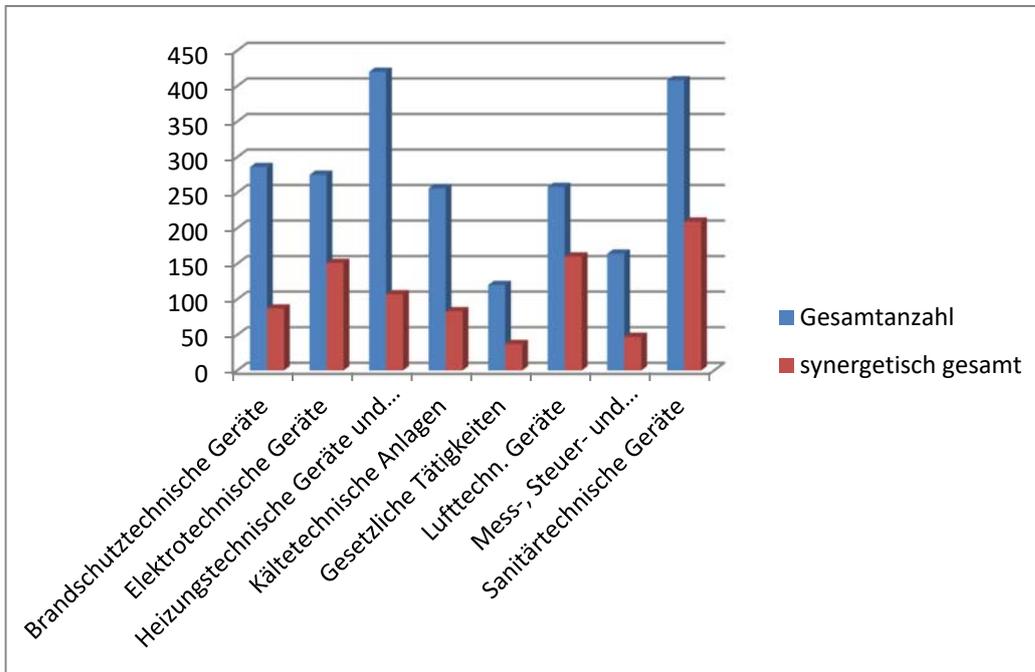


Abb. 5: synergetische Tätigkeiten je Gewerk

In einer Case Study an der TU Wien wurde die Realisierung von Synergien durch Integrated Facility Services validiert.

Bei dieser war die Ausgangssituation, dass die Reinigungsdienstleistungen des bestehenden Providers aus der täglichen Unterhaltsreinigung, Baureinigung und Sonderreinigung bestanden.

Durch die Sprachbarrieren war es eine Herausforderung, die Position der Reinigungskräfte durch Schulungen aufzuwerten, für die neuen Aufgaben zu qualifizieren und zu motivieren.

Reinigungskräften mit Vorkenntnissen und dem Willen zur Weiterbildung sollte so die Möglichkeit geboten werden, zum Advanced Cleaner aufzusteigen.

Aber es sollte auch ein neues Arbeitsbild entwickelt werden, jenes des Facility Service Operators – ein Mitarbeiter, welcher einen Multi-Tasking-Job (Hilfs-, Kontroll- und Reparaturtätigkeiten) durchführt.

Als erste Zusatztätigkeit wurde die Erfassung von Schäden und technischen Mängeln in den Räumen der TU aufgenommen. Für die Aufnahme wurde dem Reinigungspersonal ein

speziell entwickeltes Erfassungsformular zur Verfügung gestellt. Dieses ist mit dem Namen, der Raumnummer, dem Datum, dem technischen Mangel und der Ortsangabe (Stiege und Stock) zu versehen. Das Formular muss vollständig ausgefüllt sein, sodass keine weiteren Nachforschungen notwendig sind. Da Deutschkenntnisse beim Reinigungspersonal zum Teil nur sehr rudimentär vorhanden sind, wurde ein Formular mit Piktogrammen entwickelt und folgende Kontrollpunkte definiert:

1) Türen: Hier werden Mängel bzgl. Türschnalle, Türschloss, Schließblech, Zylinder, Türangel, Blenden und fehlender Türstopper eingetragen. Ist die Funktionalität eingeschränkt (wie durch Schleifen am Boden oder Quietschen) wird dies ebenfalls am Symbol Türe vermerkt.

2) Sessel

Hörsaal: Kontrolle nach Funktionalität, da in den meisten Fällen Klappsessel vorhanden sind.
Zeichensaal, Besprechungsraum: Kontrolle nach Funktionalität und spezielles Augenmerk auf Schutzkappen der Sesselbeine (Zerkratzen des Bodens)

Büro: Überprüfung der Funktionalität der Rollstuhl

3) Licht/Strom: Jede Art von defekten Beleuchtungsmitteln, defekte oder lockere Steckdosen, Schalter oder Telefon bzw. Datendosen werden hier erfasst.

4) Fenster/Spiegel: Funktionsstörungen von Fenstern bzw. Spiegeln jeglicher Art oder gebrochenes Spiegel- bzw. Fensterglas werden erfasst.

5) Boden: Wenn der Boden eine Grundreinigung benötigt oder eine Beschädigung aufweist, wird dies im Feld Boden eingetragen.

6) Sanitär/WC: Sämtliche Mängel im Sanitärbereich, wie zum Beispiel lockere Seifenspender, fehlende WC-Papierhalter, defekte Handtuchspender, lockere WC-Brillen oder verstopfte WC Anlagen werden eingezeichnet.

7) Sonderfälle: Dieses Feld ist für Mängelerfassungen bei sonstigen Fällen, wie zum Beispiel für Fußritze an der Wand, lockere Heizkörper, fehlende Feuerlöscher, Rutschgefahr oder „Nicht Einhalten des Rauchverbotes“ vorgesehen.

Das Einmelden von Mängeln erfolgt auch über ein Ticketsystem durch die Nutzer der Räumlichkeiten.

Die Behebung der durch die Erfassungsformulare und das Ticketsystem erfassten Mängel erfolgt, wie bereits erwähnt, durch Facility Service Operators. Diese Mängel wurden vor Beginn der Case Study durch externe Spezialisten mit höherem Stundensatz durchgeführt.

Weitere Tätigkeiten die durch den FSO durchgeführt werden sind beispielsweise die Betreuung von Außenanlagen und Grünflächen. Zu Beginn des Projektes wurde versucht, die Position des FSO durch Advanced Cleaner abzudecken, im Laufe des Projektes stellte sich jedoch heraus, dass Security Mitarbeiter in diesem Projekt besser geeignet sind diese Tätigkeiten zu verrichten.

Die Tätigkeiten eines FSO Mitarbeiters sind in Abb. 6 zu sehen.

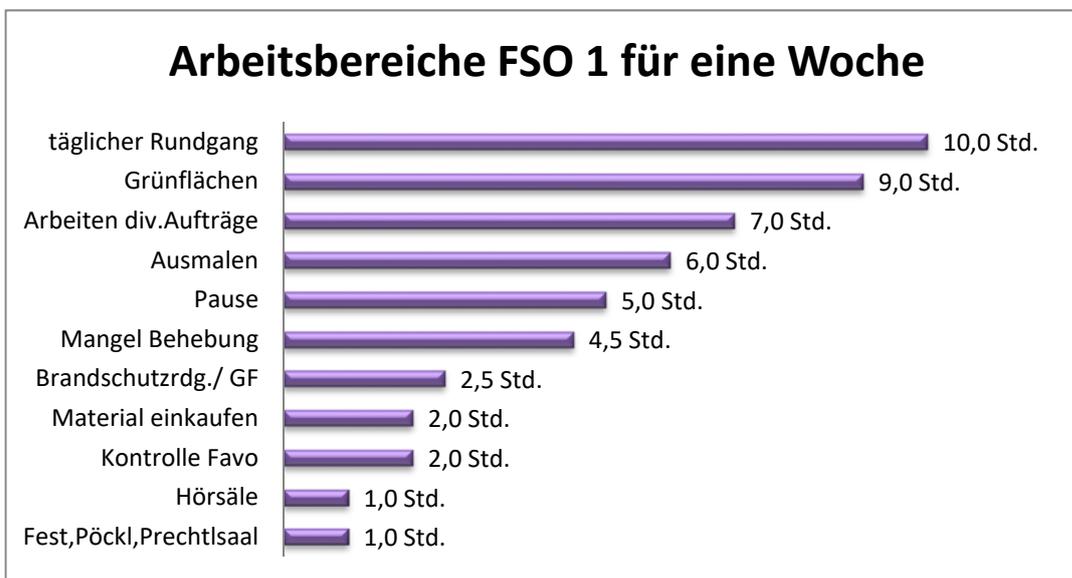


Abb. 6: Arbeitsbereich FSO

Als Mehrwert für den Kunden haben sich bei der Case Study folgende Punkte herausgestellt:

- **Schnelligkeit** – die Schäden bzw. Mängel werden systematisch ohne zusätzlichen Aufwand für Kunden bzw. Institute erfasst und so schnell behoben. Eine Behebung ist vor einer Beeinträchtigung möglich geworden.
- **Wegzeiten** - werden soweit wie möglich vermieden bzw. Schäden werden sofort bei Feststellung behoben
- **Integration Objektschutz** – der FSO kann im Zuge seiner Rundgänge auch Aufgaben der Bewachung durchführen (Zutrittskontrolle, Wegweisungen von unbefugten Personen, drogenspezifische Kontrollen insbesondere im Sanitärbereich etc.). Die Einsparung eines Bewachungsmitarbeiters wurde möglich.

Zusammenfassung

1. IFS ist Teil eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses von FM.
2. Die nutzbaren Synergien durch die Integration von Services sind vorhanden und vom Einsparungspotential her relevant
3. Die Synergien treten sowohl innerhalb der technischen Facility Services auf, verstärkt aber bei der Verknüpfung mit infrastrukturellen Services
4. Es ist notwendig, neue Mitarbeitertypen zu schaffen
5. Um die Synergien zu realisieren, ist ein umfassendes Schulungsprogramm von internen und externen Mitarbeitern erforderlich, wie beispielsweise die Schulung von mechanischen Grundkenntnissen oder die Ausbildung zum Brandschutzwart.
6. Zur Zeit werden diese Synergiepotentiale von den Service Providern in Österreich unzureichend genutzt
7. Es kommt durch die Nutzung von Synergien zu Kosteneinsparungen, aber auch zu einer Wertsteigerung durch Erhöhung von Servicelevels, Kundenorientierung, Mitarbeitermotivation, etc.

Man kann in diesem Zusammenhang von einer Abkehr vom Taylorismus im Facility Management sprechen, da neue Mitarbeiterrollen mit einer breiten Qualifikation erforderlich sind.

Literaturverzeichnis

- Akhlaghi, Fari, Mahoni. (1997): Service Integration and multiskilling in facilities management within the UK NHS. In: *Facilities Bradford*, March/April 1997, Vol 15, page 66
- Cordery, J. (1989): Multiskilling. In: *Personnel Review*, 1989, Vol. 18 No 3, Verlag: emerald
- Zechel, Peter (2000): *Facility Management in der Praxis*. Wien : expert Verlag
- ÖNORM A 6760 Wertanalyse – Management von Wertanalyse Projekte
- ÖNORM A 6766 Wertanalyse – Funktionen und Methodik der Wertanalyse Funktionenarbeit
- ÖNORM A7000 Vornorm Facility Management – Grundkonzepte
- VDMA 24186-0 ff Leistungsprogramm für die Wartung von technischen Anlagen und Ausrüstungen in Gebäuden
- TRVB N115 ff Technische Richtlinien Vorbeugender Brandschutz

Neue Wege im Benchmarking: Die statistische Analyse von Nebenkosten

Sebastian Keiler, Dipl.-Ing.(FH) David Steixner, Ing. Mag.(FH) Thomas Madritsch
FH Kufstein Tirol, Österreich

Abstract

Bewirtschaftungs- bzw. Betriebskosten stellen einen wesentlichen Kostenfaktor für Unternehmen dar. Die Optimierung dieses Kostenblocks ist daher immer mehr in den Fokus des Facility Managements gerückt. Ein zentrales Managementinstrument stellt hierbei Benchmarking dar, welches durch die vergleichende Kosten- und Prozessanalyse versucht Optimierungspotentiale aufzudecken und von den Besten zu lernen. Dieser Prozess gestaltet sich dabei aufgrund der starken Heterogenität von Objekten, sowie dem Fehlen von konsistentem Datenmaterial als schwierig. Ziel dieser Arbeit ist es, durch die Anwendung modernster statistischer Methoden eine tief greifende Analyse der Kosten durchzuführen um dadurch Zusammenhänge aufzudecken und zu quantifizieren. Weiters wird ein zweiter Lösungsansatz in Form von Benchmarking Plattformen aufgezeigt und diskutiert. Die Verwendung dieser Methoden ermöglicht erstmals den direkten Kostenvergleich zwischen Gebäuden und zeigt transparent die Haupteinflussfaktoren der einzelnen Kostenkategorien auf.

Keywords: Facility Management, Benchmarking, Kostenanalyse

Einleitung und Zieldefinition

Nach Löhnen und Gehältern stellen die Ausgaben für Gebäude und Infrastrukturen den zweitgrößten Kostenblock vieler Unternehmen dar (Finlay, 1998). Nach Cotts (Cotts, 1999) sind 25%-50% der bilanzierten Werte Grundstücks- oder Gebäudebezogen. Die derzeitige Entwicklung der Energiepreise zeigt klar die Notwendigkeit eines aktiven Kostenmanagements auf. Dabei ist es essentiell das eigene Portfolio genau zu kennen sowie die Stärken und Schwächen zu identifizieren. Ein wesentliches Mittel hierfür stellt Benchmarking dar. Mithilfe der systematischen Analyse der eigenen Objekte sowie dem Vergleich zu vergleichbaren Gebäuden ist es möglich den Status quo zu bewerten sowie suboptimale Lösungen zu identifizieren. Das Benchmarken von Immobilien ist dabei insbesondere aufgrund der starken Heterogenität der Objekte herausfordernd und oftmals nur schwer oder gar nicht möglich. Auch durch die nicht einheitliche Sammlung von Daten ist

häufig die Vergleichbarkeit zwischen Objekten nicht gegeben. Dies führt dazu, dass der klassische Benchmarking Ansatz nicht zufrieden stellende oder schlichtweg falsche Ergebnisse liefert und so einen Vergleich zwischen Objekten unmöglich macht.

Die vorliegende Arbeit gibt einen Überblick über die relevante Literatur zu diesem Thema, analysiert die skizzierte Problematik eingehend und schlägt zwei Methoden zur Verbesserung des klassischen Ansatzes vor. Die statistische Datenanalyse kann den Effekt einzelner Kostentreiber identifizieren und schafft Homogenität. Der plattformbasierte Benchmarking Ansatz ermöglicht einen aktiven Vergleich mit dem Marktumfeld sowie die Bewertung und Analyse des eigenen Portfolios. Methodisch zeigt dieses Paper zunächst eine Analyse des Benchmarking Ansatzes und deckt wesentliche Probleme auf. Zur Verbesserung der Problematik werden die oben erwähnten Ansätze diskutiert, wobei die statistische Datenanalyse anhand von empirischer Evidenz dargestellt wird.

Aktueller Stand der Literatur

Der Thematik dieser Arbeit folgend wird in diesem Kapitel speziell auf Immobilien Benchmarking eingegangen. Für eine detaillierte Diskussion von Anwendungen sowie bestehender Literatur zu diesem Themengebiet sei auf Yasin sowie Dattakumar und Yagadeesh verwiesen. (Dattakumar & Jagadeesh, 2003, Yasin, 2002). Während sich zahlreiche Publikationen mit dem Thema Benchmarking sowie dessen Anwendungen Beschäftigen, besteht nur sehr wenig Literatur zum Thema Immobilien Benchmarking. Als Standardwerk zu diesem Thema ist sicherlich ‚Immobilien-Benchmarking‘ zu nennen, welches eine umfassende Diskussion dieses Fachgebiets bietet. (Reisbeck & Schöne, 2006). Das Interesse an Marktdaten und Vergleichszahlen lässt sich allerdings klar durch den Erfolg verschiedenster Marktberichte zeigen. Hier ist besonders der Office Service Charges Analysis Report (Jones Lang Lasalle, 2000-2006) zu nennen, welcher in den vergangenen Jahren wertvolle Einblicke in Kostenstrukturen von Büroimmobilien bot. Zu erwähnen sind hier allerdings auch unter anderen der Key Report Office (ATIS Real Müller Facility Management, 2003-2007) aber auch der IFMA Benchmarking Report (Rotermund & Erba, 2003-2006). Während oben genannte Studien pragmatische Methoden einsetzen, gibt es verschiedene Beispiele für neuere Ansätze. Dabei reichen die Anfänge bereits Jahrzehnte zurück. Als Beispiel sei hier Irving H. Plotkin angeführt (Plotkin, 1969). Häufig wird in diesem Zusammenhang auch auf die Werke von Christian Stoy Bezug genommen (Stoy, 2007). Weitere Ansätze werden beispielsweise von Quddus et al. (Quddus, Graham, & Harris,

2007) und anderen vertreten. Als methodisch am weitesten entwickelte Studie ist in diesem Zusammenhang sicherlich Brunauer et al. zu nennen, in der sowohl parametrische als auch semi-parametrische Ansätze verwendet werden. (Brunauer, Steixner, & Lang, 2007)

Problembeschreibung

Die Analysephase des klassischen Benchmarking Konzepts baut darauf auf aus vorhandenen Datensätzen Kennzahlen abzuleiten. Meist werden dafür Verteilungskennwerte wie Momente oder Mediane berechnet und zum Vergleich herangezogen. Diese Methode bringt mehrere Problembereiche mit sich, welche im vorangegangenen Kapitel thematisiert wurden.

Um diese Analyse einfacher zu gestalten gehen wir vom Beispiel der Kennzahl Heizkosten pro Quadratmeter aus. Abb. 1 veranschaulicht den soeben beschriebenen Vorgang. Die Abszisse zeigt das Alter des Gebäudes, auf der Ordinate sind die Kosten in Euro pro Quadratmeter aufgetragen. Das oben beschriebene System wird durch die gestrichelte Linie dargestellt, welche den Mittelwert der fiktiven Beobachtungen darstellt. Hier entsteht das Problem, dass offensichtlich die Heizkosten mit dem Alter ansteigen. Daher ist es notwendig die Analyse in Cluster zu unterteilen und mehrere Kennwerte für verschiedene Altersgruppen zu berechnen. Dieser Vorgang wird durch die Treppenfunktion dargestellt, welche die Mittelwerte für verschieden alte Gebäude zeigt. Durch diese Annäherung können genauere Aussagen über Kostenverläufe getroffen werden.

Es ist aber möglich, dass das vorliegende Sample sehr viele Gebäude mit einer niedrigeren Objektqualität und mit hohem Alter aufweist, bzw. sehr viele Objekte mit einer hohen Qualität mit geringem Alter. Wir gehen in diesem Fall davon aus, dass die Objektqualität auch die Wärmedämmung des Gebäudes einschließt. Dieser Effekt vermischt sich in dieser Darstellung mit dem Effekt des Alters. Somit werden die Auswirkungen von Objektattributen systematisch verzerrt dargestellt.

Es ist also nicht ohne weiteres möglich ein Objekt mit einem anderen Objekt zu vergleichen, da davon auszugehen ist, dass die Attribute der beiden Objekte verschieden sind und die Effekte sich so überlagern, dass keine Vergleichbarkeit gegeben ist. Durch die oben beschriebenen Problematiken ist es darüber hinaus auch nur eingeschränkt möglich Gebäude

mit herkömmlich errechneten Benchmarkdaten zu vergleichen. Die Problematik wird in der Literatur häufig unter dem Schlagwort ‚Äpfel mit Äpfeln‘ vergleichen zusammengefasst. (Reisbeck & Schöne, 2006)

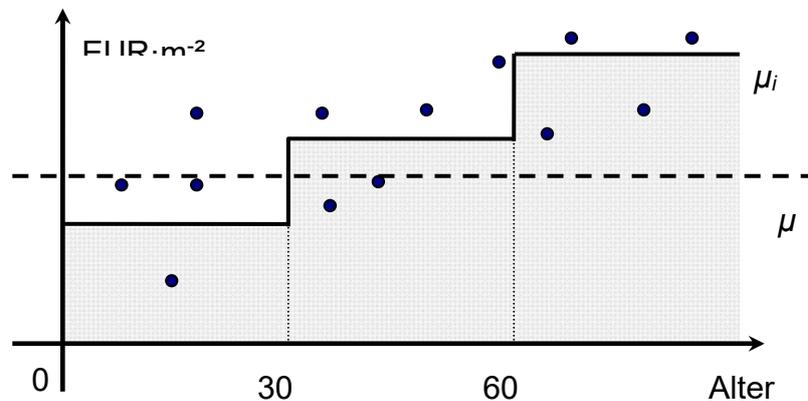


Abb. 1: Graphische Darstellung von Kennzahlen

Der soeben beschriebene Sachverhalt wird durch die Regressionsanalyse von Daten in dreierlei Hinsicht entscheidend verbessert:

1. Die Regressionsanalyse erlaubt eine bessere Annäherung an tatsächliche Kostenverläufe bei stetigen Kategorien. Insbesondere semiparametrische Modelle zeigen hier sehr gute Annäherungen.
2. Durch die Regressionsanalyse werden die Daten von Seiteneffekten bereinigt. Es kann jedes Attribut einzeln betrachtet werden. Durch diese Analyse werden so genannte *ceteris paribus* Betrachtungen möglich.
3. Die Regressionsanalyse ermöglicht den direkten Vergleich von Objekten durch eine *künstliche* Nivellierung.

Die statistische Analyse von Datensätzen sollte dabei stets einem bestimmten Muster folgen, welches im folgenden Abschnitt dargelegt wird.

Methodologie

Generell versucht die statistische Datenanalyse aus einer Stichprobe auf eine Grundgesamtheit zu schließen. Dabei ist es zunächst notwendig eine theoretische Grundlage für die zugrunde liegenden Prozesse zu finden und diese mathematisch zu spezifizieren. Die Schätzung erfolgt anschließend anhand verschiedenster Verfahren. Dieser Teil zeigt diesen Ablauf einer statistischen Analyse. Dabei wird zunächst nur die theoretische Abfolge erläutert.

Hypothesenfindung

Die Hypothesenfindung erfolgt auf Basis von theoretischen Überlegungen. Es wird versucht für die zu erklärenden Variablen Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zu finden und diese in einem ökonomischen Modell abzubilden. Im Folgenden erfolgt die mathematische Modellierung dieser Zusammenhänge. Dabei wird die zu erklärende, abhängige Variable als Funktion einer unabhängigen Variable plus eines, im System nicht erklärten, Residualwerts u_i angeschrieben:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + u_i \quad (1)$$

Ziel ist es also diejenigen Parameter zu finden, welche diesen unterklärten Rest minimieren. Dieses Modell kann mit verschiedensten Schätzverfahren geschätzt werden. Je nach Verfahren müssen die Daten vorher noch transformiert werden.

Statistische Verfahren

Die Schätzung des in der vorhergehenden Phase erstellten Modells erfolgt mit so genannten Schätzverfahren. Es handelt sich dabei um verschiedene mathematische Optimierungsalgorithmen, mit denen Versucht wird den Zusammenhang zwischen abhängigen und unabhängigen Variablen abzubilden. Eine sehr alte, aber sehr häufig angewendete Methode, ist die der kleinsten Fehlerquadrate, häufig abgekürzt mit OLS.¹ Dabei wird versucht die Quadrate der Fehler eines Modells zu minimieren. Diese Optimierungsaufgabe lautet beim obigen Modell:

¹ Vom englischen Ordinary Least Squares

$$\min \sum_{i=1}^n (u_i)^2 = \min_{\beta_0, \beta_1} \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 - \beta_1 \cdot x_i)^2 \quad (2)$$

Diese Methode geht zurück auf Adrien Marie Legendre (1752 – 1833) mit Beiträgen von Carl Friedrich Gauss (1777 – 1855). Die Minimierung der Fehlerquadrate bringt Schätzungen (b_1 , b_2) für den wahren Zusammenhang in der Grundgesamtheit. Es kann gezeigt werden, dass OLS unter bestimmten Annahmen (den sog. Gauss-Markov Annahmen) Erwartungstreue und konsistente Ergebnisse liefert sowie die kleinste Varianz in der Klasse aller Schätzer besitzt. (Wooldridge, 2006).

Interpretation

Die Interpretation der Koeffizienten der Schätzung ist abhängig von der gewählten Funktionalen Form und soll hier nicht näher behandelt werden. Grundsätzlich kontrolliert die Regressionsanalyse allerdings die Effekte der einzelnen Variablen. Das heißt der Effekt der einzelnen Variablen wird abgegrenzt und ermöglicht eine so genannte *ceteris paribus* Betrachtung. Somit können Aussagen getroffen werden, um wie viel Einheiten die abhängige Variable steigt, wenn eine unabhängige um eine Einheit verändert wird und *alle anderen konstant* gehalten werden. Der unmittelbare Vorteil daraus ist die objektive Vergleichbarkeit von Effekten und daraus resultierend auch Objekten. (Wooldridge, 2006)

Beispiel

Das erläuterte Konzept wird in diesem Kapitel anhand eines Beispiels dargestellt. Zunächst soll eine deskriptive Analyse der verwendeten Daten erfolgen. Anschließend wird für eine Kostenkategorie ein Regressionsmodell erstellt und geschätzt.

Der Datensatz

Der zugrunde liegende Datensatz entstammt dem CREIS Datenpool und umfasst rund 1500 Büroobjekte für die Jahre 2000 bis 2005. Es handelt sich dabei um Querschnittsdaten für zehn verschiedene Betriebskostenarten, welche von 24 deutschen Firmen zur Verfügung gestellt wurden. Die Objekte sind dabei auf 94 verschiedene Städte aufgeteilt. Da die Daten basierend auf Normen und Standards (DIN 277, DIN 18960) gesammelt wurden, ist sichergestellt, dass

die Kosten vergleichbar sind. Zusätzlich zu den zehn Hauptkategorien der Betriebskosten, welche in mehr als 30 Unterkategorien aufgeteilt sind, enthält der Datensatz Gebäudeattribute, welche in dieser Untersuchung als unabhängige Variablen dienen. Die nachfolgende Analyse konzentriert sich dabei auf die Stromkosten pro Quadratmeter, deren wesentliche Kennwerte in Tab. 1 dargestellt sind.

Tab. 1: Kennwerte der Kostenklasse Strom

Variable	Beschreibung	Obs.	Median	Mittelw.	Stabw.	Min.	Max.
elect_psqm	Stromkosten nominell pro m ²	1435	2.06	3.24	3.88	0.00	49.66
electr_psqm	Stromkosten reale Preise·m ²	1435	1.70	2.60	2.94	0.00	33.51

Bereits diese Darstellung gibt Hinweise auf die starke Streuung der Stromkosten pro Quadratmeter und Jahr. Weiters zeigt eine genauere Untersuchung der Stromkosten, dass diese im Betrachtungszeitraum um rund 50 % gestiegen sind. Um eine objektive Betrachtung über den gesamten Erhebungszeitraum zu garantieren, war es notwendig die Preise um die Inflation zu bereinigen und so reale Preise zu erhalten. Im Folgenden werden diese Preise mit dem Suffix *r* bezeichnet.

Die Stromkosten beinhalten in der Definition von CREIS sowohl Kosten für die Beleuchtung, als auch Kosten für Klimatisierung sowie die Miete für Zähleinrichtungen und andere notwendige Geräte. Die hier getroffene Definition impliziert bereits eine sehr große Streuung der Betriebskosten, welche auch in Abb. 3 deutlich wird. Es erscheint hier angebracht erneut auf die Problematik der unkontrollierten Nebeneffekte hinzuweisen, welche einen direkten Vergleich von Betriebskosten erschwert.

Zur besseren Lesbarkeit sind im Folgenden alle Grafiken bei 13 EUR·m⁻² zensiert.

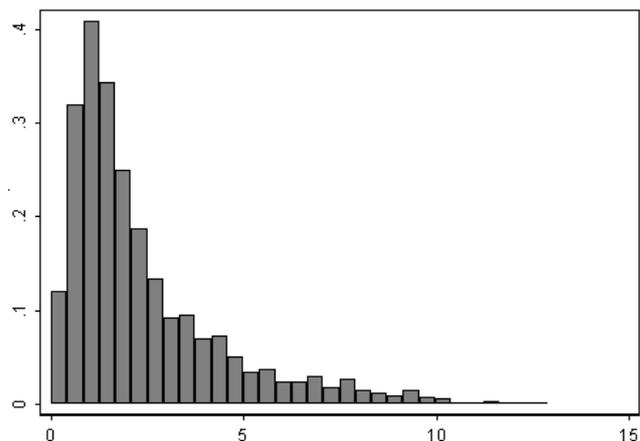


Abb. 2: Verteilung der Stromkosten (zenziert ab 13 EUR·m², n=1419)

Eine weiterführende, bivariate Analyse offenbart weitere Zusammenhänge. So wird der starke Einfluss des Klimastromes durch Abb. 3 (links) veranschaulicht. Die Darstellung gibt nicht nur Hinweise auf den Ursprung der großen Bandbreite an Kosten, sondern gibt durch die große Spanne an Kosten bereits Hinweise auf Verbesserungspotential.

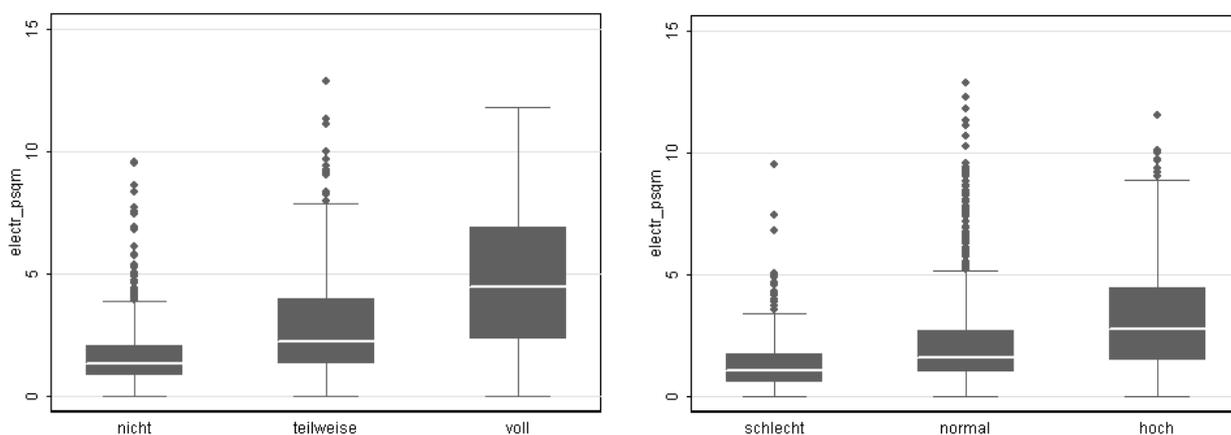


Abb. 3: Verteilung der Stromkosten nach Klimaanlage (zenziert ab 13 EUR·m², n=1419) links, Verteilung der Stromkosten nach Qualität (zenziert ab 13 EUR·m², n=1419), rechts

Weiters gibt die Datenbank Aufschluss über die Qualität des Gebäudes. Je nach Ausstattung und Konstruktion wird das jeweilige Objekt in eine von drei Qualitätsstufen eingeteilt. Da dieser Kriterienkatalog auch energietechnisch interessante Bereiche, wie etwa die Beleuchtungsart umfasst, ist es naheliegend, dass auch hier eine Beziehung zwischen Höhe der Kosten und der Gebäudeausstattung besteht. Aufschluss über diesen Zusammenhang gibt Abb. 3 (rechts).

Erneut fallen die Bandbreite der Kosten sowie die unterschiedlichen Höhen je nach Qualität auf. Gerade hier zeigt sich allerdings wieder die bereits zuvor dargelegte Problematik. Da es wahrscheinlicher ist, dass qualitativ höherwertige Häuser auch klimatisiert sind, ist es möglich, dass hier der Effekt der Klimatisierung den Effekt der Qualität überlagert. Dies lässt keine genauen Aussagen über die tatsächliche Kostenstruktur zu. Auch die Betrachtung des Alters der Objekte lässt interessante Rückschlüsse auf die Struktur des untersuchten Datensatzes zu. Eine erste graphische Analyse gab bereits Hinweise auf potentielle Zusammenhänge und Kostentreiber. Im nächsten Schritt soll eine theoretisch fundierte Modellierung vorgenommen und diese dargestellt. Einen Überblick über weitere Objektattribute des Datensatzes gibt Tab. A1 im Anhang.

Hypothesenfindung

Der Energieverbrauch eines Gebäudes ist stark abhängig von der Ausstattung sowie dem Nutzerverhalten. Aus der Literatur bzw. der Analyse von entsprechenden Standards ergeben sich weitere Einflussfaktoren wie etwa die geographischen Lage, die Art und Intensität der Nutzung etc. (Stoy, 2005)

Wir vermuten also, dass die Kosten abhängig sind von der Nettogeschoßfläche, der Anzahl der Stockwerke, der Qualität des Objekts und vom Vorhandensein eines Aufzugs bzw. einer Garage. Weiters scheint es a priori wahrscheinlich, dass qualitativ höherwertige Objekte einen höheren Stromverbrauch aufweisen. Ein ähnlicher Effekt sollte auch für klimatisierte Objekte zutreffen. Ebenfalls erhöhend sollte sich das Vorhandensein einer Garage bzw. eines Aufzugs auf die Stromkosten pro Quadratmeter auswirken. Als schwierig stellt sich die Abschätzung des Effektes der Gebäudegröße heraus (Nettogeschoßfläche sowie Geschoße). Hier sprechen *Economies of Scale* für ein negatives Vorzeichen, allerdings scheint auch ein positives Vorzeichen aufgrund der größeren Infrastruktur plausibel. Eine ähnliche Situation stellt sich in Bezug auf das Gebäudealter dar. Einerseits ist die technische Ausstattung älterer Gebäude mit hoher Wahrscheinlichkeit schlechter, allerdings liegen keine Daten über die Nachrüstung der Gebäude vor. Somit ist es möglich, dass alte Gebäude durch ihre moderne Infrastruktur sehr wohl über einen erhöhten Stromverbrauch verfügen. Tab. 3 gibt eine Übersicht der beschriebenen Variablen sowie deren antizipierte Auswirkungen.

Tab. 2: Verwendete Variablen sowie deren Effekt auf die Kosten

Abhängige Variable	Unabhängige Variablen und vermutetes Vorzeichen							
	<i>NGF/Stock Werke</i>	<i>Garage</i>	<i>Qualität</i>	<i>Klimatisier ung</i>	<i>Aufzug</i>	<i>Alter</i>	<i>zeitlich</i>	<i>räumlich</i>
Strom_pqm	-/+	+	+/-	+	-/+	+/-	?	?/0

Weiters soll im Regressionsmodell eine Kontrolle der zeitlichen Kostenverläufe erfolgen. Hierfür werden in der Funktion Variablen für das Erfassungsjahr eingefügt. Einen ähnlichen Ansatz verfolgt die Einführung von Kontrollvariablen für räumliche Effekte, bei denen jedes Objekt einem von sieben Immobilienclustern zugeordnet wird um Einflüsse von Ballungsräumen aufzudecken.

$$\log(\text{strom_pqm}) = \text{NGF} \cdot \mathbf{b}_1 + \text{stockwerke} \cdot \mathbf{b}_2 + \text{qualitaet} \cdot \mathbf{b}_3 + \text{klimatisierung} \cdot \mathbf{b}_4 + \text{jahr} \cdot \mathbf{b}_5 + \text{cluster} \cdot \mathbf{b}_6 + \mathbf{u} \quad (3)$$

Hier stellen **strom_pqm**, **NGF**, **stockwerke** ($N \times 1$) Vektoren mit stetigen Variablen für das jeweilige Gebäudeattribut dar. Die Matrizen **qualitaet**, **klimatisierung**, **jahr**, sowie **cluster** sind ($N \times K$) Matrizen aus binären Variablen zur Kontrolle der jeweiligen Eigenschaften bin den jeweiligen ($N \times 1$) Koeffizientenvektoren \mathbf{b}_k . Der ($N \times 1$) Vektor **u** stellt den üblichen $u \sim \text{iid } N(0, \sigma^2)$ Residualvektor dar.

Ergebnisse

Das obige Grundmodell wurde, wie bereits einleitend diskutiert, erweitert und durch verschiedene Schätzverfahren, wie etwa Seemingly Unrelated Regression Estimators, semiparametrische Additive Modelle, ergänzt. Die hier diskutierten Ergebnisse beziehen sich auf die parametrische Modellspezifizierung in der Form eines Einzelgleichungsmodells. Es folgt die schrittweise Diskussion der Ergebnisse. Eine Darstellung des Regressionsoutputs findet sich im Anhang A2 dieses Papers.

Objektgröße: Hier zeigt sich ein einheitliches Bild. Beide Variablen sind (hoch) signifikant sowie positiv. Es zeigt sich klar, dass die Energiekosten wesentlich stärker von der Anzahl der Stockwerke als von der Nettogeschossfläche abhängen.

Qualität: Die Objektqualität hat einen starken, positiven Einfluss auf die Stromkosten pro Quadratmeter. Die zusätzliche Ausstattung qualitativ höherwertiger Objekte scheint einen signifikanten und wesentlichen Effekt auf die Kosten zu haben. Bemerkenswert ist allerdings hier sicherlich das Ausmaß des Effekts.

Klimatisierung: Die Analyse zeigt klar, dass die Klimatisierung einen starken Einfluss hat. Dies ist zunächst kaum überraschend. Vollklimatisierte Objekte haben um rund 50 % höhere Stromkosten, teilklimatisierte weisen immerhin 25 % höhere Kosten auf.

Alter: Interessanterweise zeigt das Alter keinen signifikanten Effekt. Dies kann mag darauf zurück zu führen sein, dass zahlreiche Objekte bereits mit modernen Anlagen nachgerüstet wurden.

Weitere Effekte: Gebäude mit Garage bzw. mit Aufzug zeigen keinen signifikant höheren Stromverbrauch. Ein ähnliches Bild zeigt sich für die geographischen Regionen, welche in diesem Sample ebenfalls nicht relevant zu sein scheinen.

Sehr interessante Ergebnisse zeigt allerdings die Betrachtung der zeitlichen Effekte. Durch die Berechnung von realen Preisen kann direkt auf Verbrauchsveränderungen geschlossen werden. Koeffizienten zeigen damit die Veränderung über die Zeit an. Hier zeigt sich eine sehr starke Korrelation zwischen Energieverbrauch und Inflation. (Abb. 5) Dies zeigt:

1. Firmen haben ein massives Verbesserungspotential und haben es in der Vergangenheit auch genutzt.
2. Die Preiselastizität von Strom ist bemerkenswert hoch. Der Rückgang des Energieverbrauchs entspricht fast dem Anstieg der Energiekosten.

Diese beeindruckende Demonstration von genutztem Energieeinsparungspotential zeigt erneut die Notwendigkeit von Benchmarking. Abb. 4 zeigt die Inflation sowie die von uns errechneten Energieeinsparungen.

Fazit

Durch die Verwendung von Regressionsmethoden können einige Problematiken umgangen werden. So ist es beispielsweise möglich Aussagen über einzelne Einflussfaktoren zu machen, ohne, dass deren Effekte durch andere Einflüsse verdeckt werden. Weiters ist es möglich die Kennzahlen direkt zu vergleichen. Die so künstlich hergestellte Homogenität der Attribute ermöglicht erst den sicheren Vergleich zwischen Objekten. Ein weiterer positiver Effekt ist

die Möglichkeit direkt anhand der gewonnenen Parameter Kostenprognosen zu erstellen und so Entscheidungsprozesse aktiv zu unterstützen.

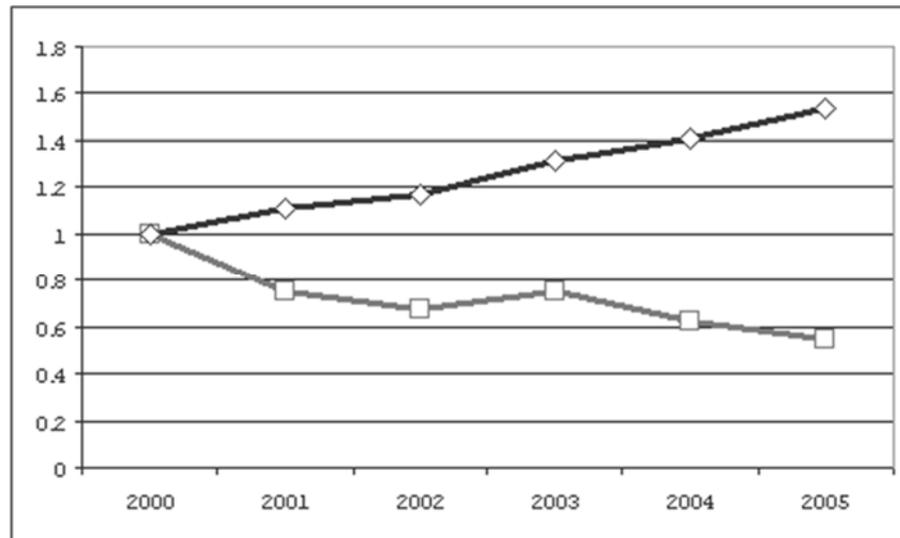


Abb. 4: Anteil an den Gesamtkosten aller zwölf Hauptkostenarten (n=1578)
(Quelle: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie Eigene Darstellung)

Die Verwendung von Regressionsmethoden umgeht somit die Problematik des klassischen Benchmarking Ansatzes und erweitert das Anwendungsspektrum um entscheidungsunterstützende Aspekte. Ein ebenso wichtiger, wenn auch methodisch konträrer, Ansatz ist die eingangs erwähnte Schaffung von Benchmarking Plattformen, welche im folgenden Kapitel besprochen werden sollen.

Benchmarking Plattformen

Wie bereits diskutiert werden bestehende Benchmarking Ansätze vor die Problematik von äußerst heterogenen Objekten gestellt was einen Vergleich erschwert bzw. Ergebnisse sogar so stark beeinflussen kann, dass diese unbrauchbar sind. Eine Diskussion dieser Problematik sowie die Vorstellung eines Lösungsansatzes erfolgten im vorangehenden Abschnitt. Der nun folgende Abschnitt greift diese Problematik erneut auf, zeigt aber einen völlig anderen Ansatz. Es ist also für ein Unternehmen von essentieller Bedeutung Überblick über das eigene Portfolio zu haben und Schwachstellen sowie Potentiale zu kennen. Dabei erlauben moderne Netzwerktechnologien einen Vergleich mit Partnern und Konkurrenten in Echtzeit. Dieser Ansatz wird durch Benchmarking Plattformen aufgegriffen, welche durch die Datenbankgestützte Erfassung von Betriebskosten ein Unternehmensübergreifendes Benchmarking ermöglichen und Fördern. Das netzwerkbasierte Benchmarking stellt eine zentrale Entwicklungsstufe des Benchmarkings dar (vgl. Kyrö, 2003). Diesen Ansatz greift

das Immobilien Benchmarking Projekt der FH KufsteinTirol auf. Es handelt sich hierbei um eine Immobilien Benchmarking Datenbank in die jeder Kunde Daten eingeben und diese dann mit den, in der Datenbank vorhandenen, anonymisierten Daten, benchmarken kann.

Es ist somit erstmals möglich jederzeit und tagesaktuell Objekte zu benchmarken sowie einen Überblick über den aktuellen Marktstand zu erhalten. Die Software ermöglicht nicht nur die graphische sowie kennzahlenbasierte Auswertung von Strukturen sondern ermöglicht auch die Errechnung von Einsparungspotentialen. Die gewonnenen Daten werden übersichtlich präsentiert und leisten somit auch einen wertvollen Beitrag zur Dokumentation. Da dieses Konzept mit den oben diskutierten Problemstellungen ebenfalls konfrontiert ist, war es notwendig ein umfassendes Datenkonzept zu erarbeiten, welches eine genaue Kategorisierung sowie Clusterung der einzelnen Objekte zulässt. Dabei ist es insbesondere essentiell, dass gewonnene Daten vergleichbar und konsistent sind. Hierfür wurde ein einzigartiges Datenkonzept geschaffen, welches den dargestellten Problemen wie folgt begegnet:

1. Alle Daten werden auf Basis von Normen und Standards gesammelt und definiert. Dies garantiert eine praxistaugliche sowie konsistente Datensammlung
2. Alle Daten werden automatisch auf deren Plausibilität überprüft. Als Grundlage dienen Erfahrungswerte vergleichbaren Objekten.
3. Durch die Kategorisierung nach sog. ‚Metamerkmale‘ wird sichergestellt, dass nur vergleichbare Objekte für Benchmarks herangezogen werden.

Vor allem der letzte Punkt gewährleistet dabei die Möglichkeit des verzerrungsfreien Vergleichs zwischen Objekten. Im Speziellen wurde ein System der dreidimensionalen Datenklassifizierung erarbeitet, welches Objekte entsprechend ihrer Nutzung, sowie des Gebäudetyps einteilt. Die dritte Dimension bildet die ‚Sichtweise‘ des Users. Hier wird zwischen den Sichtweisen Investor, Mieter und Betreiber unterschieden, was nachhaltige Änderungen in Kennzahlenstruktur sowie Datenanforderungen nach sich zieht. Diese Vorgehensweise sichert die Vergleichbarkeit zwischen Objekten und ist damit unabdingbar zur Errechnung von Verzerrungsfreien Kennzahlen. Die Verwendung dieser Metamerkmale zieht ein hochkomplexes Datenmodell nach sich, welches es jedoch ermöglicht für jede Kombination von Attributen eine dynamische Datenverarbeitung zu implementieren. Den grundsätzlich verschiedenen Datenanforderungen der einzelnen Kunden in der jeweiligen Metaebene Rechnung tragend, wird diese Diversifizierung verpflichtend vorgenommen. Für jede dieser Zusammensetzungen ist es möglich einen Clusterbasierten Objektvergleich zu erstellen. Diese Ebene ist Benutzergesteuert und ermöglicht die Definition von Objektmerkmalen, welche zu homogenen Untermengen von Objekten mit verwandten

Merkmalsstrukturen führt. Es ist somit möglich beispielsweise das Vergleichssample nur auf Objekte in bestimmten Regionen oder mit bestimmten Attributen einzugrenzen. Durch die ergonomische und intuitive Aufbereitung der Daten im Rahmen des IBI Cockpits ist es möglich schnell und einfach Überblick über die aktuellen Kennzahlen zu erhalten. Die Analyse des Immobilienbestandes ist sowohl auf Portfolioebene als auch in den oben definierten Clustern möglich. Dies ermöglicht eine detaillierte Analyse von Kostenkategorien bzw. Gebäudeattributen.

Die beschriebene Troika von Maßnahmen gewährleistet ein statistisch relevantes unverzerrtes Benchmarking und ist unerlässlich für jede Untersuchung. Darüber hinaus ist es möglich stets Marktentwicklungen zu verfolgen und zu antizipieren.

Restriktionen

Beide Lösungsansätze unterliegen Restriktionen, welche hier kurz dargestellt werden sollen. Der Plattformbasierte Benchmarking Ansatz hängt klar von den zugrunde liegenden Daten ab. Sind die bereitgestellten Daten fehlerhaft oder inkonsistent, so werden die Ergebnisse systematisch verzerrt sein. Auch, die in Abschn. 3 dargestellten, Restriktionen kommen hier teilweise zum tragen. Die Regressionsanalyse hingegen ist, abgesehen vom eben geschilderten Datenproblem unter den oben erwähnten Gauss-Markov-Annahmen (Wooldridge 2006) zwar erwartungstreu und effizient. Sie kann aber bei Verletzung dieser Annahmen, je nach Art und Schwere des Datenproblems, verschiedenen Problematiken unterliegen. Hier seien zB Multikollinearität, Heteroskedastizität etc. genannt, welchen auf verschiedenste Art und Weise begegnet werden kann. (vgl. Greene 2002)

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit zeigt die Schwächen des herkömmlichen Benchmarking Ansatzes auf. Dabei wurde die Notwendigkeit von zuverlässigen und unverzerrten Kennzahlen betont. Einzelne Phasen des Benchmarking Prozesses zeigen klare Mängel. Speziell hervorzuheben sind die Datensammlung sowie die Berechnung der Kennzahlen. Diese sind von hoher Relevanz, da durch eine unzureichende Vergleichbarkeit bzw. unrichtige Kennzahlen nicht nur Verbesserungspotentiale nicht aufgezeigt werden können sondern auch falsche Entscheidungen begünstigt werden.

Als Lösungsansatz werden zwei Konzepte dargestellt: Die statistische Analyse von Daten sowie das plattformbasierte Benchmarking Konzept. Während ersteres die Berechnung von

einzelnen qualitätsbereinigten Kennzahlen sicherstellt sowie die Identifikation von Kostentreibern möglich macht, ermöglicht das plattformbasierte Benchmarking den direkten Marktvergleich mit dynamischen Clustern. Diese einzigartige metadatenbasierte Darstellungsform gewährleistet die direkte Vergleichbarkeit zwischen Objekten und gewährleistet somit ein verzerrungsfreies sowie dynamisches Benchmarkingtool, welches durch die dynamische Umsetzung sowie die vielschichtige Clusterung als wesentliches Instrument zur Dokumentation sowie Erforschung von Potentialen in einem Unternehmen dient.

Benchmarking bietet zahlreiche Vorteile, die von dem aufzeigen der mehrmals angesprochenen Verbesserungspotentiale bis hin zur Analyse des Marktumfeld reichen. Damit bietet Benchmarking Unterstützung für Entscheidungsprozesse und hilft das eigene Portfolio zu analysieren und zu optimieren. Umso wichtiger ist es, dass dieses Mittel verlässliche Informationen liefert. Die beiden vorgestellten Methoden leisten hier einen wesentlichen Beitrag. Weitere Betätigungsfelder in diesem Zusammenhang ist die Implementierung eines Benchmarkingkonzeptes im Rahmen einer Lebenszyklusbetrachtung. Weiters ist es von großem Interesse Interaktionen zwischen Betriebskosten und Marktpreisentwicklung zu untersuchen. Beide Betätigungsfelder bedürfen eingehender Untersuchung in Zukunft.

Literaturverzeichnis

- Andersen, B., & Pettersen, P.-G. (1996). *The benchmarking handbook: Step-by-step instructions*.
- ATIS Real Müller Facility Management (2003-2007). *Key-Report Office*.
- Bogenberger, S., & Reisbeck, T. (2006). Elemente und Bausteine eines Immobilien-Benchmarkings. In T. Reisbeck & L. B. Schöne (Eds.). *Immobilien-Benchmarking. Ziele, Nutzen, Methoden und Praxis* (pp. 53–85). Springer Berlin.
- Brunauer, W. A., Steixner, D., & Lang, S. (2007). The determinants of heating and maintenance costs: An empiric survey. *ERES Annual Conference Abstracts: European Real Estate Society*.
- Codling, S. (1995). *Best practice benchmarking: A management guide* (2. rev. ed.). Aldershot: Gower.
- Dattakumar, R., & Jagadeesh, R. (2003): A review of literature on benchmarking. *Benchmarking: An International journal*, 10(3), 176–209.

- Downs, A., & Bradbury, K. L. (1984): *Energy Costs, urban development, and housing*. Washington: Brookings Institution.
- Fahrmeir, L., Lang, S., & Kneib, T. (2007): *Regression: Modelle, Methoden, Anwendungen*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Finlay, D. (1998), "A commercial approach", *Premises & Facilities Management*, Vol. 4 No. 1, pp. 25.
- Francis, G., & Holloway, J. (2007): What have we learned? Themes from the literature on best practice benchmarking. *International Journal of Management Reviews*, 9(3), 171–189.
- Greene, W. H. (2002): *Econometric Analysis*, 5. Auflage, Prentice Hall
- Jones Lang Lasalle (2000-2006): *OSCAR Office Service Charge Analysis Report*.
- Kyrö, P. (2003): Revising the concepts and forms of benchmarking. *Benchmarking: An International journal*, 10(3), 210–225.
- Plotkin, I. H. (1969): The Determinants of Commercial-Bank Operating Costs: An Econometric Analysis of Activities and Services. *The Journal of Finance*, 24(5), 967–968.
- Quddus, M., Graham, D. J., & Harris, N. (2007): Metro Station Operating Costs: An Econometric Analysis. *Journal of Public Transportation*, 10(2), 93–107.
- Reisbeck, T., & Schöne, L. B. (Eds.) (2006): *Immobilien-Benchmarking: Ziele, Nutzen, Methoden und Praxis*: Springer Berlin.
- Rotermund, U., & Erba, A. (2003-2006): *IFMA - Benchmarking Report: IFMA Deutschland e.V.*
- Stoy, C. (2005): *Benchmarks und Einflussfaktoren der Baunutzungskosten*. Zürich: vdf Hochsch.-Verl. an der ETH.
- Stoy, C. (2007): The application of a benchmarking concept. *Journal of Facilities Management*, 5(1), 9–21.
- Wooldridge, J. M. (2006): *Introductory econometrics: A modern approach* (3. ed., internat. student ed.): Mason, Ohio: Thomson/South-Western.
- Yasin, M. M. (2002): The theory and practice of benchmarking: then and now. *Benchmarking: An International journal*, 9(3), 217–243.

Zairi, M., & Leonard, P. (1996): *Practical benchmarking: The complete guide*. London: Chapman & Hall.

Anhang A1

Variable	Desc.	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Firm		1578			1.00	24.00
City		1578			1.00	94.00
rent_psqm	avg. rent per sqm per year	718	14.01	8.57	2.27	117.18
ngf	net usable space in sqm	1578	13752.20	14638.45	370.53	150833.20
vac_perc	percentage of vacancy	563	0.25	0.24	0.00	1.00
floors	number of floors	1448	6.14	3.38	1.00	41.00
elevation	geographical elevation	1578	144.14	159.35	3.00	542.00
inhabitants	number of inhabitants	1578	940613	968032	6500	3395189
hgt	Heizgradtage	1556	2301.52	198.02	1977	2899
age	age of the building	1449	15.55	15.84	0.00	113.00
Dummy variables						
Variable	Desc.	Obs	Classes	Abs.	Perc.	
gar	building has garage	1242	0=no	430	34.62	
			1=yes	812	65.38	
row	building 'standing in a row'	1313	0=no	846	64.43	
			1=yes	467	35.57	
quality_h	quality of building is high	1548	0=no	1197	77.33	
			1=yes	351	22.67	
quality_m	quality of building is medium	1548	0=no	534	34.50	
			1=yes	1014	65.50	
elevator	building has elevator	1392	0=no	44	3.16	
			1=yes	1348	96.84	

Variable	Desc.	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
full_air	building is fully air conditioned	1541	0=no	1384	89.81	
			1=yes	157	10.19	
part_air	building is partially air conditioned	1541	0=no	1038	67.36	
			1=yes	503	32.64	
year of entry	year of entry in the study		2000	286.	18.12	
			2001	251	15.91	
			2002	262	16.60	
			2003	266	16.86	
			2004	255	16.16	
			2005	258	16.35	
e_w_dummy	Location of building in eastern or western Germany	1578	0=western	1289	81.69	
			1=eastern	289	18.31	
Cluster	Location in real estate cluster		Frankfurt	376	23.83	
			Munich	189	11.98	
			Cologne	321	20.34	
			Berlin	165	10.46	
			Leipzig	110	6.97	
			Stuttgart	72	4.56	
			Hamburg	202	12.80	
			Other	143	9.06	

Anhang A2

Regressions output für die durchgeführte Analyse

Lineare regression

Log(strom_pqm)

F(22, 820)	14.22	Root MSE	.84263
Prob > F	0.0000	AIC	2126.315
R ²	0.2820	Observations	843

<i>Variable</i>	<i>Coef</i>	<i>Robust Err.</i>	<i>Std. t</i>	<i>P>t</i>
ngf/1000	.0077532	.0030435	2.55	0.011
log(Stockwerke)	.5383333	.076545	7.03	0.000
Garage	.0669727	.0729701	0.92	0.359
Qualität_h	.6079248	.1153647	5.27	0.000
Qualität_m	.2352023	.090372	2.60	0.009
Klimatisierung_voll	.4472385	.1351721	3.31	0.001
Klimatisierung_teil	.2279072	.0788854	2.89	0.004
Aufzug	-.0450451	.2438974	-0.18	0.854
Alter	.0024653	.0026655	0.92	0.355
Jahr_2001	-.2824468	.0783834	-3.60	0.000
Jahr_2002	-.3963613	.087085	-4.55	0.000
Jahr_2003	-.2883434	.0783555	-3.68	0.000
Jahr_2004	-.4686206	.0900112	-5.21	0.000
Jahr_2005	-.6107305	.1098728	-5.56	0.000
cluster_m	.290577	.1735748	1.67	0.094
cluster_f	-.1120281	.1623681	-0.69	0.490
cluster_s	-.1320085	.1967649	-0.67	0.502

cluster_b	-0.07724	.1740464	-0.44	0.657
cluster_l	-.56731	.2349557	-2.41	0.016
cluster_k	-.1744159	.1665347	-1.05	0.295
cluster_h	-.3017281	.1709572	-1.76	0.078
intercept	-1.299579	.3126528	-4.16	0.000

Zusammenspiel von Architektur und FM

Building Performance Evaluation:

Quantifizierung des Nachhaltigkeitspotentials von Gebäuden durch die Analyse der Nachhaltigkeitsindikatoren

Univ.Ass. Dipl. –Ing. Dr. Iva Kovacic

Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement, Industriebau und interdisziplinäre Bauplanung, TU Wien, Österreich

Abstract

Die Gebäude zählen zu den wichtigsten Energieverbrauchern und Emissionen-Verursachern: 40% des Gesamt-EU-Energieverbrauchs wird auf das Heizen und Kühlen von Gebäuden aufgewendet, 20% der CO₂-Emissionen innerhalb Österreichs entstehen durch den Gebäudebetrieb (Koepl, 2008). Da die relativ kurze Planungsphase die Gebäudeperformance während der lang andauernden Betriebsphase determiniert, ist die Entwicklung von Planungsunterstützenden Methoden für lebenszyklische Qualitätsoptimierung und Evaluierung der Gebäude dringend notwendig. Die herkömmlichen Evaluierungsmethoden berücksichtigen oft nur die einzelnen Teilaspekte, wie z.B. Heizenergieverbrauch, der Belüftungs-, Kühlungs- und Beleuchtungsenergiebedarf wird oft vernachlässigt. Die Anwendung solcher Methoden in der Planungsphase ist oft mit einer Reihe von aufwendigen Software-Tools verbunden.

Dieses Paper untersucht und analysiert die aktuellen Probleme des nachhaltigen Planungs- und Bauprozesses. Eine schon in den frühen Planungsphasen einsetzbare Evaluierungsstrategie mit systemischem Ansatz wird vorgestellt. Dabei werden die lebenszyklischen Zusammenhänge der ökologischen, ökonomischen und sozio-kulturellen Nachhaltigkeitsindikatoren analysiert und evaluiert. Zwei energieeffiziente Bürogebäude werden durch die Anwendung der Strategie an die Nachhaltigkeits-Effizienz evaluiert und mit einem Standardgebäude verglichen.

Keywords: Nachhaltiges Bauen, Energieeffizienz, Gebäudeeffizienz, Indikatoren

Problemstellung

Als die größte Herausforderung für Architektur und Bauwesen des neuen Millenniums gilt die Realisierung von flexiblen und anpassungsfähigen Gebäuden unter verschärften Anforderungen an Klimaschutz und Energieoptimierung.

Die jetzige Entwicklung zeigt aber das Gegenteil: die CO₂-Emissionen und der Energieverbrauch sind seit 1990 anstatt der von Kyoto angestrebten Minimierung um 13% sogar um 15% gestiegen (Koepl, 2008). Langfristig betrachtet soll der prognostizierte Energiebedarf bis 2050 um 100-120% steigen, bei gleichzeitiger Anforderung die CO₂-Emissionen um 60-90% zu minimieren (Achammer, 2008).

Die Maßnahmen zur Sicherung der Nachhaltigkeit sind also dringend fällig, die Umsetzung wird durch einige essentielle Probleme wesentlich erschwert. In der Immobilienwirtschaft ist die Konfiguration des Immobilienmarktes – Stichwort „Investor-Architektur“ - als eines der Hauptprobleme zu nennen. Die Investoren sind weitgehend an möglichst niedrigen Herstellungskosten und höchstmöglichen Renditen interessiert, da das Gebäude als Ware zum Weiterverkauf gehandelt wird. Vordergründig stellt sich die Frage, wie energieeffiziente Gebäude für die Investoren von Interesse und somit folglich von Profit sein könnten, da die durch innovative Technologien und Konstruktionen erhöhten Herstellungskosten langen Amortisationsperioden unterworfen sind.

Building Performance Evaluation – dynamoB^{sd} Strategie

Evaluierung der Gebäudeeffizienz im Sinne der Nachhaltigkeit wird oft mit der Bilanzierung der einzelnen Aspekte wie z.B. Heizenergiebedarf oder Emissionen verwechselt. Dieser Ansatz entspricht jedoch nicht dem holistischen, lebenszyklusorientierten Konzept der Nachhaltigkeit (Hermann et al, 2001), da das Gebäude nicht als komplexes System evaluiert wird. Die **dynamoB^{sd}**- Evaluierungsstrategie ist ein Beispiel für die lebenszyklusorientierte Qualitätsoptimierung von Gebäuden, die schon in frühen Planungsphasen einsetzbar ist, wobei die Wechselwirkungen der unterschiedlichen Gebäudeeigenschaften und deren Auswirkungen auf die ökologische, ökonomische und soziale Umwelt analysiert werden. (Kovacic, 2008).

Die **dynamoB^{sd}** Strategie basiert auf zwei bestehenden Evaluierungs-Werkzeugen:

- *Modell der Ströme*: Überlagerung der unterschiedlichen, durch den Lebenszyklus der Gebäude stattfindenden Flüsse: Material und Energie, Kapital (Investitionen, Re-Investitionen und Profite) und Information (Kohler, 1999)
- *Nachhaltigkeitsindikatoren*: standardisiertes System der Messinstrumente der Agenda 21 (UNCED in Rio de Janeiro, 1992), die “Pyramide der Nachhaltigkeit” als Balance

zwischen ökonomischen, ökologischen, sozio-kulturellen und institutionellen Interessen messbar machen und parametrisieren (Valentin & Spangenberg, 2000).

Die Primärstruktur der **dynamoB^{sd}** -Indikatoren basiert auf den Indikatoren des Deutschen Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen sowie der Agenda 21 und bemisst folgende Teilaspekte:

- *Ökologie*: Baubedarf, Schutz von Bauland, Schutz von Wasser/Grundwasser, Emissionsschutz, hohe Dauerhaftigkeit, Umwelt- und Gesundheitsverträgliche Baustoffe, rationeller Energieverbrauch, Reduktion des Ressourcenverbrauchs (BMBW, 2001)
- *Ökonomie*: Herstellungskosten, Folgekosten (Heizen, Kühlen, Lüftung, Beleuchtung, Instandhaltung, Inspektion, Wartung, Reinigung), Funktionalität, formale Kriterien, Konstruktion–Technologie, Wirtschaftskraft und Wettbewerbsfähigkeit
- *Sozio-kulturelle Aspekte*: Urbane Identität, individuelle Bedürfnisse, soziale Stabilität und Gerechtigkeit (Steinhauer, 2001)

Das parametrische Modell der **dynamoB^{sd}** Strategie jedoch reflektiert die ambivalente Natur des Gebäudes, als Komposition der tangiblen und intangiblen Eigenschaften:

Die tangible Eigenschaften sind die quantitativen, messbaren Daten:

- Ökologische: Energie- und Ressourcenverbrauch, und
- Ökonomische: Investitionen, Folgekosten, Profite

Die intangiblen Eigenschaften sind die qualitativen, daher schwer messbaren Daten, sowie formelle, kulturelle und funktionale Aspekte.

Zur präziseren Bemessung der tangiblen und insbesondere intangiblen Eigenschaften wurden eigene Strategie-spezifische Indikatoren entwickelt, wie z.B. Fungibilität, Adaptierbarkeit, Imagewert der Immobile usw. (Kovacic, 2006).

Beide tangiblen und intangiblen Eigenschaften werden gleichwertig durch die Skalen-Bewertung evaluiert:

0 - 1 schwach; 1 - 2⁵ durchschnittlich; 2⁵ - 3⁵ gut; 3⁵ - 4⁵ sehr gut; 4⁵ - 5 exzellent.

Die tangiblen Daten werden mit einem Benchmark- und/oder Ziel-Wert verglichen und dementsprechend benotet, die intangiblen Daten werden mit Ja/Nein-Antworten bzw. Skalierung beschrieben. Die Evaluierung resultiert mit dem absoluten Wert: dem Nachhaltigkeits-Faktor: *S_d*, der die Nachhaltigkeitseffizienz eines Gebäudes ausdrückt.

Case Study

Durch die steigenden Anforderungen der EU an die Minimierung der nationalen CO₂-Emissionen und Treibhausgase (Pöll, 2008) sowie die gereiften und im Bereich des Wohnbaus getesteten Niedrigenergie- und Passivhaus-Technologien steigt auch zunehmend das Interesse der Developer und Investoren an energieeffizienten Gebäuden (Lang, 2006).

Die aktuellen Problemstellungen der energieeffizienten Büroimmobilien wurden anhand der Case-Study der zwei energieoptimierten Bürogebäuden in Wien, *ENERGYbase* und *Haus der Forschung (HdF)*, analysiert und evaluiert.

Tab. 1: ENERGYbase

<i>Eckdaten:</i>		
Erdgeschoss + 4 frei vermietbare Obergeschosse		
1 Untergeschoss mit 65 Garagenstellplätze		
Fassade: gefaltete Glasfassade im Süden, Elementierte Holzfertigteile im Norden		
Photovoltaikanlage an der Südfassade	400	m ²
Solarzellen am Dach	300	m ²
<i>Flächen (Kochwalter, 2007):</i>		
BGF (Bruttogeschossfläche)	11.400	m ²
BRI (Bruttorauminhalt)	42.750	m ³
Nutzflächen oberirdisch:	7.500	m ²
- Fachhochschule	1.300	m ²
- Laboratorien	1.000	m ²
- Büros (flexible Einheiten von 250 – 1.400 m ²)	5.200	m ²
<i>Kosten (Kittel, 2007):</i>		
Errichtungskosten:	14,5 Mill.	€
Bauwerkskosten:	12,8 Mill.	€
€/m ² BGF	1124	€/m ²
Förderung	2 Mill.	€
Geschätzte Zusatzkosten für innovative Technologien	2 Mill.	€
LCC (Lebenszykluskosten) für Heizen, Kühlen, Beleuchtung	18.000	€/a
<i>Energieverbrauch – Emissionen (Rauhs, 2008):</i>		
Heizenergiebedarf	12	kWh/m ² a
Energieverbrauch für Heizung (Strom) Erdpumpe - per m ² BGF	3,03	kWh/m ² a
Energieverbrauch für Kühlung und Lüftung (Strom) - per m ² BGF	8,51	kWh/m ² a

Energieverbrauch für Beleuchtung (Strom) - per m ² BGF	7,9	kWh/m ² a
---	-----	----------------------

ENERGYbase ist das erste in Passivhaus-Standard errichtete Wiener Bürohaus und wurde im Sommer 2008 in Betrieb genommen. Das „mixed-use“ Konzept beherbergt die Fachhochschule für Erneuerbare Energien im Erdgeschoss und vier frei vermietbare Geschosse. Das Energiekonzept basiert auf der Bauteilaktivierung durch die Erdwärme.

Tab. 2: HdF

<i>Eckdaten (Mascha, 2007)</i>		
Erdgeschoss als Gemeinschaftszone+ 6 Obergeschosse, Dachgeschoss		
Fassade: Alu-Compound Lochfenster Fassade		
Untergeschoss: Haustechnik, Archive		
<i>Flächen:</i>	8.500	m ²
BGF oberirdisch	1.500	
BGF unterirdisch	31.000	m ³
BRI oberirdisch	7.500	m ²
Nutzfläche	350	Personen
Arbeitsplätze		
<i>Kosten:</i>		
Errichtungskosten:	13,5 Mill.	€
Bauwerkskosten:	11,2 Mill.	€
€/m ² BGF	1120	€/m ²
Förderung:	0	€
<i>Energieverbrauch - Emissionen:</i>		
Heizenergieverbrauch – per m ² BGF	30	kWh/m ² a
Energieverbrauch für Kühlung und Lüftung (Strom) - per m ² NF	12	kWh/m ² a
Energieverbrauch für Beleuchtung (Strom) – per m ² NF	8	kWh/m ² a
CO ₂ Emissionen	23	kg/m ² a

HdF ist der neue Standort der Forschungsförderungsgesellschaft und wurde 2006 in Niedrigenergie-Standard errichtet. Ziel der Planung war die höchstmögliche Energieeffizienz bei gleichzeitigem maximalen Komfort beim Arbeitsplatz zu erreichen (Mascha, 2007). Das Gebäude wurde ohne Förderungen als Standard-Marktimmoblie errichtet.

Das Heizen und Kühlen des Gebäudes erfolgt durch die Bauteilaktivierung.

Evaluierung der Nachhaltigkeitseffizienz anhand der Case Study

Die Evaluierung und der Effizienzvergleich von ENERGYbase und HdF erfolgten durch die Applikation der **dynamoB^{sd}**-Evaluierungsstrategie. Die Ergebnisse dieser wurden mit der Effizienz eines Standard-Bürogebäudes (SBG) verglichen, einem Markt-konformen Bürogebäude. Die Evaluierung resultierte mit folgenden Ergebnissen:

Tab. 3: Ergebnisse der Evaluierungsstrategie

<i>Potential:</i>	<i>ENERGYbase</i>	<i>HdF</i>	<i>Standard</i>
Ökonomie	3,20	3,33	2,30
Ökologie	4,51	4,01	1,14
Sozio-kulturell	3,93	4,59	2,62
Total Sd	3,88	3,98	1,71

Die Gesamteffizienz der beiden energieoptimierten Gebäude im Sinne der Nachhaltigkeit kann als *sehr gut* bezeichnet werden; wobei der **Sd**-Faktor der Standard-Gebäude nur mit *durchschnittlich* bezeichnet werden kann.

Die ökonomische Effizienz der beiden Gebäude sticht als der schwächste Aspekt heraus, bei dem Standard-Gebäude ist es der ökologische Aspekt.

Sd OVERALL

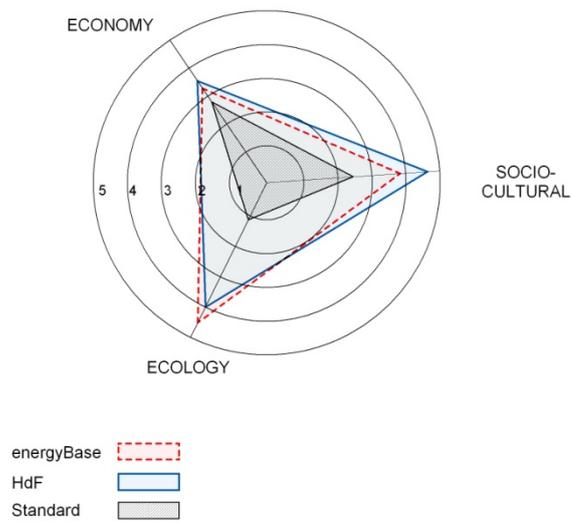


Abb. 1: Nachhaltigkeitspotential-Vergleich in Cob-Web Diagramm

Der *ökonomische Aspekt* wird als Folgendes evaluiert:

ECONOMY

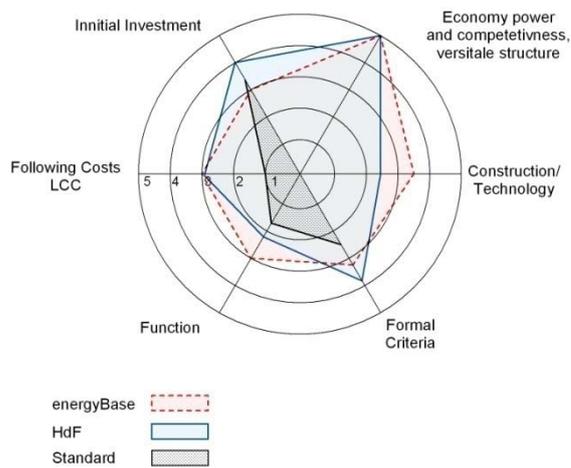


Abb. 2: Evaluierung der ökonomischen Effizienz in Cob-Web Diagramm

ENERGYbase

- Stärken:

Herstellungskosten: 1120 €/m²BGF, trotz innovativer Technologien für Energieeffizienz (SBG 1200 – 1300 €/m²BGF)

Folgekosten: Heizung, Kühlen, Beleuchtung: 18.000 €/a (SBG: 90.000 €/a) (WWF 2007)

Funktionalität: flexible Grundrisse

- Schwächen:

Profite: nur 30% der Gebäude sind vermietet, Risiko - errichtet für den freien Markt, unbekannte Mieter

Wettbewerbsfähigkeit: vorstädtische Lage, sub-optimale Anbindung an das öffentliche Verkehrsnetz

Haus der Forschung

- Stärken:

Finanzierung: freifinanziert, keine Förderungen

Profite: kein Risiko, bekannte Mieter

- Schwächen

Funktionalität: inflexible Grundrisse, 500 Lux-Beleuchtung wegen Reduktion des Energieverbrauchs (Mascha, 2007)

Für den *ökologischen Aspekt* gelten folgende Schlussfolgerungen:

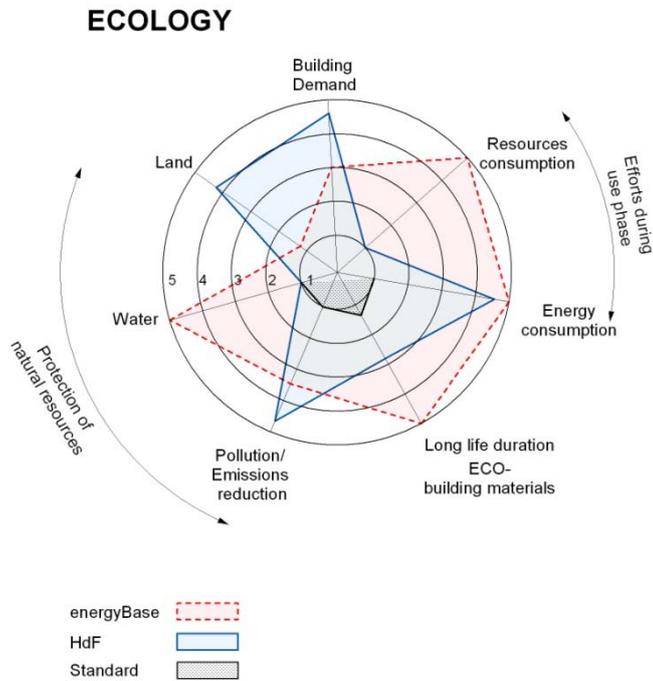


Abb. 3: Evaluierung der ökologischen Effizienz in Cob-Web Diagramm

ENERGYbase

- Stärken:

Energieverbrauch: Passiv-Haus-Standard, Heizenergiebedarf: 12 kWh/m² BGF (SBG: 90-100kWh/m²a BGF); integriertes Energiemanagement-Konzept und Nutzung der Förderungsprogramme, innovative Technologien (Grün-Puffer-Pflanzenzonen für optimiertes Raumklima, Solar Cooling) (Kittel 2007); Energie zur 100% aus erneuerbaren Quellen

Emissionsschutz: 180 Tonnen CO₂-Emission-Reduktion im Vergleich mit SBG (WWF 2007)

Umweltfreundliche und erneuerbare Materialien: Holz, recycelbare Elemente

- Schwächen:

Schutz von Bauland: hoher Verbrauch des neuen Baulands, Zersiedelungs-unterstützend

Emissionsschutz: niedriger Grad der Erreichbarkeit, Steigerung des Personalverkehrs, folglich Steigerung der CO₂-Emissionen

Haus der Forschung

- Stärken:

Energieverbrauch: Niedrigenergie-Standard, Heizenergieverbrauch: 30 kWh/m² BGFa (SBG: 90-100 kWh/m²BGF);

Stromverbrauch für Kühlen und Lüftung: 12 kWh/m² NF (SBG: 20 kWh/m²NF) und für Beleuchtung: 8 kWh/m² NF (SBG: 24 kWh/m²NF) (Mascha, 2007)

Emissionsschutz : hoher Grad der Erreichbarkeit durch öffentlichen Verkehr oder fußläufig

Schutz von Bauland: Landgewinnung - Baulücke, innerstädtisches Projekt

- Schwächen

Umweltfreundliche und Erneuerbare Materialien: keine recycelbaren Bauelemente

Beim *sozio-kulturellen Aspekt* sticht HdF durch die beste Bewertung heraus: wegen der innerstädtischen Lage, dem hohen Grad der Erreichbarkeit von Arbeitsplatz und Infrastruktur, genauso wie durch die Kreation des lebenswerten urbanen Raumes.

SOZIO-CULTURAL

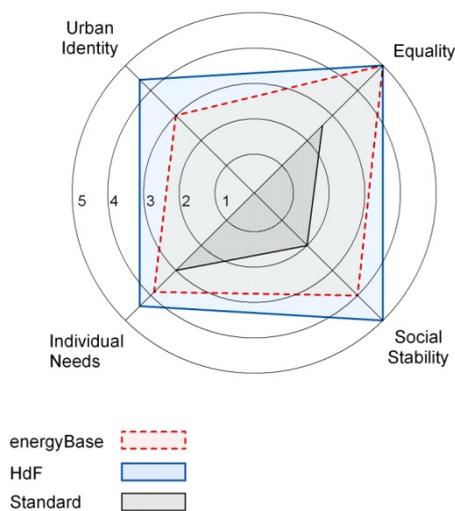


Abb. 4: Evaluierung der sozio-kulturellen Effizienz in Cob-Web Diagramm

Schlussfolgerung

Das Ziel der Evaluierung der energieoptimierten Bürogebäude war die Überprüfung der Berechtigung der Investitions-Mehrkosten für die ökologischen Belange (Energieeffizienz, innovative Technologien, ökologische Materialien) und Gegenüberstellung dieser mit den ökonomischen (Profite, Folgekosten) und sozio-kulturellen (Stadtbild, Identität, soziale Gerechtigkeit) Nachhaltigkeitsaspekten.

Während des Evaluierungs-Prozesses konnten folgende Probleme festgestellt werden:

1. Mangelhafter Daten-Zugang

Die Frage nach der erfolgreichen Amortisierung der zusätzlichen Herstellungskosten durch die Mieteinnahmen kann zu diesem Zeitpunkt nicht beantwortet werden, da die Betreiber nicht bereit sind die Daten zu veröffentlichen.

Das gleiche Prinzip gilt für die Folgekosten für Reinigung, Wartung und Instandhaltung – die realen Daten konnten noch nicht gesammelt werden, da die Gebäude nicht lange genug im Betrieb und die geschätzten Daten nicht zugänglich sind.

2. Mangelhafte Standardisierung der Daten

Beim Vergleich der Energie- und Emissionseffizienz der Gebäude aus der Fallstudie tritt das Problem der Data-Standardisierung auf.

Die Werte wurden nicht auf der gleichen Grundlage erhalten – in einem Fall ist der Verbrauch per m² BGF, im anderen per m² NF kalkuliert. Weiters sind die Werte nicht für die einzelnen Aspekte der Heizung, Kühlung, Lüftung und Beleuchtung getrennt, sondern gebündelt (siehe Tab 1. und Tab 2.), was einen objektiven Vergleich erschwert.

Der Evaluierungsprozess resultierte mit folgenden Schlussfolgerungen:

- Der ökonomische Aspekt, als der schwächste Aspekt bei beiden Gebäuden, impliziert auf den Bedarf für die nähere Untersuchung des Zusammenhangs zwischen dem Initial-Investment und den Folgekosten und Profiten. Für die exakte Evaluierung der Kosteneffizienz der energieeffizienten Gebäude sind die Veröffentlichung der Mieteinnahmen sowie einige Jahre des Betriebs notwendig, um die repräsentativen Daten zu erhalten.
- Die evaluierten Gebäude zeigen im Betrieb oder in der Grundriss-Organisation weniger Flexibilität als die marktüblichen Core-and-Shell-Objekte (Verzögerung in der Temperierung wegen der trägen Bauteilaktivierung, Grundriss-Inflexibilität wegen der Beleuchtungsenergie-Reduktion oder überwiegend natürlichen Beleuchtung usw.) und sind deshalb schwieriger zu vermieten.
- Aus der Analyse lässt sich schließen, dass die gegenwärtigen energieeffizienten Büroimmobilien nur für bestimmte Mieter oder Investoren sowie Forschungs-Gesellschaften, geförderte Spin-Offs usw. von Interesse sind, da entweder für die Errichtung eine Förderung oder geförderte Mieter für den Erfolg notwendig sind.

Literaturverzeichnis

BMBW (2001): Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Deutschland: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.)

- Hermann M. et al (2001): Integrated life cycle analysis. Universität Karlsruhe: Institut für industrielle Bauproduktion, Karlsruhe, 3
- Kittel, F. (2007): Gebäudeintegrierte Photovoltaik am Beispiel Energy Base.
In: *Technischer Bericht*, Wiener Wirtschaftsförderungsfonds, Wien
- Koepl, A. (2008): Business and Buildings. WIFO. In: *Ökosoziales Forum*, Wien, 2
- Kohler, N. et al, (1999): *Stoffströme und Kosten in den Bereichen Bauen und Wohnen*. Berlin, Deutschland: Springer-Verlag
- Kochwalter C.V., (2007): Brauner: Baubeginn für Energiespar-Bürohaus ENERGYBase. *Archivmeldung der Rathauskorrespondenz* 6.6.2007, Rathaus-Korrespondenz, MA53, Wien
- Kovacic, I. (2006): Building performance evaluation on “dynamical building” model – towards strategy for sustainable planning. In: M. Schrenk (Hrsg.) *“REAL CORP 2007 – To plan is not enough, 12th International Conference on Urban Planning and Regional Development in the Information Society”*, Wien: CORP
- Kovacic, I. (2008): *Developing Strategies for Sustainable Planning: Building Performance evaluation in Terms of Sustainability*. Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller
- Lang G. (2006): 1000 Passivhäuser in Österreich – Zwischenbericht 01/2006.
In: *Technischer Bericht*, Haus der Zukunft, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien
- Mascha C. und Seethaler C. (2007): Haus der Forschung, Planungsgemeinschaft Neumann und Partner und Mascha & Seethaler. In: *Technischer Bericht*, Der Österreichische Baupreis 2006, Wien
- Pöll, R. (2008): EU: Lobby – Schlacht um Klimaziele. In: *Presse* 22.1.2008, 1-2.
- Rauhs, G. (2007): Interview mit I. Kovacic. Wiener Wirtschaftsförderungsfonds
- WWF (2007): ENERGYBase: Das Bürohaus der Zukunft. In: *Technischer Bericht*, Wiener Wirtschaftsförderungsfonds, Presse und Kommunikation, www.energybase.at
- Steinhauer, K. (2001): Sein oder Schein: Ein angewandtes Agenda 21 Projekt. In: *Masterthesis*, Weimar: Bauhausuniversität Weimar
- Valentin, A. und Spangenberg, J. (2000): A guide to community sustainability indicators. Wuppertal, Germany: Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, 383

Planungsfehler und ihre Auswirkungen auf den Gebäudebestand

Dipl.-Ing. Michael Kaindl, Univ.Prof. Dr. Andreas Kolbitsch

Institut für Hochbau und Technologie, TU Wien, Österreich

Abstract

Erfahrungen aus dem Bereich der Wiener Stadtverwaltung zeigen, dass Projektunterlagen wie Ausführungspläne und Bestandspläne den tatsächlichen Gebäudebestand zum Teil nur ungenügend und widersprüchlich dokumentieren und Gebäude in unerwarteter Häufigkeit mit Abweichungen von den Bauvorschriften ausgeführt sind und daher über keine entsprechende Nutzungssicherheit verfügen. Aufbauend auf eigenen Erhebungen bei Baubewilligungsverfahren in Wien, Forschungsergebnissen der TU-Wien, nationalen Instituten für Bauschadensforschung und Ökologie sowie nationalen gesetzlichen Rahmenbedingungen wird das bestehende Ausmaß an Fehlern und Mängeln sowie sich daraus ergebende maßgebende Auswirkungen auf die Gebäudeerhaltung und -erneuerung bzw. Wertvermehrung von Gebäuden aufgezeigt. Zur Vorbeugung derartiger Defizite ergibt sich für die Gebäudebewirtschaftung die Notwendigkeit der Überprüfung und Richtigstellung der Projektdokumente bereits ab der Planungsphase sowie deren Eingliederung als fixen Bestandteil in die Gebäudedokumentation.

Keywords: Gebäudebestand, Dokumentation, Qualität, Nutzungssicherheit

Entwicklung

Für die das Wiener Stadtbild prägenden Bauten aus der Gründerzeit waren zum Errichtungszeitpunkt in Kenntnis der damals zum Einsatz gelangten Baumaterialien und standardisierten Bauteilen schematische Baupläne ausreichend. Aufgrund der Vielfalt an eingesetzten Baustoffen, Bauprodukten und Baukonstruktionen gegenwärtiger Gebäude sowie zufolge deren variabler Einsatzformen besteht der Bedarf an einer zunehmend umfangreicheren Dokumentation derselben.

Eine nicht tragende Leichtbau-Ständerwand beispielsweise kann je nach Ausführung unterschiedlichen Anforderungen entsprechen. Sie kann etwa bei entsprechender Beplankung brandschutztechnischen Anforderungen, wie sie etwa an Wohnungstrennwände gestellt werden, entsprechen. Die Gebrauchstauglichkeit einer solchen Ständerwand ist dabei jedoch auch von deren Stabilität und Verformungsverhalten abhängig. Eine größere Schlankheit einer Ständerwand impliziert daher den Bedarf an entweder einem engeren Abstand der Metallständer innerhalb der Wand oder die Ausführung derselben mit einer größeren Stärke.

Ob die Ständerwand sämtliche für ihren Verwendungszweck erforderliche Eigenschaften (Schall-, Wärme- und Brandschutz; Stabilität und Verformungsverhalten) aufweist, darüber hinaus fachgemäß eingebaut und mit geeigneten Anschlüssen an die angrenzenden Bauteile hergestellt ist, ist durch Baupläne alleine nicht dokumentierbar.

Dokumentation des Bestandes gegenwärtiger Gebäude

Als Grundlage für die Kenntnis des Gebäudebestandes dienen alle Dokumente, die Informationen über das Gebäude enthalten [SIA 469]. Kern dieser Dokumente bilden die nach dessen Herstellung bzw. durchgeführter Erhaltungsarbeiten abzuliefernden Projektunterlagen, da nachfolgende Dokumente auf diese Bezug nehmen (Nutzungsanweisungen, Betriebsanweisungen) bzw. auf diese aufbauen (Überwachungsplan, Unterhaltsplan). Zentrales Dokument der Projektunterlagen sind die Ausführungspläne. Sie beinhalten die Informationen über vorhandene Bestandseinheiten, deren Nutzungsmöglichkeit und Nutzflächen sowie die wesentlichen Angaben über Material und Aufbau der Bauteile des Gebäudes.

Die Projektunterlagen sind zum einen Ergebnisse des Planungsprozesses und zum anderen Ergebnisse des Ausführungsprozesses:

Kerndokumente der Planung	Inhalt	Information	Aufbewahrung	
			Bauherr	Behörde
Baupläne bzw. Bestandspläne	<ul style="list-style-type: none"> • Raumeinteilung • Raumwidmung • Bauteile • Brandabschnitte 	<ul style="list-style-type: none"> • Bestandseinheiten • Nutzung • Nutzflächen • Material und Aufbau 	(x)	x

	• Anforderungen gem. BO	von Bauteilen		
Statische Vorbemessung	• Statisches System • Fundierungskonzept	• Nutzlasten • Tragwerkssystem	-	x
Bauphysik	• Nachweis des Wärme- und Schallschutzes	• Kennwerte der Bauteile	(x)	x
Gutachten	• z.B. Erfüllung der Anforderungen an den Brandschutz	• Grund und Funktion von Brandschutzeinrichtungen	-	x

Abb. 1: Kerndokumente des Planungsprozesses

Kerndokumente der Ausführung	Inhalt	Information	Aufbewahrung	
			Bauherr	Behörde
Ausführungspläne ArchitektIn	• Darstellungen und Maße im Detail	• Ausführungsdetails	(x)	-
Ausführungspläne Professionisten	• Darstellungen und Maße im Detail	• Ausführungsdetails	(x)	-
Ausführungsstatik	• Bemessung je Bauteil • Bewegung, Verformung • Ausnutzungsgrade	• Bemessungsdetails • Sicherheiten • Tragreserven	(x)	-
Konstruktionspläne	• Detaildarstellung der Konstruktionselemente	• Ausführung der Konstruktion im Detail	-	x
Befunde	• Funktion Bauteil	• Abnahmedetails	-	x
Protokolle (Beschauten)	• Abnahme von Konstruktionsteilen	• Ausführungsdetails	-	x
Bestätigung ZT	• öffentlich-rechtliche Abnahme der Ausführung	• Benützung Gebäude	-	x

Abb. 2: Kerndokumente des Ausführungsprozesses

Die Existenz der Kerndokumente im Verantwortungsbereich des Bauherrn variiert in der Praxis. Im Rahmen von Gebäudeübernahmen durch neue Eigentümerinnen oder Eigentümer bzw. vorhergehender Due-Diligence-Prüfungen sowie im Zusammenhang mit Streitsachen bei Gericht sind daher oftmals Erhebungen des Bestandes anhand der bei der Baubehörde aufliegenden Dokumente erforderlich.

Einflüsse auf die Dokumentationen

Planung und Ausführung unterliegen aufgrund der teilweise unterschiedlichen Beteiligten und Entstehungszeiträume unterschiedlichen Einflüssen. Aufeinander aufbauende Dokumente entstehen darüber hinaus z.T. in paralleler Abfolge, sodass Abänderungen im Zuge deren Erstellung teilweise nicht gegenseitig Berücksichtigung finden.

In nachfolgender Abbildung sind die wesentlichen Schnittstellen zwischen Planung, Genehmigung und Ausführung im Zuge des Bauprozesses, an denen wesentliche Abänderungen nicht weitergegeben werden, dargestellt:

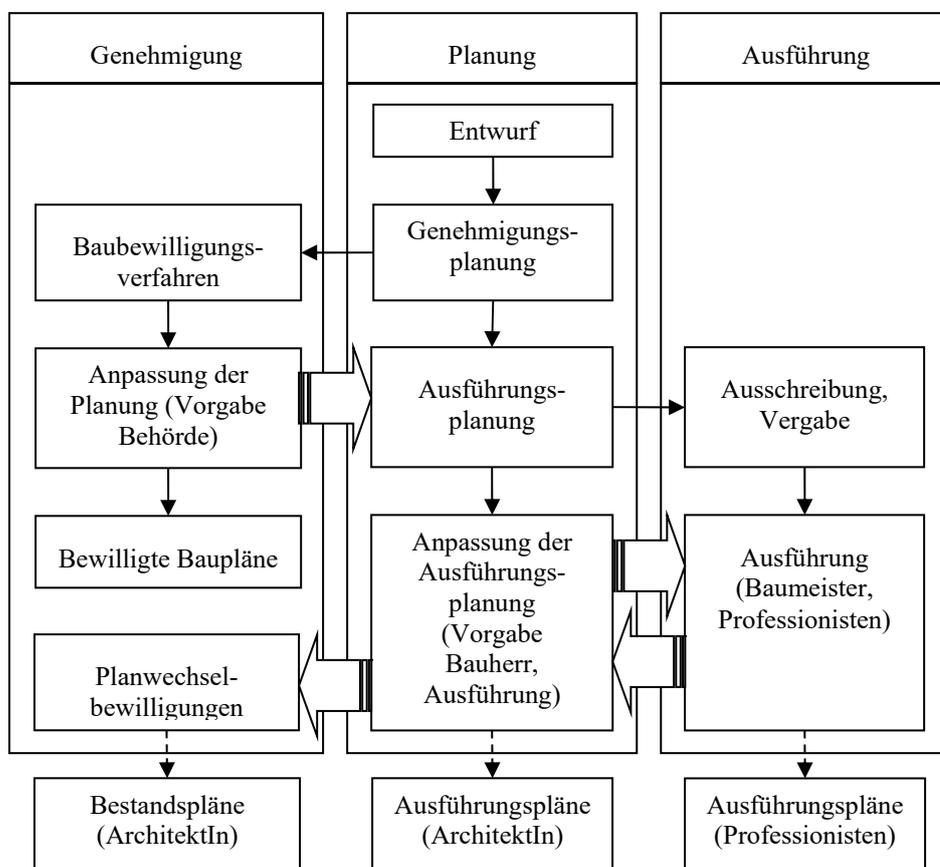


Abb. 3: Abfolge, Überschneidungen und Wechselwirkungen von Planungs- Genehmigungs- und Ausführungsprozess samt daraus ergehender Plandokumente

Qualität der Dokumente

Als Folge unterschiedlicher Einflüsse können die Projektunterlagen je nach vorgelegtem Zeit- und Kostendruck, Änderungserfordernissen sowie Qualifikationen der im Prozess

Beteiligten nicht nur untereinander widersprechende Inhalte sondern auch Mängel und Fehler aufweisen.

Erfahrungen aus dem Behörden- und Überwachungsbereich der Stadt Wien zeigen, dass die den Baubewilligungen zugrunde liegenden Einreichunterlagen auch den Bauvorschriften widersprechende Inhalte aufweisen. Davon betroffen sind neben dem Schall- und Wärmeschutz der Gebäude insbesondere auch deren mechanische Festigkeit und Standsicherheit, Brandschutz, Gebrauchstauglichkeit und Nutzungssicherheit.

Eine Erhebung im Zuge der Studie zur Dissertation des Autors anhand von Aufzeichnungen von behördlichen stichprobeartigen Überprüfungen im Rahmen von Baubewilligungsverfahren, zeigt das Ausmaß der in den Einreichunterlagen aufgefundenen bzw. beanstandeten Mängel und Fehlern. Der Erhebung liegen 30 größere Bauvorhaben (Neubauten, Aufstockungen und Dachgeschossausbauten) im 9. Wiener Gemeindebezirk aus den Jahren 1997 - 2007 zu Grunde. Es wurden dabei regelmäßig auftretende sowie in Bezug auf die Bauwerkssicherheit, den Gesundheitsschutz und die Qualität der Gebäude typische Mängel und Fehler sowie deren Häufigkeit erhoben.

Unter Zuordnung von 50 typischen Mängeln und Fehlern zu 10 Mängel-Kategorien ergeben sich dabei folgende Häufigkeiten:

Kategorie	typische Mängel [Anzahl]	Häufigkeit [im Mittel]
Brandabschnitte	14	33 %
Brandrauchentlüftung	3	13 %
Fluchtweg	3	30 %
Absturzsicherung	3	80 %
Material und Konstruktion	10	53 %
Stabilität	4	18 %
Lüftung	4	28 %
Rauchfänge	2	55 %
Abwasser, Müll	4	27 %
Sonstiges	3	30 %

Summe	50	
-------	----	--

Abb. 4: Anzahl und Häufigkeit typischer Mängel und Fehler

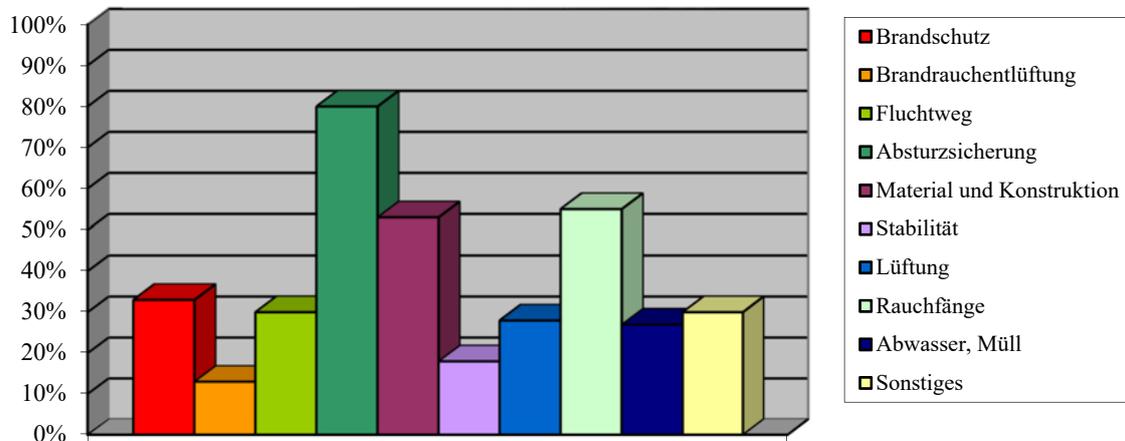


Abb. 5: graphische Darstellung der Häufigkeit typischer Mängel und Fehler

Die angeführten Werte stellen insofern eine untere Grenze dar, da erfahrungsgemäß nicht alle Mängel und Fehler in den Bauakten dokumentiert sind. Zahlreiche Mängel- und Fehlerbehebungen seitens der planenden ArchitektInnen erfolgten auch im Wege von Vorbesprechungen mit der Baubehörde, worüber keine Aufzeichnungen dokumentiert sind.

Zudem ist eine vollinhaltliche Überprüfung der Einreichunterlagen nicht Aufgabe der Baubehörde und daher basieren deren Überprüfungen lediglich auf Stichproben.

Aufgrund der seit Mitte der 90er Jahre erfolgenden Deregulierung des Wiener Baurechts und dem daraus resultierenden geänderten Prüfverständnis der Baubehörde im Baubewilligungsverfahren, wurden Überprüfungen der inhaltlichen Richtigkeit der Einreichunterlagen durch die Baubehörde in Wien zunehmend reduziert. Daraus ergibt sich zwangsläufig, dass zunehmend mangelhafte und fehlerhafte Dokumente zur Bewilligung gelangen bzw. liegen solche den Baubewilligungen zu Grunde.

Zusätzlich wurden noch die ehemals durch die Baubehörde durchgeführten Benützungsbewilligungen durch Fertigstellungsanzeigen ersetzt, denen neben einem behördlich ungeprüften Bestandsplan eine Bestätigung einer Ziviltechnikerin oder eines Ziviltechnikers zugrunde liegt. Die ZiviltechnikerIn steht dabei mit dem Bauherrn in einem Auftraggeber - Auftragnehmeverhältnis und kann zudem mit der Person der Planverfasserin oder des Planverfassers ident sein.

Erfahrungsgemäß ergeben sich daher auch im Rahmen der Fertigstellung zusätzliche Defizite in Form von unzutreffender, unvollständiger oder widersprüchlicher Dokumentation bzw. Darstellung des ausgeführten Gebäudes.

Ohne auf die genannten und die sich zusätzlich aus dem Ausführungsprozess ergebenden Defizite näher einzugehen, ergeben sich daraus in Hinblick auf die Aufgabenstellungen der Gebäudeerhaltung beispielsweise nachfolgend beschriebene *Auswirkungen*.

Erfüllung gesetzlicher Pflichten in der Gebäudeerhaltung

Als Eigentümerin oder Eigentümer von Gebäuden besteht in Wien die Verpflichtung dafür zu sorgen, dass diese in gutem, der Baubewilligung und den Vorschriften der Bauordnung entsprechenden Zustand erhalten werden. Diese Überwachungspflicht schließt selbst bei Vermutung eines Baugebrechens die Einholung eines Befundes einer Sachverständigen oder eines Sachverständigen mit ein [Kolbitsch 2006].

Nicht genehmigte Abweichungen von den Bauvorschriften oder Bebauungsvorschriften gelten als sogenannter vorschriftswidriger Bau und bedürfen entweder der Erwirkung einer nachträglichen Baubewilligung oder sind mit einem behördlichen Abtragungsauftrag bedroht. Die Behörde ist zu einer solchen Auftragserteilung verpflichtet, wenn augenscheinlich eine Gefahr für das Leben oder die Gesundheit von Menschen besteht [Wiener Landtag].

Da die zuvor genannten Defizite darauf hindeuten, dass die zur Errichtung gelangenden Gebäude Mängel aufweisen, die dazu geeignet sind, direkte Auswirkungen auf die Sicherheit

und den Gesundheitsschutz von Menschen zu haben, ergibt sich daraus ein Handlungsbedarf für die Eigentümerinnen oder Eigentümer der Gebäude. Eine Gefahr für das Leben oder die Gesundheit von Menschen ist in der Regel bei fehlenden oder mangelhaften Brandabschnitten, Brandrauchentlüftungen, Absturzsicherungen sowie bei vorschriftswidrigen Stiegenanlagen und unzureichender Tragfähigkeit von Bauteilen gegeben.

Sicherstellung des Versicherungsschutzes von Gebäuden

Die Verletzung von Sicherheitsvorschriften der Bauordnung kann die Leistungsfreiheit des Versicherers nach sich ziehen. Dies wäre etwa bei Schäden durch Schneelasten am Dach von Gebäuden bei nachweislichem Abweichen vom Konsens und damit verbundenem kausalem Zusammenhang mit den aufgetretenen Schäden gegeben.

Liegt durch das bewusste Abweichen vom Konsens, den Bauvorschriften oder behördlichen Anordnungen, wobei hierbei ein bedingter Vorsatz ausreichend ist, ein Verstoß gegen die Bauvorschriften vor, kann es zudem zu Deckungsproblemen in der Haftpflichtversicherung der dafür Verantwortlichen kommen [VAV 1997].

Der Versicherungsschutz erfordert somit nicht nur das Vorliegen eines konsensgemäßen Zustandes sondern auch den tatsächlich den Bauvorschriften entsprechenden Bestand.

Beseitigung von Mängeln und Vorschriftswidrigkeiten zufolge Planungsfehler

Die Planung, etwa einer Ziviltechnikerin oder eines Ziviltechnikers, hat sämtlichen baubehördlichen Bestimmungen sowie den anerkannten Regeln der Technik zu entsprechen. Fehlplanungen können daher Verbesserungs- oder Preisminderungsansprüche, die Wandlung sowie bei Verschulden der Planerin oder des Planers auch deren oder dessen Schadenersatzpflicht gegenüber der Auftraggeberin oder dem Auftraggeber zur Folge haben [Pflaum et al. 2007].

Ebenso bestehen diesbezügliche Haftungen der ausführenden Baufirmen und Professionisten, wenn diese den damit verbundenen Warnverpflichtungen nicht nachgekommen sind.

Es ist daher Aufgabe der Auftraggeberin oder des Auftraggebers, insbesondere innerhalb offener Gewährleistungsfristen, auch sämtliche Projektunterlagen auf die beschriebenen Defizite zu überprüfen bzw. überprüfen zu lassen und allfällige Ansprüche geltend zu machen.

Bei Übernahme eines Gebäudes in die eigene Erhaltung ist daher zu prüfen, ob dieser Aufgabe entsprechend nachgekommen wurde bzw. welche Aufwendungen aus derartigen Gegebenheiten erforderlich werden könnten.

Abschätzung der Lebensdauer von Bauteilen

Das Alterungsverhalten von Bauteilen wird durch deren Ausführungsqualität, Art und Lage, Intensität der Nutzung sowie der angewendeten Bewirtschaftungsstrategie (Abbruchstrategie, Substanzerhaltungsstrategie durch entsprechende Instandhaltung und Instandsetzung, Erneuerungs- und Wertvermehrungsstrategie) beeinflusst. Zudem haben Materialwahl und Konstruktionsart einen großen Einfluss auf Häufigkeit und Kosten der Instandhaltung und Instandsetzung [Balak et al. 2005].

Neben der technischen Lebensdauer von Bauteilen ist auch deren wirtschaftliche Lebensdauer von Bedeutung. Fehler in der Planung hinsichtlich Materialwahl, Konstruktionsart, Lage und projektierter Nutzung sind daher von großem Einfluss auf die Lebensdauer von Bauteilen.

Erneuerung und Wertvermehrung von Gebäuden

Aufgrund der sich im Zuge der Lebensdauer von Gebäuden ändernden Bedürfnisse der Nutzerinnen und Nutzer sowie geänderter Wohn- und Arbeitsformen erfolgen im Zusammenhang mit den erforderlichen Instandsetzungen von Gebäuden auch Umbauten oder Ausbauten, wie beispielsweise Dachgeschossausbauten.

Bei Instandsetzungen, wie etwa das Abschlagen loser Verputzteile an Fassaden und die Wiederherstellung des Verputzes an dieser Stelle oder der Austausch einer gebrochenen Sandsteinstufe einer Stiegenanlage durch eine neue gleicher Form und Festigkeit, wird durch die Tatsache, dass es sich danach um ein gleichsam teilweise neues Bauteil handelt, am

bestehenden Konsens desselben nichts geändert. Die Anforderungen an die mechanische Festigkeit und Standfestigkeit sind die gleichen, wie zum Errichtungszeitpunkt des Bauteiles bzw. des Gebäudes.

Im Falle von Umbauten oder Ausbauten tritt jedoch die Bewertung der Tragfähigkeit von Konstruktionselementen der Bestandsobjekte besonders in den Vordergrund, da diese als Elemente des erneuerten Gesamtobjektes die gleichen Eigenschaften aufweisen sollten, wie die neu hergestellten Konstruktionsteile [Kolbitsch 2006].

Anforderungen an Gebäude, wie beispielsweise die Sicherheit gegen Erdbebeneinwirkungen, können sich nicht nur auf die neuen Bauteile beschränken, sondern erfordern die Erfassung des Gesamtobjektes.

Fehler in der laufenden Instandhaltung oder durch eingetretene Vulnerabilität (verringerte Widerstandsfestigkeit von Gebäuden) am Gebäude können in diesen Fällen nachteilig bemerkbar machen.

Für den Dachgeschossausbau in Leichtbauweise bestehen Erleichterungen in der Nachweisführung der Ableitung der horizontalen Kräfte zufolge Erdbebeneinwirkung [ON 2002]. Diese Erleichterungen sind jedoch nur dann maßgebend, wenn sich der Gebäudebestand in einem dem Errichtungszustand entsprechendem Aussteifungszustand befindet. Durch Leitungsführungen geschwächte Bauteile sowie im Zuge von baulichen Änderungen entfallene Wandscheiben würden einer solchen Erleichterung somit entgegenstehen und Untersuchungen der gesamten bestehenden Bausubstanz sowie kostenintensive Aussteifungsmaßnahmen auslösen, die auch benützte Bestandsobjekte betreffen könnten.

Es kann somit lediglich eine nicht mehr vorhandene Scheidewand zur Verhinderung von wirtschaftlich sinnvollen Um- und Ausbaumaßnahmen am Bestandsobjekt führen.

In diesem Zusammenhang ist zudem zu bemerken, dass das in Bezug auf gleichwertige Aussteifungsmaßnahmen ersatzlose Entfernen von Scheidewänden im Zuge von Wohnungszusammenlegungen oder Umgestaltungen von Bestandsobjekten (Bad- und Aborteinbauten) in Wien viele Jahre die Regel war und seit der Novelle 2005 der BO für Wien zudem nicht einmal der Zustimmung der Eigentümerin oder des Eigentümers der Wohnung bzw. Gebäudes bedarf [Wiener Landtag 2005].

Die in diesem Zusammenhang der Baubehörde vorgelegten Gutachten, mit denen Scheidewandabtragungen aus statischen Belangen als geringfügig und nicht von Gefährdung auf Leben und Gesundheit von Menschen sowie des Eigentums bestätigt wurden, sind in Anbetracht gegenwärtiger Erkenntnisse betreffend den Aussteifungszustand von Altbauten in die Reihe der erfolgten Planungsfehler und –mängel einzuordnen.

Aus den Ausführungen ist daher erkennbar, dass ein dringender Bedarf an einer Bestandssicherung besteht, die auch eine Bewertung und Sicherstellung der gesamten Tragkonstruktion mit einschließt. In Bezug auf den Altbestand sind dabei insbesondere die vorhandenen aussteifenden Elemente einschließlich der ansonsten nicht tragenden Zwischenwände und die, als horizontale Elemente wirkenden Decken, betroffen [Kolbitsch 2006].

Schlussfolgerung

Eine Gebäudeplanung im Sinne des Facility Managements ist auf den gesamten Lebenszyklus samt allen Aspekten der Nutzung von Gebäuden hin ausgerichtet. Die Ziele dabei sind minimale Lebenszykluskosten verbunden mit maximalen Erträgen und geringem Risiko. Rund 20 – 30 % der Lebenszykluskosten von Wohn- und Bürobauten entfallen auf die Anschaffung, die restlichen 70 – 80 % sind nutzungsbedingte Folgekosten [Bruck et al. 2002].

Das aufgezeigte Ausmaß an Planungsfehlern und deren Auswirkungen stehen den Zielen des Facility Managements entgegen. Es ergibt sich daher die Notwendigkeit, die Projektunterlagen möglichst bereits ab der Planungsphase auf Richtigkeit, Vorschriftsmäßigkeit und Zielerreichung zu überprüfen. Dabei erkannten Defizite sind zu

vermeiden oder zu beseitigen bzw. nach Evaluierung deren Zielbeeinflussung dem Bewirtschaftungskonzept zu Grunde zu legen.

Um bei künftigen Um- und Zubauten am Gebäude den vorhandenen Bestand bestmöglich berücksichtigen und allfällige Auswirkungen hinreichend abschätzen zu können, sind die geprüften Projektunterlagen als fixer Bestandteil in die Gebäudedokumentation einzugliedern.

Um Unklarheiten in der Dokumentation des tatsächlichen Bestandes vorzubeugen, wird vorgeschlagen, erforderliche Recherchen auch auf die der Ausführung zugrunde liegenden Firmenangebote, Abrechnungen, Bautagesberichte, Fotodokumentationen, Begehungsprotokolle, Mängel- und Mängelbehebungsprotokolle, etc. auszuweiten.

Literaturverzeichnis

Balak, M., Rosenberger, R. & Steinbrecher, M. (2005): *1. Österreichischer Bauschadensbericht*. Wien, Österreich: OFI-Institut für Bauschadensforschung und Wirtschaftskammer Österreich, Geschäftsstelle Bau; S. 59 – 60

Bruck, M., Geissler, S. & Lechner, R. (2002): *Total Quality Planung und Bewertung (TQ-PB) von Gebäuden, Leitfaden*. Österreichisches Ökologie-Institut; S. 325, 334

Pflaum, H., Karlberger, P., Wiener, M., Opetnik, W., Rindler, P. & Gruber, G. (2007): *Handbuch des Ziviltechnikerrechts*. Wien, Österreich: LexisNexis Verlag ARD Orac GmbH & Co KG. Pkt. 4.3.1 Fehlende Genehmigungsfähigkeit der Planung; S. 94

Kolbitsch, A. (2006): Standfestigkeit von Bestandsobjekten - Naturbedingte außergewöhnliche Einwirkungen. In: *Wohnbau Forschung in Österreich*, Heft 3; S. 25 - 28.

ON (2002): *ÖNORM B 4015, Belastungsannahmen im Bauwesen - Außergewöhnliche Einwirkungen – Erdbebeneinwirkungen, Grundlagen und Berechnungsverfahren*, Anhang E (normativ): Hinweise zu Altbauten bzw. Mauerwerksbauten allgemein; S. 55

SIA (1997): *Norm 469, Erhaltung von Bauwerken*. Pkt. 4 11; S. 16

VAV (1997): *Allgemeine Versicherungsbedingungen der VAV für die Haftpflichtversicherung von staatlich befugten und beeideten Architekten und*

Zivilingenieuren für Hochbau, Ingenieurkonsulenten und Zivilingenieuren für Bauwesen sowie für Ingenieurkonsulenten für Vermessungswesen und planende Baumeister (AHBA 3/97). Wien, Österreich: VAV Versicherungs-Aktiengesellschaft; Art. 8, Pkt. 3; S. 4

Wiener Landtag: *Wiener Stadtentwicklungs-, Stadtplanungs- und Baugesetzbuch*, LGBI. Nr. 11/1930, zuletzt geändert durch LGBI. Nr. 42/2007, § 129 Abs. 2 und 5, § 129 Abs. 10

Wiener Landtag (2005): *Gesetz mit dem die Bauordnung für Wien geändert wird (Verfahrensnovelle)*, LGBI. 41/2002 vom 15. Juli 2005; S. 217

Umwelt und Klima

Instandhaltung von Bestandsgebäuden – Ein Beitrag zu Umwelt- und Klimaschutz

Dr. –Ing. Carolin Bahr & Prof. Dr. Kunibert Lennerts

Institut für Technologie und Management im Baubetrieb, Universität Karlsruhe, Deutschland

Abstract

Im Gegensatz zum Neubau nimmt die Instandhaltung von Bestandsgebäuden nur wenige Ressourcen in Anspruch und kann darüber hinaus deren Abriss verhindern. Um den Ressourcenverbrauch im Gebäudebereich zu minimieren, sollten Bestandsgebäude möglichst gut instand gehalten werden. Hierfür spielt die Bereitstellung finanzieller Mittel zum richtigen Zeitpunkt eine wesentliche Rolle. Da die Planung der für die Instandhaltung notwendigen Mittel in der Praxis bisher große Schwierigkeiten bereitet, wurde an der Professur für Facility Management der Universität Karlsruhe das Budgetierungsverfahren PABI (praxisorientierte, adaptive Budgetierung von Instandhaltungsmaßnahmen) entwickelt. Mit Hilfe einer Realdatenanalyse von 17 Immobilien wurden die maßgeblichen kostenbestimmenden Parameter ermittelt. Hierbei wurde festgestellt, dass die Kosten für regelmäßige bzw. außerordentliche Instandhaltungsmaßnahmen durch unterschiedliche Parameter beeinflusst werden, so dass PABI zwischen diesen beiden Maßnahmearten unterscheidet. Das Verfahren ermöglicht eine transparente und belastbare Berechnung des für die Instandhaltung notwendigen Budgets, sodass die finanziellen Mittel gezielt bereitgestellt werden können. Mit diesem Hilfsmittel kann der Gebäudebestand besser instand gehalten und somit unnötiger Ressourcenverbrauch und Umweltbelastungen verhindert werden.

Keywords: Instandhaltung von Bestandsgebäuden, Budgetierung von Instandhaltungskosten

Ausgangssituation

Deutschland ist in Besitz eines enormen Gebäudebestandes: Das Bruttobauanlagevermögen beläuft sich 2007 auf über 10 Bil. €, wovon 5,7 Bil. € auf Wohnbauten und 4,3 Bil. € auf Nichtwohnbauten entfallen (Destatis, 2007). Neben dem enormen ökonomischen Wert repräsentieren diese Gebäude auch einen erstaunlichen ökologischen Wert, denn Bauen verbraucht Ressourcen und belastet die Umwelt. Weltweit werden durch Gebäude ca. 40 %

des Energie- und 30 % des Rohstoffverbrauchs in Anspruch genommen (UNEP, 2007). Der Erhalt des Gebäudebestands ist somit nicht nur seitens der Wirtschaftlichkeit von Belang, sondern auch vor dem Aspekt des Umwelt- und Klimaschutzes von großer Bedeutung für unsere Gesellschaft. Der insgesamt wachsende Gebäudebestand verlangt nach einer umfassenden und zunehmend komplexen Instandhaltung und nach einer größeren Aufmerksamkeit als ihm bisher geschenkt wurde. Zwar werden nach Angaben des Bundeskreises Altbauerneuerung im Jahr 2006 bei einem Bauvolumen von insgesamt 126,2 Mrd. € in Deutschland bereits mehr als 60 % für den Gebäudebestand ausgegeben (Bundesarbeitskreis Altbauerneuerung e.V., 2007), jedoch werden Immobilien bisher in der Regel nicht systematisch instand gehalten. Gehandelt wird erst dann, wenn bereits Schäden eingetreten sind. Folgeschäden und die hiermit verbundenen ökonomischen, sowie ökologischen Verluste werden hierbei außer Acht gelassen. Auf diese Weise werden Jahr für Jahr wertvolle Ressourcen sinnlos verschwendet.

Lösungsansatz

Lösungsansatz stellt die systematische Instandhaltung von Bestandsgebäuden dar, wobei hier die fundierte Bemessung der für die Instandhaltung notwendigen finanziellen Mittel eine wichtige Rolle spielt. Vor diesem Hintergrund wurde an der Universität Karlsruhe (TH) das Berechnungsverfahren PABI (praxisorientierte, adaptive Budgetierung von Instandhaltungsmaßnahmen) entwickelt, das es Instandhaltungsverantwortlichen ermöglicht, das zur Instandhaltung ihres Portfolios notwendige Budget belastbar und prospektiv zu bestimmen. Die für die Gebäudeinstandhaltung erforderlichen finanziellen Mittel stehen hierdurch zum richtigen Zeitpunkt bereit.

Analyse von Fallbeispielen

Das Budgetierungsverfahren PABI wurde im Rahmen des Forschungsprojektes BEWIS an der Professur für Facility Management der Universität Karlsruhe (TH) entwickelt. Hier wurden 17 Immobilien mit typischen Gebäudehistorien als sogenannte Fallbeispiele über deren gesamten Lebenszyklus kostenmäßig erfasst und analysiert. Der Verlauf der Instandhaltungskosten der analysierten Immobilien ist in nachfolgender Abbildung in kumulierter Form dargestellt (Bahr, C., 2008).

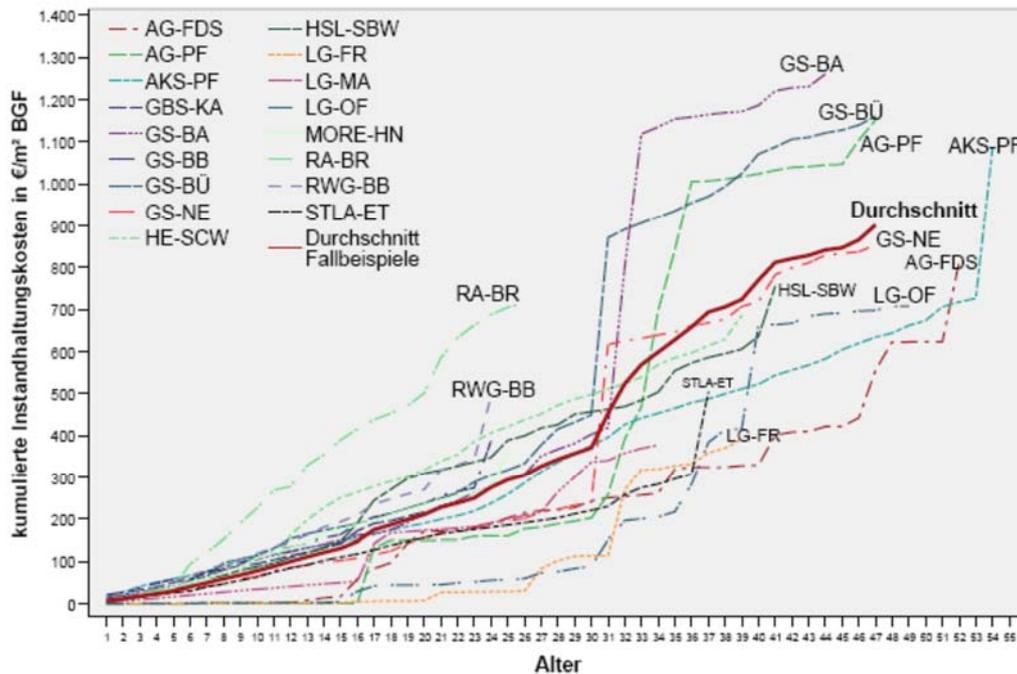


Abbildung 1 Instandhaltungskosten der Fallbeispiele [€/m² BGF] kumuliert (Bahr, C., 2008)

Berücksichtigung von Einflussfaktoren

Da zahlreiche Faktoren auf die jeweiligen Immobilien einwirken und die Kosten der Instandhaltung beeinflussen, stellte die Identifizierung der maßgeblichen Einflussparameter einen wesentlichen Schwerpunkt bei der Entwicklung des Budgetierungsverfahrens PABI dar. Grundsätzlich wurden nachfolgende Gruppen von Einflussfaktoren mit Hilfe der Realdaten näher analysiert:

- gebäudeabhängige Einflüsse, wie z.B. das Gebäudealter oder dessen Größe
- nutzungsabhängige Einflüsse, wie z.B. die Nutzungsart der Immobilie
- standortabhängige Einflüsse, wie z.B. klimatische Verhältnisse, sowie
- sonstige Einflüsse, wie z.B. Politik

Für jeden Einflussfaktor wurde zunächst eine Literaturrecherche durchgeführt und auf theoretischer Basis der Zusammenhang zwischen dem entsprechenden Parameter und dessen Einflusswirkung auf die Instandhaltungskosten hergestellt. Zur Überprüfung der Aussagen wurden diese mit Hilfe der empirischen Realdaten der analysierten Immobilien untersucht.

Die Vorgehensweise wird hier beispielhaft für den Einfluss der Gebäudegröße vorgestellt. Hinsichtlich der Abhängigkeit der beiden Variablen Instandhaltungskosten und Gebäudegröße lagen bei der Literaturrecherche widersprüchliche Aussagen vor. Während (Simons, K., Sager, R., 1980) und (Schub A., Stark K., 1985) von steigenden Instandhaltungskosten pro Quadratmeter mit zunehmender Gebäudegröße ausgehen, zeigen die Kennzahlen des BMI Special Report 341 (BMI, 2005) den umgekehrten Zusammenhang auf. Mit Hilfe der erfassten Realdaten wird nun der tatsächliche Einfluss der Gebäudegröße auf die Höhe der Instandhaltungskosten untersucht. Hierfür wurden die Immobilien in zwei Größencluster aufgeteilt und die durchschnittlichen Instandhaltungskosten in kumulierter Form gegenübergestellt (vgl. Abbildung 2).

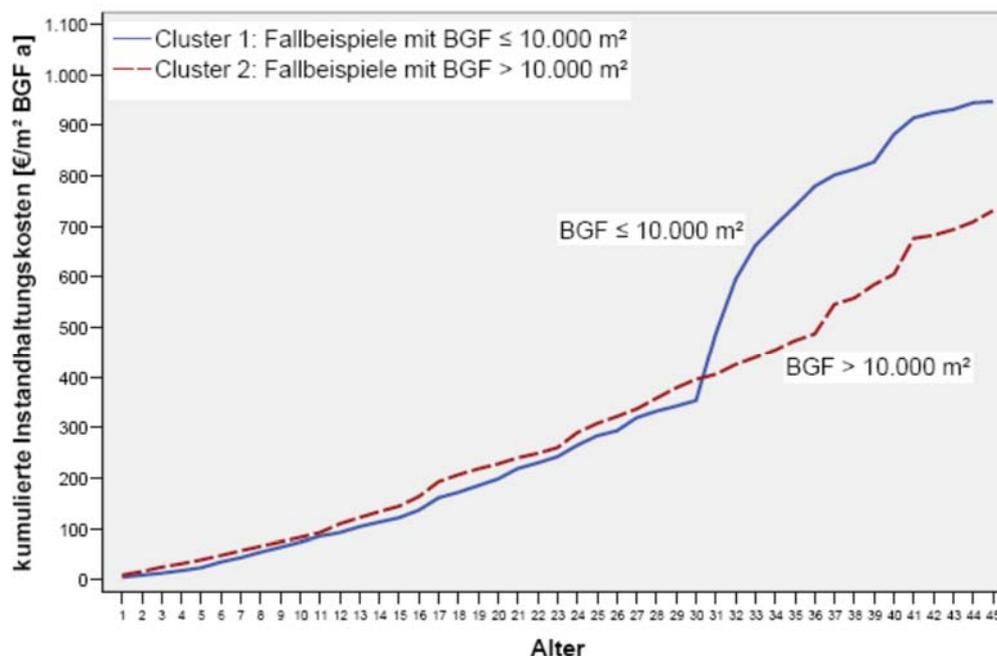


Abbildung 2: Kumulierte IHK, Fallbeispiele geclustert nach Gebäudegröße (Bahr, C., 2008)

Die Auswertung zeigt, dass die Instandhaltungskosten der beiden Cluster innerhalb der ersten 30 Lebensjahre nahezu gleich groß sind und sich erst ab dem Alter von 30 Jahren voneinander unterscheiden. Für die älteren Immobilien liegen die Kosten der größeren Immobilien deutlich unterhalb der kleinen. Es stellt sich die Frage, wieso gerade ab dem Alter von 30 Jahren ein Einfluss der Gebäudegröße zu erkennen ist. Antwort hierauf gibt die Betrachtung der Art der an den Immobilien durchgeführten Instandhaltungsmaßnahmen. Da die Daten maßnahmengenaу erfasst wurden, konnten diese über das Alter hinweg differenziert nach den Grundmaßnahmen der Instandhaltung nach DIN 31051 (DIN 31051, 2003) betrachtet werden.

Zur Vereinfachung wurden die Maßnahmen „Wartung“, „Inspektion“ und „Instandsetzung“ zusammengefasst und repräsentieren hiermit die regelmäßigen Instandhaltungstätigkeiten, wobei die „Verbesserung“ für große außerordentliche Instandhaltungsarbeiten, die im Abstand von mehreren Jahrzehnten durchgeführt werden, steht. Die nachfolgende Abbildung 3 verdeutlicht, dass größere Instandhaltungsarbeiten insbesondere im Alter zwischen 30 und 40 Jahren durchgeführt werden und die Höhe der regelmäßigen Instandhaltungsaufwendungen bei weitem überschreiten (Bahr, C., 2008).

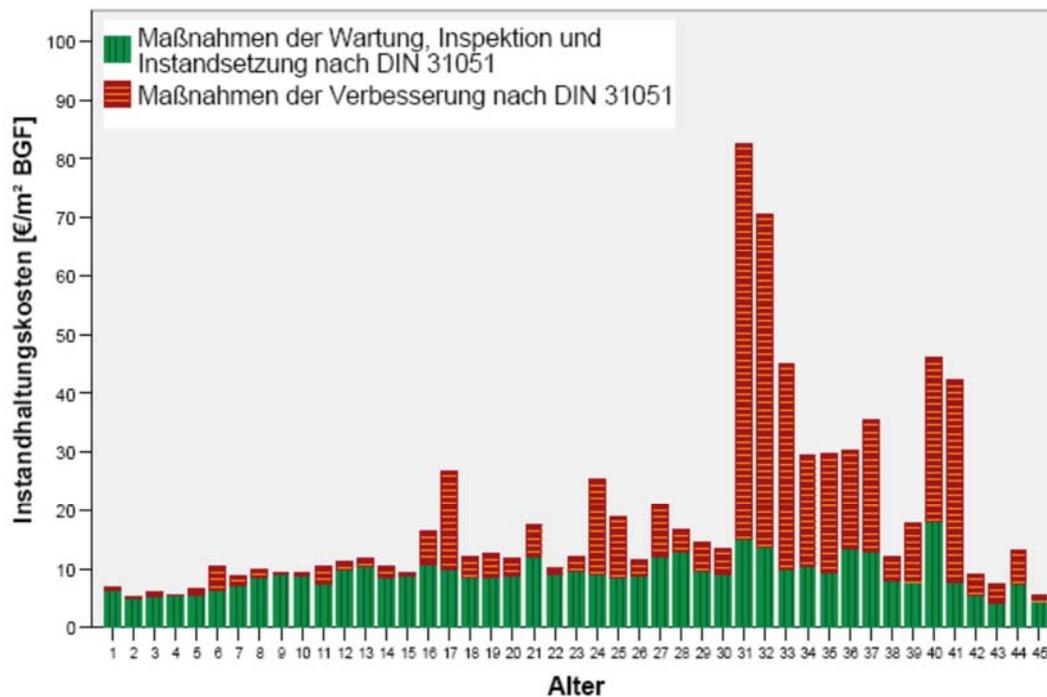


Abbildung 3: Durchschnittliche Instandhaltungskosten nach Art der Maßnahme (Bahr, C., 2008)

Darüber hinaus zeigt die dargestellte Grafik, dass die Kosten der regelmäßigen Instandhaltungsmaßnahmen über das gesamte Alter der Immobilien weitgehend konstant sind und hierbei innerhalb der ersten drei Jahrzehnte den größeren Kostenpart einnehmen. Für die Einflusswirkung der Immobiliengröße auf die Höhe der Instandhaltungskosten bedeutet dies, dass sich die Größe zwar nicht auf die Kosten der regelmäßigen Instandhaltungsmaßnahmen auswirkt, jedoch im Rahmen umfassender Sanierungsarbeiten eine wichtige Rolle spielt (Bahr, C., 2008).

Auch die Analyse weiterer Parameter hat gezeigt, dass die Einflusswirkung sehr stark von der Art der durchgeführten Instandhaltungsmaßnahme abhängt. So wirkt sich der Technikanteil einer Immobilie beispielsweise zwar stark auf die Höhe der regelmäßigen Instandhaltungskosten aus, nicht jedoch auf die außerordentlichen Sanierungsarbeiten. Für

diese Art der Instandhaltungsarbeiten sind Parameter, wie zum Beispiel die Gebäudegeometrie wichtige Kostentreiber, welche wiederum für die regelmäßigen Maßnahmen nicht von Bedeutung sind. Die Tatsache, dass die Parameter sich auf die Kosten der beiden Maßnahmengruppen unterschiedlich auswirken, könnte auch eine Erklärung der sich teils widersprechenden Aussagen verschiedener Studien in der Literatur sein, denen dann vermutlich jeweils Instandhaltungskosten aus den verschiedenen Maßnahmengruppen zugrunde liegen (Bahr, C., 2008).

Keines der bisherigen Budgetierungsverfahren zur Planung des Instandhaltungsbudgets differenziert zwischen unterschiedlichen Maßnahmenarten. Hierdurch erklärt sich auch der schlechte Zustand der Bestandsgebäude und der vom Deutschen Institut für Urbanistik prognostizierte Investitionsbedarf von 686 Mrd. Euro bis zum Jahr 2009 (Difu, 2005). Um den Rückbau von Immobilien und somit auch die Verschwendung von Ressourcen zu vermeiden, spielt der Werterhalt und somit auch die richtige Budgetierung der für die Instandhaltung notwendigen Mittel eine wichtige Rolle. Die Auswertungen zeigen, dass hierbei zwischen regelmäßigen und außerordentlichen Instandhaltungsmaßnahmen differenziert werden muss.

Budgetierungsverfahrens PABI

Da bisherige Budgetierungsansätze den unterschiedlichen Bedarf verschiedener Maßnahmenarten nicht berücksichtigen, wurde an der Professur für Facility Management ein innovatives Budgetierungsverfahren mit dem Namen PABI (praxisorientierte, aadaptive Budgetierung von Instandhaltungsmaßnahmen) entwickelt, das zwischen regelmäßigen und außerordentlichen Instandhaltungsmaßnahmen unterscheidet. Für beide Maßnahmentearten wird als Berechnungsgrundlage der Wiederbeschaffungswert des Gebäudes gewählt, jedoch unterscheidet sich der Bemessungsparameter, also der Prozentsatz, abhängig von der Art der Maßnahme in seiner Größe. Die bei den Analysen identifizierten Kosten bestimmenden Parameter berücksichtigt PABI mit Hilfe so genannter Gewichtungsfaktoren. Auf diese Weise kann das Budgetierungsverfahren in Zukunft leicht ergänzt oder fallspezifisch angepasst werden. Darüber hinaus ermöglicht die Modifizierung mit Hilfe von Gewichtungsfaktoren durch das Berücksichtigen oder auch Vernachlässigen bestimmter Faktoren die Genauigkeit entsprechend der Anforderungen zu skalieren. Bei der Entwicklung des Verfahrens wurde insbesondere darauf geachtet, dass nur einfache Rechnungen durchzuführen sind und das

Verfahren somit in der Praxis auch tatsächlich verwendet werden kann. Der entwickelte Ansatz zur Berechnung des Instandhaltungsbudgets ist in nachfolgender Formel dargestellt (Bahr, C., 2008):

$$B_{IH} = \sum_{i=1}^n \underbrace{1,2 \% \cdot WBW_i \cdot KF_{I,W,IS,i}}_{\text{regelmäßige Maßnahmen}} + \sum_{i=1}^n \underbrace{4,4 \% \cdot WBW_i \cdot KF_{V,i}}_{\text{außerordentliche Maßnahmen}}$$

B_{IH}	<i>Instandhaltungsbudget</i>	WBW	<i>Wiederbeschaffungswert</i>
i	<i>Laufindex über Immobilien</i>	n	<i>Anzahl der Immobilien</i>
KF	<i>Korrekturfaktor zur Berücksichtigung von Einflussfaktoren</i>		
i,W,IS	<i>Regelmäßige IH-Maßnahmen wie z.B. Inspektion, Wartung und Instandsetzung nach DIN 31051</i>		
V	<i>Ausserordentliche IH-Maßnahmen mit Projektcharakter wie z.B. Maßnahmen der Verbesserung nach DIN 31051</i>		

Die Korrekturfaktoren berechnen sich durch Multiplikation von Gewichtungsfaktoren, entsprechend der Eigenschaften des Immobilienportfolios. Hinsichtlich der Einfachheit und der Anwendbarkeit in der Praxis, konzentriert sich das Verfahren auf die Berücksichtigung der wichtigsten Einflussparameter und vernachlässigt die unbedeutenden.

Die an der Universität Karlsruhe (TH) durchgeführten Analysen zeigen, dass im Rahmen des zu entwickelnden Budgetierungsverfahrens PABI nachfolgende Parameter bei der entsprechenden Maßnahmenart zu berücksichtigen sind:

Tabelle 1: Zu berücksichtigende Einflussparameter

Maßnahmen der Wartung, Inspektion und Instandsetzung	Maßnahmen der Verbesserung
Gebäudealter	Gebäudealter
Technikanteil	Gebäudegeometrie
Nutzungsart	Qualität der Planung und Erstellung
Qualität der Planung und Erstellung	

Für Maßnahmen der Wartung, Inspektion und Instandsetzung sind dies Gewichtungsfaktoren für das Gebäudealter, sowie den Technikanteil der Immobilien und die Art der Nutzung. Für die außerordentlichen Instandhaltungsmaßnahmen spielt neben dem Gebäudealter vor allem die Gebäudegeometrie bzw. die Kompaktheit eine wesentliche Rolle. Die Qualität der

Planung und Erstellung wirkt sich auf beide Maßnahmenarten aus, wobei die Einflusswirkung bislang nur qualitativ bestimmt werden kann (Bahr, C., 2008).

Der Korrekturfaktor ($K_{I,W,IH}$) für regelmäßige Instandhaltungsarbeiten mit Maßnahmen der Wartung, Inspektion und der Instandsetzung nach DIN 31051 wird somit durch die Multiplikation der nachfolgenden Gewichtungsfaktoren ermittelt:

$$KF_{I,W,IS} = G_{Aj} \cdot G_T \cdot G_N \cdot G_{FMj}$$

<i>KF</i>	<i>Korrekturfaktor zur Berücksichtigung von Einflussfaktoren</i>
<i>I,W,WIE</i>	<i>Regelmäßige IH-Maßnahmen wie z.B. Wartung, Inspektion und Instandsetzung nach DIN 31051</i>
<i>G_A</i>	<i>Gewichtungsfaktor für das Gebäudealter</i>
<i>G_T</i>	<i>Gewichtungsfaktor für den Technikanteil</i>
<i>G_N</i>	<i>Gewichtungsfaktor für die Art der Nutzung</i>
<i>G_{FM}</i>	<i>Gewichtungsfaktor für die Qualität der Planung und Erstellung</i>
<i>j</i>	<i>regelmäßig</i>

Der Korrekturfaktor (K_v) für die außerordentlichen Instandhaltungsmaßnahmen berechnet sich hingegen aus den Gewichtungsfaktoren für das Gebäudealter, die Gebäudegeometrie sowie die Qualität der Planung und Erstellung.

$$KF_v = G_{Ae} \cdot G_G \cdot G_{FMe}$$

<i>KF</i>	<i>Korrekturfaktor zur Berücksichtigung von Einflussfaktoren</i>
<i>v</i>	<i>Ausserordentliche IH-Maßnahmen mit Projektcharakter wie z.B. Maßnahmen der Verbesserung nach DIN 31051</i>
<i>G_G</i>	<i>Gewichtungsfaktor für die Gebäudegeometrie</i>
<i>G_{FM}</i>	<i>Gewichtungsfaktor für die Qualität der Planung und Erstellung</i>
<i>e</i>	<i>ausserordentlich</i>

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass alle weiteren Faktoren keine wesentlichen Abweichungen des Instandhaltungsbedarfes der analysierten Fallbeispiele zur Folge haben und somit bei der Budgetierung vernachlässigt werden können.

Resultat

Durch eine transparente und belastbare Berechnung des für die Instandhaltung notwendigen Budgets und somit die zielgerichtete Bereitstellung der finanziellen Mittel kann der

Werterhalt von bestehenden Gebäuden maßgeblich verbessert werden. Da die Instandhaltung im Vergleich zum Neubau nur wenig Ressourcen in Anspruch nimmt und der Abriss von Gebäuden durch eine nachhaltige Instandhaltung verhindert werden kann, wirkt sich diese neben den ökonomischen Vorteilen auch positiv auf unsere Umwelt und Gesellschaft aus.

Deutschland hat sich dem Prinzip der Nachhaltigkeit verpflichtet, weshalb Forschung im Bereich der Instandhaltung eine wichtige Rolle spielt. Im Vergleich zu bisher eher kurzfristig orientierten Vorgehensweisen, ermöglicht die ganzheitliche und strategische Planung werterhaltender Maßnahmen, Immobilienbesitzern ein enormes Einsparpotential und die Schonung von wertvollen Ressourcen.

Literaturverzeichnis

- Bahr, C. (2008): Realdatenanalyse zum Instandhaltungsaufwand öffentlicher Hochbauten – Ein Beitrag zur Budgetierung, Dissertation an der Professur für Facility Management der Universität Karlsruhe (TH). Download unter: <http://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/1000009077>
- BMI, (2005): Building Maintenance Information: Review of Maintenance Costs. Serial 341 BMI Special Report – May 2005, RICS, London
- Bundesarbeitskreis Altbaurenewerung e.V. (2007): Der BAKA stellt sich den erweiterten Beratungsaufgaben im Wachstumsmarkt „Bauen im Bestand“, Presseinformation vom 15.01.2007
- Destatis (2007): statistisches Bundesamt: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen. Inlandsproduktberechnung, detaillierte Jahresergebnisse, Wiesbaden
- Difu, (2005): Deutsches Institut für Urbanistik
- DIN 31051, (2003): Grundlagen der Instandhaltung, Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag, Berlin
- Simons, K., Sager, R. (1980): Berechnungsmethoden für Baunutzungskosten; Schriftenreihe Bau- und Wohnforschung des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Bonn

Schub A., Stark K., (1985): Life Cycle Cost von Bauobjekten, Methoden zur Planung von Folgekosten; Schriftenreihe der Gesellschaft für Projektmanagement, Verlag TÜV Rheinland, Köln

UNEP (2007): Sustainable Building and Construction Initiative

Projektbezogene Spezifizierung der kalkulatorischen Lebensdaueransätze gebäudetechnischer Komponenten

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt. Guido Hardkop

Lehrstuhl für Baubetrieb und Gebäudetechnik, RWTH Aachen University, Deutschland

Abstract

Die Ermittlung von Gebäudelebenszykluskosten gewinnt seit Jahren an Bedeutung, jedoch kann eine belastbare Kalkulation noch nicht in allen Bereichen sichergestellt werden. Zum Beispiel finden die Abschätzungen der Lebensdauer gebäudetechnischer Komponenten bislang ausschließlich anhand von groben Kennwerten statt, obwohl die Instandsetzungs- und Reinvestitionskosten der Komponenten einen bedeutsamen Teil der Lebenszykluskosten ausmachen. Insbesondere die Bandbreite und das daraus resultierende Zielwertspektrum der vorhandenen Kennwerte verdeutlichen den Bedarf an aktuellen und aussagekräftigen Lebensdauerangaben sowie an einer Methodik zur Berücksichtigung der vorhandenen Einwirkungen. Auf der Grundlage existierender Verfahren wurde für den Bereich der Gebäudetechnik eine Methodik entwickelt, die eine projektspezifische Diskretisierung des Erwartungswertes der technischen Lebensdauer anhand der relevanten Einflüsse ermöglicht.

Der Beitrag beinhaltet Ergebnisse einer Dissertation, die zurzeit am Lehrstuhl für Baubetrieb und Gebäudetechnik der RWTH Aachen von Prof. Dr.-Ing. Marten F. Brunk betreut wird.

Keywords: Lebensdauer, Lebenszykluskosten, Gebäudetechnik, Lebenszyklus

Einleitung

Die stetig wachsende Bedeutung von Lebenszyklusbetrachtungen bei Gebäuden hat unterschiedliche Gründe, welche sowohl immobilienwirtschaftlicher als auch gesellschaftlicher Art sind. Die Immobilie hat zum einen als Kostenposition und Wertanlage an Bedeutung gewonnen, zum anderen sind auch die individuellen wie gesellschaftlichen Ansprüche an sie gestiegen. Da diese auch künftig zunehmen werden, ist mit einer wachsenden Relevanz der Lebenszyklusbetrachtungen von Gebäuden zu rechnen.

Ihren wesentlichen Impuls erhält die vorliegende Auseinandersetzung durch die strukturellen Veränderungen im Baugeschehen, welche beispielhaft anhand der Begriffe PPP, BOT und FM (Public Private Partnership, Build-Operate-Transfer, Facility Management) subsumiert

werden können. Die Auswirkungen dieses Wandels auf die Bauwirtschaft lassen sich in drei Erweiterungsdimensionen konkretisieren: Leistungsspektrum, Zeithorizont und Verantwortung (vgl. Abb. 1).

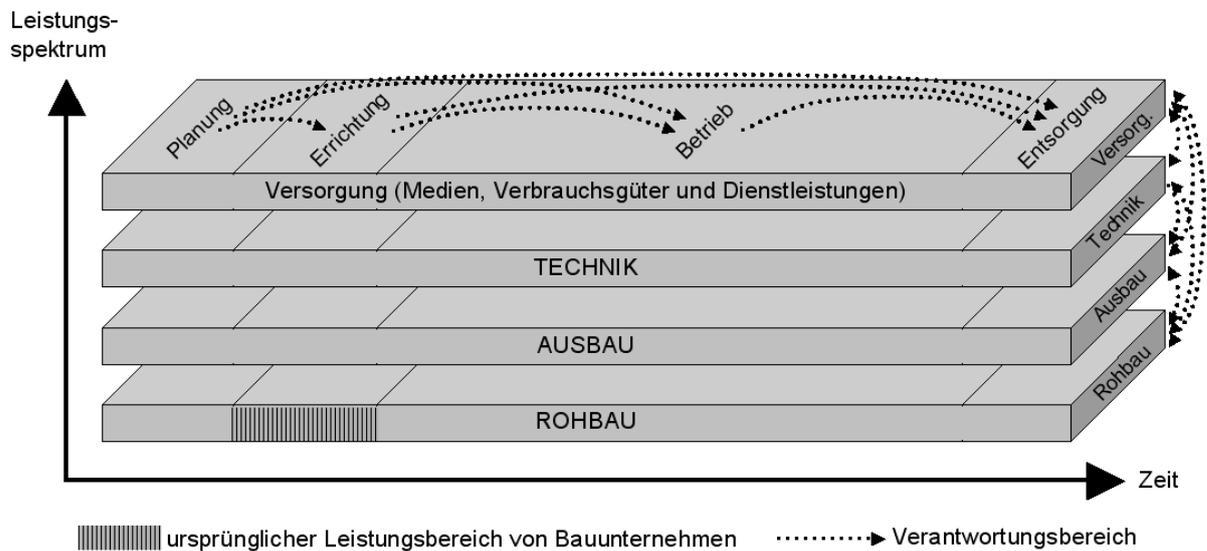


Abb. 1: Erweiterung der Dimensionen im Bauwesen

Besondere Bedeutung hat diese Entwicklung für die beteiligten Unternehmen im Rahmen der Kalkulation. Diese weitet sich von der Kalkulation der Herstellung auf die Kalkulation der Herstellung und des Betriebes der betrachteten Objekte aus. Dabei vergrößert sich nicht nur das zu erbringende Leistungsangebot, sondern es sind vielfältige, neuartige Interdependenzen zu berücksichtigen. Ein Lebenszyklusprojekt umfasst mehr als die Bündelung von eindeutig abgegrenzten Einzelleistungen. Vor allem die Abschätzung der mit dem Projekt verbundenen Lebenszykluskosten ist ein bedeutsamer Teil dieses Gesamtkomplexes.

Grundlagen der Lebenszykluskostenkalkulation

Der entscheidende Mechanismus zur Determinierung des ökonomischen Erfolges eines Lebenszyklusprojektes liegt in der Genauigkeit der über den Betrachtungszeitraum geschätzten Gesamtkosten. Methoden zur Lebenszykluskostenermittlung existieren seit vielen Jahren und werden auf breiter Basis angewendet und genutzt. Zum Beispiel sollen nach dem Beschluss der Bundesregierung zur verstärkten Innovationsorientierung (Bundesregierung 2007) auch im Bereich der öffentlichen Beschaffung Bewertungen von Angeboten unter Berücksichtigung von Lebenszykluskosten vorgenommen werden. Dabei wird die Abschätzung der Folgekosten aufgrund fehlender Rechenmodelle als ausreichend angesehen.

Obwohl bereits zahlreiche Lebenszyklusprojekte initiiert wurden, werden häufig Verfahren genutzt, die nur eine überschlägige Antizipation der zukünftigen Kostenergebnisse vornehmen. Auch der in Unternehmen vorliegende Wissensstand kann als ungenügend beschrieben werden, da belastbare Informationen bislang nicht in ausreichendem Maße vorliegen.

Bei der Abschätzung von Lebenszykluskosten ist neben dem dominierenden Bereich des Energieverbrauchs insbesondere der Instandsetzung aufgrund der verursachten Kosten und des bestehenden Informationsbedarfs große Bedeutung beizumessen. Kritisch sind dabei vor allem die kalkulatorischen Lebensdauerannahmen zu gebäudetechnischen Komponenten.

Im Rahmen einer umfassenden Literaturrecherche konnten für den Bereich der Gebäudetechnik ca. 1.500 Lebensdauerangaben akkumuliert werden. Die Analyse schließt mit der Erkenntnis, dass der aktuelle Stand in Bezug auf Umfang, Verteilung, Aktualität und Aussagekraft der Daten für verbindliche Kalkulationen als unbefriedigend zu betrachten ist. Vor allem der Einsatz statischer Kennzahlen ist für gebäudetechnische Anlagen unzureichend. Die in den Datensammlungen festgestellten Bandbreiten der Lebensdauer von technischen Komponenten verdeutlichen diesen Sachverhalt (vgl. Abb. 2).

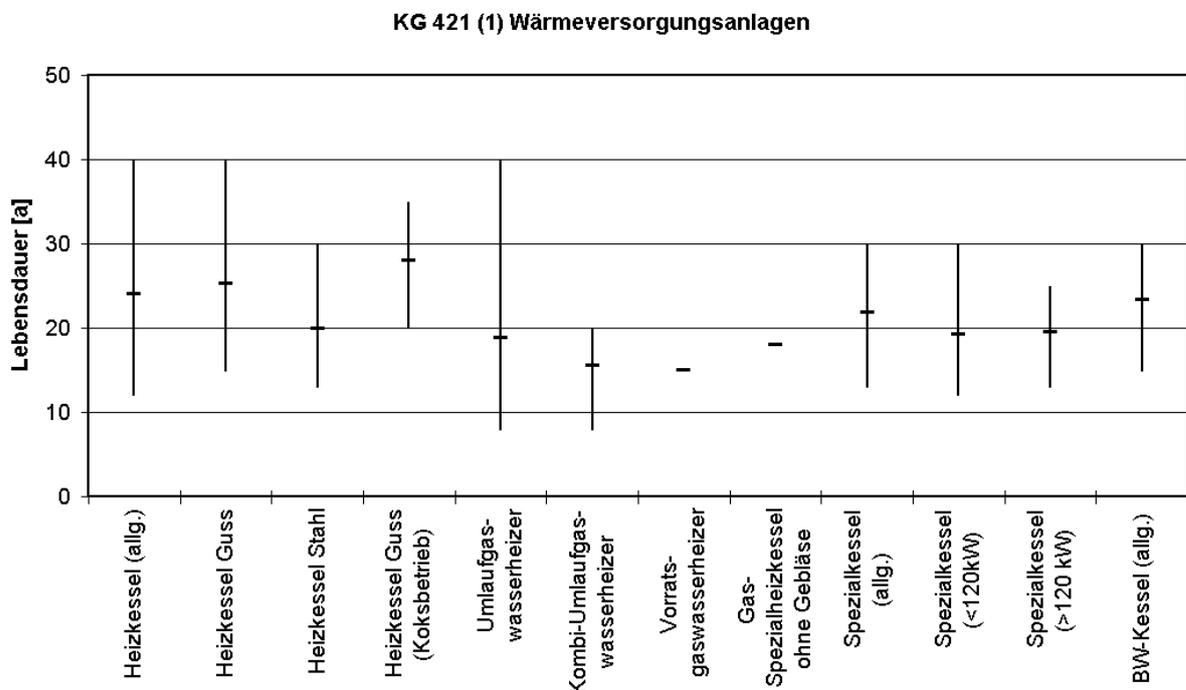


Abb. 2: Verdeutlichung der Bandbreiten vorhandener Literaturangaben (Auszug)

Die in der Regel vorliegenden Mittelwerte eignen sich zur Nutzung als grobe Richtwerte, auf keinen Fall aber zur belastbaren Abschätzung der Lebensdauer von technischen

Komponenten. Dabei ist vor allem die fehlende Berücksichtigung der vorhandenen Einflüsse auf die Höhe der Lebensdauer ursächlich. Aus diesem Mangel an differenzierten spezifischen Kennwerten leitet sich die Grundidee der durchgeführten Arbeit ab, die vorhandenen Verfahren zur Kalkulation von Lebenszykluskosten im Bereich gebäudetechnischer Anlagen um Lösungsansätze zur Berücksichtigung von elementaren Einflussgrößen auf die Lebensdauer der Komponenten zu erweitern.

Methodik zur Integration spezifischer Einflüsse

Die Ansätze zur Vorhersage der Lebensdauer lassen sich unterteilen in analytisch-probabilistische und statistisch-approximierende Methoden. Analytische Prognosemethoden sind für Kalkulationen aufgrund des erforderlichen Aufwandes und des Mangels an notwendigen Informationen ungeeignet. Approximierende Verfahren hingegen werden seit einigen Jahren erfolgreich eingesetzt. Stand der Wissenschaft in diesem Feld ist das Verfahren nach ISO 15686, das die Einflüsse auf die Lebensdauer von Bauobjekten anhand des Faktorenansatzes rechnerisch berücksichtigt. Es besteht jedoch Handlungsbedarf, da die Methodik der ISO für gebäudetechnische Komponenten wenig konkrete Ansätze enthält und in Bezug auf den Ermittlungsprozess Optimierungspotenzial festgestellt werden kann.

Die Weiterentwicklung des Verfahrens besteht primär in der konsistenten Herleitung des entscheidungstheoretischen Rechenalgorithmus. Dabei sind vor allem die ergebnisrelevante Differenzierung zwischen den unterschiedlichen Einflussbereichen und die transparente Beschränkung des Zielwertspektrums von Belang. Für die Struktur der Einflussgrößen wurde eine Gliederung gewählt, die den gesetzten Ansprüchen in Bezug auf Allgemeingültigkeit und Vollständigkeit gerecht wird. Diese orientiert sich an den Lebenszyklusphasen und unterteilt zunächst in die Einflussphasen Herstellung, Planung, Montage und Betrieb. Auf Basis dieser Struktur wurden die vorliegenden Felder weiter diversifiziert und 19 untergeordnete Einflussbereiche (z. B. Produktqualität, Auslegung, Montage, Instandhaltung) festgesetzt. Die Ermittlung des Erwartungswertes der technischen Lebensdauer (ETLD) anhand eines durch Einflussfaktoren angepassten Referenzwertes (RTLTD) nach dem Beispiel der Norm wird grundsätzlich beibehalten (vgl. Abb. 3), jedoch im Detail vollständig überarbeitet.

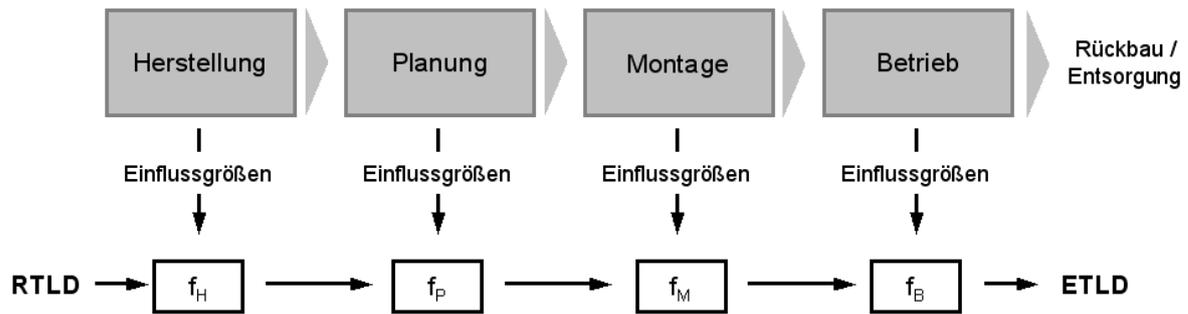


Abb. 3: Ermittlung des Erwartungswertes der technischen Lebensdauer (ETLD)

Die Phasenfaktoren $f_{L,k,i}$ geben die Bandbreite des Lebensdauereinflusses der Einflussphase L an, welche im spezifischen Fall i durch die vorliegenden Ausprägungen der enthaltenen Einflussbereiche bei der Komponente k erreicht werden kann.

$$ETLD_{k,i} = RTLD_{MW,k} \cdot \prod_L f_{L,k,i} \quad (1)$$

Die übergeordneten Einflussphasen und die enthaltenen Einflussbereiche werden gewichtet (g_L bzw. $g_{L,j}$) und mit der möglichen Bandbreite der Lebensdauer ΔLD auf das Zielwertspektrum skaliert. Anhand von projektspezifischen Einflussbewertungen $x_{L,j,i}$ kann dann der Erwartungswert der technischen Lebensdauer wie folgt ermittelt werden:

$$ETLD_{k,i} = RTLD_{MW,k} \cdot \prod_L [1 + g_L \cdot \sum_{j=1}^m (g_{L,j} \cdot x_{L,j,i}) \cdot \Delta LD] \quad (2)$$

Erhebung geeigneter Eingangsdaten

Um die entwickelte Methodik praktisch nutzbar zu machen, wurde eine Prozesskette zur Generierung der erforderlichen Datengrundlage erarbeitet. Aufgrund des Mangels an Informationen war diesbezüglich eine eigenständige Erhebung notwendig. Diese wurde als Mixed Model durch Kombination quantitativer und qualitativer Verfahren konzipiert, um die heterogenen Erfordernisse zu befriedigen. Die Befragung erfolgte nach der Delphi-Methode, um auf strukturiertem Wege eine nutzbare Erhebung unter Experten zu gewährleisten.

Für den geplanten Zweck wurden eine adäquate Erhebungsmethodik und ein zielgerechtes Befragungskonzept entworfen. Die Beschränkung der Anzahl der zu untersuchenden Komponenten auf ein sinnvolles Maß an Key-Komponenten wurde anhand der Kriterien Kostenverursachung, kritische Lebensdauer und bestehender Informationsbedarf vorgenommen. Die so determinierten exemplarischen Untersuchungsgegenstände Kessel,

Brenner, Pumpen, Ventilatoren und Kältekompresoren wurden im Hinblick auf die gängigen Arten ihrer Nutzung untersucht und durch Komponentencuster in 15 Unterkomponenten eingeteilt.

Zur Generierung der Lebensdauerangaben und der Einflussgrößen wurden im Rahmen der Untersuchung rund 100 erfahrenen TGA-Fachleuten aller am Lebenszyklus von Gebäuden beteiligten Gruppierungen Fragebögen zugeleitet. Die Erhebung schließt mit ca. 500 Angaben für den Bereich der Lebensdauer. Die Ergebnisse weisen bei allen Elementen eine gute Übereinstimmung auf. Bei einigen Komponenten sind jedoch deutliche Abweichungen von den in der Regel höheren Literaturangaben festzustellen.

Für den Bereich der Einflussgrößen konnten von 46 Fachleuten insgesamt 276 Fragebögen ausgewertet werden. Eine lebenszyklusphasenbezogene Gewichtung der Einflussgrößen nach der Gruppenzugehörigkeit der befragten Personen wurde nicht identifiziert, die Einschätzungen sind nahezu gleichgerichtet. Die durchschnittlichen Beurteilungen der übergeordneten Einflussphasen liegen in einem engen Spektrum. Die Bewertungen der untergeordneten Einflussbereiche weisen hingegen eine deutliche Bandbreite auf (vgl. Abb. 4). Die Detailauswertung erfolgte nach Einflussbereichen, Gruppierungen und Komponenten.

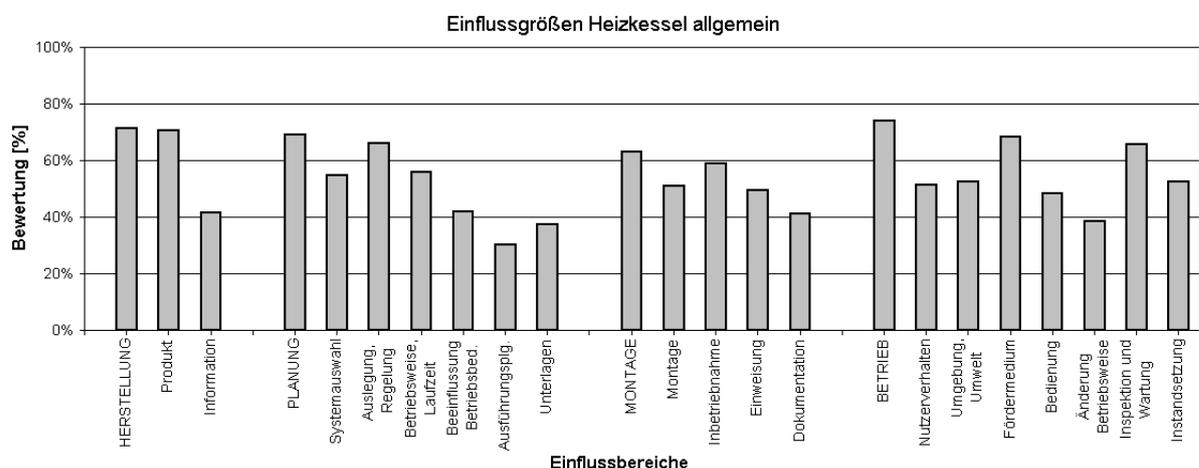


Abb. 4: Diagramm Erhebung Einflussgrößen, Beispiel Heizkessel allgemein

Als Resultat liefert die Erhebung eine Datengrundlage von Lebensdauereinschätzungen und Bewertungen der im Lebenszyklus auf die unterschiedlichen Komponenten einwirkenden Größen. Das wesentliche Ziel der Erhebung, die Generierung von Eingangswerten für das aufgestellte Verfahren, wurde erreicht. Außerdem kann konstatiert werden, dass zwischen der Lebensdauer und den festgelegten Einflussbereichen eine abzubildende Beziehung besteht.

Integration und Aufbereitung

Nach Abschluss und Auswertung wurden die Ergebnisse in den zuvor aufgestellten Berechnungsalgorithmus eingearbeitet und anhand von realen Beispielen validiert. Die Überprüfung schließt mit der grundsätzlichen Verifizierung des Verfahrens.

Auf der Basis von Schätzwerten kann ein zufriedenstellendes Ergebnis erzielt werden, wenn die genutzten Eingangsgrößen ein gutes Maß an Bestimmtheit besitzen. Da die vorhandene Unsicherheit von Prognosen auch durch ein verbessertes Ermittlungsverfahren nicht vollständig beseitigt werden kann, bestand ein bedeutsames Ziel der Arbeit in der Schaffung von Transparenz. Für die Absicherung der Nutzbarkeit der ermittelten Ergebnisse sind Untersuchungen der statistischen Belastbarkeit unerlässlich. Zur Diskretisierung der bestehenden Unsicherheit der Resultate wurden Konfidenzintervalle für eine übliche Wahrscheinlichkeit von 95 % ermittelt. Die Konfidenzintervalle geben die Genauigkeit der Ergebnisse auf Basis der Bestimmtheit der verwendeten Eingangswerte an und beziehen dabei auch den vorhandenen Erhebungsumfang ein. Ein akzeptables Konfidenzintervall des Erwartungswertes von 25 % lässt sich zum Beispiel erreichen, wenn alle eingehenden Größen im Mittel ein relatives Konfidenzintervall von rund 11 % haben. Eine solche Genauigkeit wird in der Untersuchung bei den Komponenten erzielt, für die Daten aus mehr als 20 Befragungen vorliegen.

Nach der erfolgreichen Validierung wurde zur Unterstützung der Anwendung des Verfahrens ein Leitfaden erarbeitet, der zusätzlich zur Verdeutlichung der Vorgehensweise (vgl. Abb. 5) auch eine Aufstellung von Referenzlebensdauerangaben und Informationen zur Bewertung der Einflussgrößen umfasst.

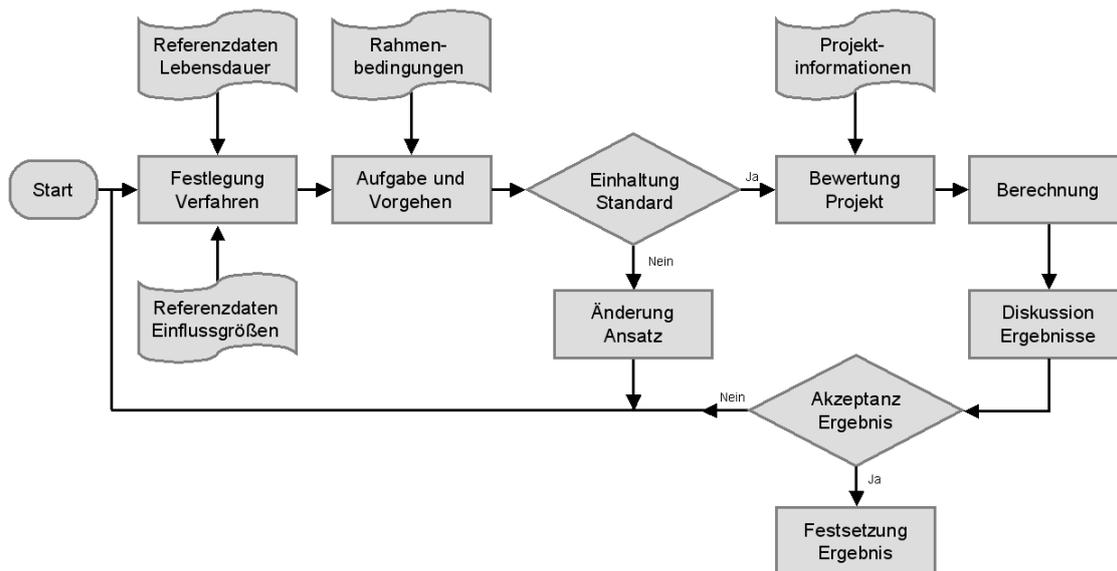


Abb. 5: Flussdiagramm Vorgehensweise

Abschließende Bewertung

Die vorgestellte Arbeit leistet einen Beitrag zur Verbesserung und Systematisierung des Vorgehens bei der Abschätzung der Lebensdauer gebäudetechnischer Komponenten unter Anwendung statistischer Kontrollverfahren. Zusätzlich zur Vereinheitlichung der Strukturen und der Erweiterung der Datengrundlage wird die Nutzbarmachung der vorliegenden Einflussbereiche durch ein mit erfahrenen Fachleuten abgesichertes Verfahren erreicht.

Das entwickelte Verfahren verdeutlicht in transparenter Weise die integralen Belange von Lebenszyklusprojekten und kann so das Bewusstsein und die zielgerichtete Motivation der beteiligten Personen verbessern. Damit stellt es einen notwendigen Schritt zur Weiterentwicklung lebenszyklusorientierter Ansätze dar und kann als Ausgangsbasis für weitere Maßnahmen dienen. Auf dieser Grundlage sollte die derzeit unzureichende Datenbasis von allen beteiligten Fachleuten zielgerichtet ausgebaut werden.

Literaturverzeichnis

Bundesregierung (2007): Beschluss der Bundesregierung zur verstärkten

Innovationsförderung öffentlicher Beschaffung, Aktenzeichen B 15 - O 1082 - 000/2, Berlin.

ISO (2000): ISO 15686-1, Buildings and constructed Assets, Service Life Planning, Part 1: General Principles, Genf.

