

BIGMODERN Subprojekt 4: Planungsbegleitende Lebenszykluskostenanalyse

Leitprojekt: Nachhaltige Sanierungsstandards für
Bundesgebäude der Bauperiode der 50er bis 80er Jahre

D. Jäger, G. Hofer, K. Leutgöb, M. Grim, B. Jörg, B. Herzog

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

16/2013

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

BIGMODERN Subprojekt 4: Planungsbegleitende Lebenszykluskostenanalyse

Leitprojekt: Nachhaltige Sanierungsstandards für
Bundesgebäude der Bauperiode der 50er bis 80er Jahre

Mag. Dirk Jäger
Bundesimmobiliengesellschaft m. b. H.

DI (FH) Gerhard Hofer, Mag. Klemens Leutgöb,
DI Margot Grim, DI Barbara Jörg
e7 Energie Markt Analyse GmbH

DI Bernhard Herzog
M.O.O.CON GmbH

Wien, Februar 2013

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm *Haus der Zukunft* des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Die Intention des Programms ist, die technologischen Voraussetzungen für zukünftige Gebäude zu schaffen. Zukünftige Gebäude sollen höchste Energieeffizienz aufweisen und kostengünstig zu einem Mehr an Lebensqualität beitragen. Manche werden es schaffen, in Summe mehr Energie zu erzeugen als sie verbrauchen („Haus der Zukunft Plus“). Innovationen im Bereich der zukunftsorientierten Bauweise werden eingeleitet und ihre Markteinführung und -verbreitung forciert. Die Ergebnisse werden in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten umgesetzt, um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten.

Das Programm *Haus der Zukunft Plus* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert und elektronisch über das Internet unter der Webadresse <http://www.HAUSderZukunft.at> Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	7
Abstract	9
Methodological Approach	9
1 Einleitung.....	11
1.1 Das Unternehmen	11
1.2 Ausgangslage.....	12
1.3 Motivation	13
1.4 Projektziele des Leitprojektes BIGMODERN	14
1.5 Projektziele des vorliegenden Subprojektes	16
2 Hintergrundinformationen zum Projektinhalt	18
2.1 Beschreibung des Standes der Technik.....	18
2.2 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema.....	19
2.2.1 Lebenszykluskostenanalyse	19
2.2.2 Zunehmende Sensibilisierung für Lebenszykluskosten	20
2.2.3 Aktuelle Praxis in der Berechnung von Lebenszykluskosten.....	21
2.3 Beschreibung der Neuerungen sowie ihrer Vorteile gegenüber dem Ist-Stand (Innovationsgehalt des Projekts)	21
2.4 Verwendete Methoden	22
3 Ergebnisse des Projektes.....	24
3.1 Überblick über die Ergebnisse des Projektes.....	24
3.2 Modell für planungsbegleitende LZKA	24
3.2.1 Volumenmodell	27
3.2.2 Kosten Datenbank	29
3.2.3 Energieberechnung.....	30
3.3 Modell zur Verwendung betriebsinterner Kostendaten für LZK Berechnung	30
3.3.1 Modellbeschreibung.....	30
3.3.2 Einsatz des Modells im Subprojekt	34
3.4 Planungsbegleitende LZKA beim Demonstrationsprojekt Amtshaus Bruck/Mur	38
3.4.1 Objektbeschreibung	38
3.4.2 Details zur Lebenszykluskostenanalyse	39
3.4.3 Methodische Vorgangsweise	41
3.4.4 Definition der Varianten	42

3.4.5	Ergebnis der LZK.....	45
3.5	Planungsbegleitende LZKA beim Demonstrationsprojekt Hauptgebäude Baufakultät der Universität Innsbruck.....	47
3.6	Tool für planungsbegleitende LZK	51
3.6.1	Aufbau des Tools.....	51
3.6.2	Ansichten des Tools.....	52
4	Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms	62
4.1	Einpassung in das Programm	62
4.2	Beitrag zum Gesamtziel des Programms.....	63
4.3	Einbeziehung der Zielgruppen (Gruppen, die für die Umsetzung der Ergebnisse relevant sind) und Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse im Projekt	63
4.4	Beschreibung der Umsetzungs-Potenziale (Marktpotenzial, Verbreitungs- bzw. Realisierungspotenzial) für die Projektergebnisse	64
5	Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen	66
6	Ausblick und Empfehlungen	68
7	Literatur-/ Abbildungs- / Tabellenverzeichnis	70

Kurzfassung

Ausgangssituation/Motivation

Die Republik Österreich hat sich im Zuge von nationalen und internationalen Vereinbarungen zur Energieeinsparung und zum Klimaschutz zu höheren Energieeffizienzstandards bei Gebäuden verpflichtet. Die BIG ist einer der größten öffentlichen Gebäudebesitzer in Österreich. Somit ist nachvollziehbar, dass die BIG in den nächsten Jahren hohe Anforderungen hinsichtlich der Energieeinsparung bei Sanierungen zu erfüllen hat. Dabei ist zu bedenken, dass die BIG ca. 2.800 Gebäude mit einer Gebäudefläche von ca. 7. Mio. m² umfasst. Davon ca. 300 Schulstandorte (mit ca. 600 Gebäuden), 21 Universitäten (mit ca. 380 Gebäuden) und ca. 1.800 Amtsgebäude bzw. Büro und Spezialimmobilien.

Deshalb hat die BIG bei Haus der Zukunft Plus ein Leitprojekt eingereicht, das als Kernelement die **Umsetzung von zwei Demonstrationsprojekten** zum Inhalt hat. Diese Demonstrationsprojekte werden für die Bundesimmobiliengesellschaft (BIG) nach überdurchschnittlich hohen Qualitätsstandards im Hinblick auf Energieeffizienz und Nachhaltigkeit bei gleichzeitiger Einhaltung wirtschaftlicher Gesichtspunkte modernisiert. Damit soll innerhalb der BIG in erster Linie das Bewusstsein gefördert werden, dass innovative Sanierungen nicht unwirtschaftlich sein, dafür jedoch neue Wege im Planungsprozess beschritten werden müssen. Ziel ist, dadurch neue energetische Standards bei Sanierungen zu setzen und damit das hohe Umsetzungspotenzial der BIG auszuschöpfen.

Inhalte und Zielsetzungen

Vor diesem Hintergrund hat das gegenständliche Subprojekt die planungsbegleitende Lebenszykluskostenanalyse als Ziel. Das Subprojekt besteht dabei aus folgenden Inhalten:

- Planungsbegleitende Lebenszykluskostenanalyse (LZKA) bei den Demo-Projekten Amthaus Bruck/Mur und Universität Innsbruck
- Entwicklung eines LZK-Modells für die Sanierung und Erweiterung des bestehenden LZK-Tools für Neubau
- Analyse der BIG internen Kostendaten hinsichtlich Aufbereitung in einer LZK-Kostendatenbank und Entwicklung eines Modells zur langfristigen Nutzung betriebsinterner Daten für LZK-Analysen.

Methodische Vorgehensweise

Die methodische Vorgangsweise im gegenständlichen Subprojekt SP4 war sehr heterogen. Für die Entwicklung des LZK-Tools für die Sanierung war eine theoretische Konzipierung des LZK-Modells erforderlich. Die Analyse der wesentlichen Kostentreiber bei Sanierungen sowie die Festlegung von Schicksalsgemeinschaften für Gebäudeelemente zählten zum Konzept. Im Rahmen der Programmierung des Software-Tools waren Testläufe erforderlich, um die Ergebnisdaten zu validieren.

Die planungsbegleitende Lebenszykluskostenanalyse war Bestandteil der integralen Planung der Demo-Gebäude. Die Methode der Lebenszykluskostenrechnung basiert dabei auf nationalen und internationalen Normen und Leitfäden.

Die Nutzung der BIG internen Daten für die Entwicklung von LZK-Daten für Sanierungen erforderte eine Analyse der unternehmensinternen Kostendaten sowie eine umfangreiche Datenanalyse von realisierten Sanierungsprojekten.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die planungsbegleitende Lebenszykluskostenanalyse war eine Innovation in der Planungsphase bei der Modernisierung von Gebäuden. Bisher wurde im Wesentlichen die Wirtschaftlichkeit von unterschiedlichen Wärmebereitstellungssystemen oder von gesamten Haustechniksystemen betrachtet. Diesmal wurde die Systemgrenze erweitert und das gesamte Bauvorhaben in der Lebenszykluskostenanalyse berücksichtigt. So konnten auch Auswirkungen der thermisch-energetischen Qualität der Gebäudehülle oder der Fassade in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung berücksichtigt werden. Damit konnte dargestellt werden, dass bei gleichem Nutzungskomfort in Gebäuden höhere Energieeffizienzstandards über einen längeren Zeitraum (Lebenszyklus) ökonomisch sinnvoll sind. Gleichzeitig konnte auch dargestellt werden, dass Low-Tech-Gebäude ökonomisch vorteilhaft sind. Weitere Aspekte der Nachhaltigkeit, wie eben der Nutzungskomfort, sind in der Interpretation zu berücksichtigen.

Die Nutzung von BIG internen Kostendaten zur Berechnung von Lebenszykluskosten für künftige Modernisierungsprojekte ist eine große Herausforderung. In der derzeitigen Situation sind vorliegende Kostendaten nicht für den Einsatz von LZK-Berechnungen geeignet. Bei einer Änderung des Sanierungsprozesses hin zu einer lebenszyklusorientierter Planung von Gebäuden ist eine Umstrukturierung im Unternehmen erforderlich. Die Veränderung zu einem lernenden Unternehmen muss gelingen, um erfolgreiche nachhaltige Modernisierungen mit hoher Qualität sicherstellen zu können.

Ausblick

Diese Energieeffizienzstandards sollen den Ministerien künftig für alle Modernisierungsvorhaben der BIG im Gebäudebestand der Bauperiode der 1950er bis 1980er Jahre zur Ausführung empfohlen werden. Dieser Qualitätsstandard muss jedoch von den Ministerien akzeptiert werden, etwaige Mehrkosten, welche durch die Umsetzung/Einhaltung der Energieeffizienzstandards anfallen, sind zu budgetieren. Die Vorteile hinsichtlich der Lebenszykluskosten sind darzustellen. Daraus abgeleitet soll die Betrachtung der Lebenszykluskosten künftig standardisiert in der Planung eingesetzt werden.

Aus Sicht der BIG ist es notwendig, dass die Ministerien als Auftraggeber der BIG nicht aus ihrer Verantwortung entlassen werden. Ohne aktiven Beitrag der Mieter an der Umsetzung und am Betrieb von energieeffizienten Gebäuden sind hohe Energieeffizienzstandards nicht sinnvoll.

Abstract

Starting Point/Motivation

In the course of various national and international agreements on energy saving and climate protection, the Republic of Austria has committed itself to higher energy efficiency standards in buildings. The Bundesimmobiliengesellschaft m. b. H. (BIG) is one of Austria's largest public real estate companies owning roughly 2,800 public buildings (among them about 300 schools, 21 universities and 1,800 administration buildings) which comprise a total building area of approx. 7 million m². Thus it is understandable that the BIG has to meet high demands in terms of energy savings in renovation in the next few years.

Therefore, the BIG has submitted a pilot project to House of Future Plus. The core element of the flagship project is the **implementation of two demonstration projects**, which should be modernized especially for the BIG according to above-average quality standards concerning energy efficiency and sustainability while complying with an industrial management point of view. This is supposed to raise the BIG's awareness of breaking new grounds (especially as far as the planning phase is concerned) in order to maintain innovative and yet cost-effective renovations. The aim is to set new standards in conventional renovation and to tap the BIG's full potential concerning implementations.

Contents and Objectives

Against this background, the objective of the very sub-project is the life cycle cost analysis during the planning process. The sub-project consists of the following contents:

- life cycle cost analysis (LCCA) during the planning phase for the demo projects official building Bruck / Mur and University of Innsbruck
- development of a LCC model for renovation and expansion of the existing LCC tool for construction
- analysis of BIG internal cost data regarding treatment in a LCC cost database and development of a model for long-term use of internal operational data for LCC analyses

Methodological Approach

The methodological approach in the present sub-project was very heterogeneous. In order to develop a LCC tool for refurbishment, a theoretical conception of the LCC model had to be implemented. The analysis of the main cost drivers for renovations and the establishment of communities of fate for building elements were part of the concept. Within the scope of the programming of the software tool, test runs were required in order to validate the results.

The life cycle cost analysis during the planning phase was part of the integral planning of the demonstration buildings. The method of life cycle costing is based on national and international standards and guidelines.

The use of the BIG internal data for the development of LCC data for renovations required an analysis of the company's internal cost data and a comprehensive data analysis of completed renovation projects.

Results and Conclusions

The life cycle cost analysis during the planning phase was an innovation in the planning phase regarding the modernization of buildings. So far, basically the economic viability of various heat recovery systems or the economic efficiency of whole home automation systems has been taken into account. This time, the system boundary has been extended to take the entire construction project into account for the life cycle cost analysis. Hence, additional influences of the building envelope or façade are considered in the economic analysis. It could thus be shown that – given the same ease of use in the buildings – higher energy efficiency standards are economically viable for a longer period (life cycle). At the same time it was also shown that low-tech buildings are economically advantageous. Other aspects of sustainability, just like the ease of use are taken into account within the interpretation.

The use of BIG internal cost data in order to calculate life cycle costs for future modernization projects is a major challenge. Currently, these cost data are not suitable for using them as a basis for LCC calculations. Within the scope of life cycle orientated planning of standard buildings it is necessary to restructure and reorganize the company. The shift towards a learning company must succeed in order to ensure successful and sustainable modernizations with high quality.

Outlook

These energy efficiency standards shall be recommended to the ministries for implementation for all future modernization projects of BIG in existing buildings of construction period of the 1950s to 1980s. However, this quality standard has to be accepted by the ministries, any additional costs incurred in the implementation / in compliance with energy efficiency standards have to be budgeted. The advantages in terms of life cycle costs have to be presented. Hence, the consideration of the life cycle costs shall be implemented in a standardized way in the future planning.

From the perspective of BIG it is necessary that the ministries as principal of BIG are not relieved of their responsibility. Without active contribution of the tenants to the implementation and the operation of energy-efficient buildings, high energy efficiency standards are not viable.

1 Einleitung

1.1 Das Unternehmen

Die Bundesimmobiliengesellschaft (BIG) ist Dienstleister für die Republik Österreich, deren nachgeordnete Dienststellen und ausgegliederte Unternehmen. Kerngeschäft ist die Bewirtschaftung inklusive Verwaltung der Immobilien vom Neubau bis zum Abriss. Seit dem Jahr 2000 befinden sich rund 2.800 Liegenschaften im Eigentum der BIG, gekauft von der Republik Österreich.

Das Zusammenspiel: BIG ist Vermieter und Eigentümer der Liegenschaften. Hauptkunden, also Mieter, sind das Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur (BMUKK), 21 Universitäten (die wiederum ihre Budgets aus dem Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung (BMWF) erhalten), sowie die Bundesministerien für Justiz (BMJ), Finanz (BMF) und Inneres (BMI).

Basis aller Dienstleistungen, egal ob aus dem Mietverhältnis resultierend oder bei Generalsanierungs- oder Neubau-Projekten, sind gültige Verträge. Auch die Zahlungsströme sind transparent und real. Aufgrund rechtlicher Rahmenbedingungen ist es nicht möglich, einzelne Mieter zu bevorzugen. Der Großteil der vermieteten Flächen unterliegt dem Mietrechtsgesetz (MRG). Die BIG steht im Wettbewerb mit privaten Immobilienunternehmen. Den Mietern der BIG ist es – unter Einhaltung der Kündigungsfrist – unbenommen, sich jederzeit einen anderen Vermieter zu suchen.

Im Jahr 2010 hat die BIG massiv investiert. Insgesamt wurden 636 Mio. Euro (nach 522 Mio. Euro 2009) für neue Bauvorhaben (inklusive WU-Projektgesellschaft) oder Instandhaltungsmaßnahmen geleistet. Das ist so viel wie nie zuvor in der über zehnjährigen Unternehmensgeschichte (seit Eigentumserwerb 2000/2001).

So flossen 2010 rund 372,4 Mio. Euro (2009: 291,3 Mio.) in Neubauten und Generalsanierungen. 48 Bauvorhaben wurden im Geschäftsjahr 2010 fertig gestellt. Die Instandhaltungsaufwendungen zur Wertsicherung der Objekte betragen 222,7 Mio. Euro (nach 210,7 Mio. Euro im Jahr 2009)

Bei einer Bilanzsumme von rund 4,6 Mrd. Euro stiegen die Umsatzerlöse der Bundesimmobiliengesellschaft (BIG) leicht von 791,4 Mio. Euro im Jahr 2009 auf 792,3 Mio. Euro im Jahr 2010. Mehr als 85 Prozent des Umsatzes resultieren aus Mieteinnahmen (653,4 Mio. Euro). Hauptkunde der vermieteten Flächen ist der Bund oder bundesnahe Institutionen.

1.2 Ausgangslage

Die BIG ist mit einem Immobilienvermögen von rund neun Milliarden Euro einer der bedeutendsten Immobilieneigentümer Österreichs. Kerngeschäft ist die Bewirtschaftung inklusive Verwaltung der Immobilien vom Neubau bis zur Sanierung und zum Abriss. Die BIG ist vorrangig Dienstleister für die Republik Österreich, deren nachgeordnete Dienststellen und ausgliederte Unternehmen.

Der mietenrelevante Gebäudeflächenbestand der BIG betrug per Mai 2011 rund 7 Mio. m². Die Liegenschaften sind überwiegend an die Republik Österreich, vertreten durch das jeweils haushaltsleitende Organ (Ministerium), und die Universitäten der Republik Österreich vermietet.

Gesamtnutzfläche ca. 7 Mio. m²

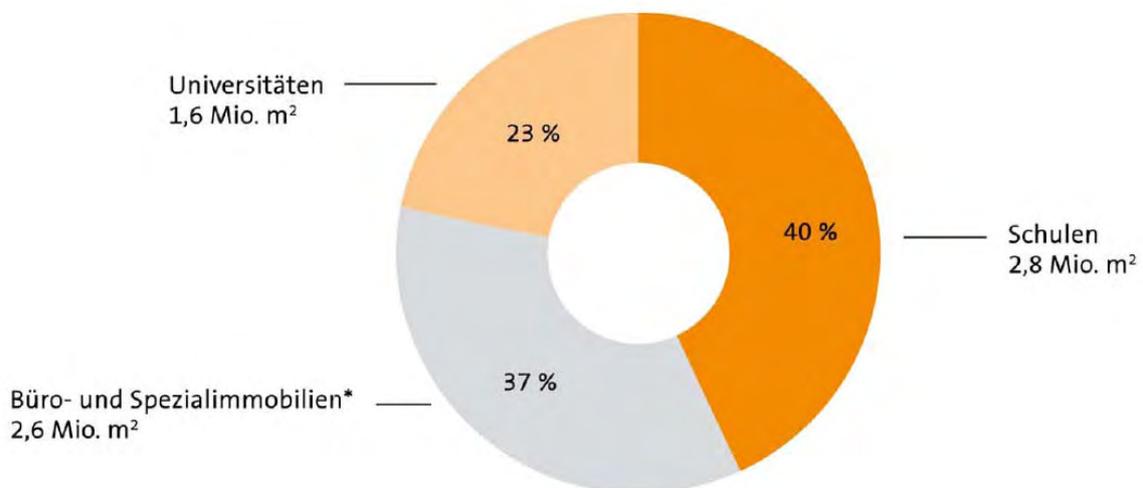


Abbildung 1: Gesamtnutzfläche der BIG nach Nutzungen (Quelle: BIG)

Während die BIG im Neubau bereits einige energieeffiziente und klimaschonende Vorzeigeprojekte realisiert hat (z.B. Haus der Forschung, Passivwohnhaus Jungstraße in Zusammenarbeit mit Raiffeisen Evolution), werden Funktions- und Generalsanierungen durchgängig dem Stand der Technik entsprechend auf konventionelle Weise durchgeführt und an die jeweils geltenden Bestimmungen und Bauordnungen angepasst. Dies erfolgt jedoch weitgehend ohne Orientierung an nachhaltigen und klimaschonenden Modernisierungsstandards.

Angesichts des hohen Anteils von Modernisierungsvorhaben an den Gesamtinvestitionen der BIG werden jedoch gerade in diesem Bereich zunehmend konsequente Schritte von konventionellen hin zu innovativen Lösungen gefordert.

1.3 Motivation

Die Republik Österreich hat sich im Zuge von internationalen Vereinbarungen zum Klimaschutz (Kyoto Vereinbarung (United Nations, 1998)) sowie europäischen Richtlinien wie beispielsweise der Gebäuderichtlinie (Richtlinie, 2010) oder der Energiedienstleistungsrichtlinie (Richtlinie, 2006) zur Umsetzung von Energieeffizienz- sowie CO₂-Einsparungen verpflichtet.

Die Energiedienstleistungsrichtlinie und die Gebäuderichtlinie schreiben dem öffentlichen Sektor eine Vorbildfunktion hinsichtlich Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Energieeinsparung vor. In Artikel 5, Punkt 1 der Energiedienstleistungsrichtlinie heißt es: „Die Mitgliedstaaten stellen sicher, dass der öffentliche Sektor eine Vorbildfunktion im Zusammenhang mit dieser Richtlinie übernimmt. Zu diesem Zweck unterrichten sie in wirksamer Weise die Bürger und/oder gegebenenfalls Unternehmen über die Vorbildfunktion und die Maßnahmen des öffentlichen Sektors.“ (Richtlinie 2006/2/EG)

In der Neufassung der Gebäuderichtlinie wird als Ziel gesetzt, bis zum Ende des Jahre 2020 im Neubau ausschließlich Niedrigstenergiegebäude (nearly zero energy buildings) zu bewilligen. In diesem Bereich wird für Gebäude des öffentlichen Sektors eine Vorbildfunktion erwartet, indem diese Anforderung bereits bis zum Jahr 2018 umzusetzen ist. Der Ausweis über die Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes (Energieausweis) ist bei öffentlichen Gebäuden mit starkem Publikumsverkehr sowie einer Nutzfläche über 250 m² (ab 2015) auszuhängen. Nicht zuletzt schreibt die Gebäuderichtlinie in Artikel 9, Punkt 2 folgendes vor: „Des Weiteren legen die Mitgliedstaaten unter Berücksichtigung der Vorreiterrolle der öffentlichen Hand Strategien fest und ergreifen Maßnahmen wie beispielsweise die Festlegung von Zielen, um Anreize für den Umbau von Gebäuden, die saniert werden, zu Niedrigstenergiegebäuden zu vermitteln.“ (Richtlinie 2010/31/EU)

Die rechtliche Umsetzung in österreichisches Recht ist bei der Neufassung der Gebäuderichtlinie noch im Gange, sodass noch keine Verpflichtungen für die BIG abgeleitet werden können. Unbeschadet der detaillierten Umsetzung ist der Richtlinie eine Vorreiterrolle von öffentlichen Behörden im Bereich Energieeinsparung in deren Gebäuden deutlich zu entnehmen, sodass hohe Anforderungen an die Energieeffizienz dieser Gebäude zu erwarten sind.

Neben den internationalen Verpflichtungen zur CO₂- und Energieeinsparung gibt es weitere nationale Anforderungen, die von öffentlichen Gebäuden einzuhalten sind. Die Vereinbarung gemäß Art. 15a B-VG zwischen dem Bund und den Ländern über Maßnahmen im Gebäudesektor zum Zweck der Reduktion des Ausstoßes an Treibhausgasen beschreibt in Artikel 12 und 13 Anforderungen an den Neubau und an die Sanierung von öffentlichen Gebäuden der Vertragsparteien. In Artikel 12 sind Anforderungen an den Heizwärmebedarf, den Kühlbedarf sowie U-Wert von Bauteilen und Tausch von Wärmeversorgungssystemen enthalten, die von öffentlichen Gebäuden einzuhalten sind.

Aus den genannten Richtlinien und Vereinbarungen ist abzulesen, dass die BIG in den nächsten Jahren hohe Anforderungen hinsichtlich der Energieeinsparung bei Sanierungen

zu erfüllen hat. Daraus abgeleitet stellt sich die Herausforderung für die BIG, diese Qualitätsstandards in ihren Standardprozessen für Sanierungen zu integrieren.

1.4 Projektziele des Leitprojektes BIGMODERN

Angesichts des hohen Anteils von Modernisierungsvorhaben an den Gesamtinvestitionen der BIG werden jedoch gerade in diesem Bereich zunehmend konsequente Schritte von konventionellen hin zu innovativen Lösungen gefordert. In der Praxis taucht dabei eine Reihe von Barrieren auf, die eine Umsetzung über Einzelfälle hinaus wesentlich erschweren:

- Die Mieter der BIG-Gebäude sind in der Regel Ministerien und Universitäten, die Anforderungen auf Komfort und Funktion beim Vermieter einfordern. Um hohe Standards sowohl für den Nutzungskomfort als auch bei Nachhaltigkeit und Energieeffizienz in der Sanierung zu erreichen sind jedoch oft Maßnahmen mit neuen Technologien notwendig, die oft noch nicht in vielen Projekten erprobt sind. Dieser Umstand beinhaltet sowohl für den Bauherrn als auch für den Planer beträchtliche Risiken, weswegen die BIG oft zu innovative Lösungen meidet und auf erprobte, jedoch nicht sehr innovative Maßnahmen durchführt;
- Nachhaltige und energieeffiziente Modernisierungen erfordern auch neue Planungsprozesse, in denen die Teilplanungen stärker miteinander verwoben sind, um in der Planung Abstimmungs- und Optimierungsprozesse zwischen einzelnen Gewerken zu ermöglichen. Darüber hinaus ist es erforderlich, Nachhaltigkeits- und Energieeffizienzkriterien schon in den ganz frühen Planungsphasen – also z.B. schon bei der Festlegung der Rahmenbedingungen für einen Wettbewerbsbeitrag – einfließen zu lassen;
- Investitionsentscheidungen basieren bei Modernisierungen auch in der öffentlichen Gebäudebewirtschaftung weitgehend auf den Herstellungskosten. Um innovative, klimaschonende Modernisierungsvorhaben durchsetzen zu können, müssen hingegen zusätzlich zu den Herstellungskosten laufende Betriebskosten über den Lebenszyklus stärker als Grundlage für Investitionsentscheidungen herangezogen werden. Die BIG agiert hier im klassischen Investor-Nutzer-Dilemma. Höhere Investitionskosten aufgrund innovativer Maßnahmen können oft von Seiten der Mieter nicht finanziert werden, da von Ministerien strikte Obergrenzen für die Budgetmittel vorgegeben werden. So können zusätzlich Maßnahmen mit höheren Investitionskosten nur durch eine zusätzliche finanzielle Vereinbarung zwischen Eigentümer und Mieter umgesetzt werden.

Das Leitprojekt bearbeitet diese genannten Barrieren in umfassender und strukturierter Form und verfolgt dabei im Einzelnen die folgenden Projektziele:

- Durchführung von zwei großen Demonstrationsprojekten mit dem Ziel, die Praxistauglichkeit (Wirtschaftlichkeit, Funktionalität, rechtliche Umsetzbarkeit) von Nachhaltig-

keits- und Energieeffizienzkriterien in konkreten Modernisierungsvorhaben zu überprüfen;

- Ausgehend vom Know-how und den Erfahrungen, die bei Planung und Bauausführung der Demonstrationsprojekte gesammelt wurden, werden die gegebenenfalls adaptierten Nachhaltigkeits- und Energieeffizienzkriterien als wesentliche Leitprinzipien in den Planungs- und Ausführungsprozessen für sämtliche zukünftigen Modernisierungsvorhaben der BIG verankert;
- Vorbildwirkung für andere größere öffentliche und private Immobilienunternehmen zur Festlegung und Umsetzung ähnlich innovativer und nachhaltiger Standards für deren Modernisierungsvorhaben.

Kernelement des Leitprojekts ist die Umsetzung der beiden Demonstrationsprojekte. Bei beiden Demonstrationsprojekten handelt es sich um Modernisierungsvorhaben an Bundesgebäuden der Bauperiode 1950er bis 1980er Jahre, für die der Planungsprozess unter Vorgabe einer Reihe anspruchsvoller, großteils thermisch energetischer Zielkriterien bereits begonnen wurde. Für beide Demonstrationsprojekte wurden bereits Wettbewerbsbeiträge ausgewählt, die ein großes Potential für nachhaltiges und energieeffizientes Modernisieren auf sehr hohem Niveau aufweisen.

In einem begleitenden Forschungsteil werden in mehreren Subprojekten die für die Umsetzung der Demonstrationsprojekte erforderlichen Entscheidungen wissenschaftlich unterstützt. Im Einzelnen sind vorgesehen:

- Durchführung planungsbegleitender Lebenszykluskostenanalysen (LZKA), um aus unterschiedlichen Varianten jene herauszufiltern, die über den Lebenszyklus – und nicht nur in der Herstellung – kostenoptimal ist.
- Machbarkeitsanalysen für den Einsatz innovativer, aber für nachhaltiges Modernisieren unerlässlicher Technologien, um die (wahrgenommenen) Risiken auf Seiten der Planer und des Bauherrn zu reduzieren;
- Umsetzung ressourcenschonenden und damit betriebskostenreduzierenden Modernisierens in die vertraglichen Verhältnisse zwischen der BIG und den jeweiligen Nutzerministerien bzw. den Planern und Bauausführenden, mit dem Ziel, die Gesamtkosten der Nutzung (Netto-Kaltniete plus Betriebskosten) als Grundlagen heranzuziehen.
- Darüber hinaus wird ein System für Monitoring und Evaluierung der Demonstrationsprojekte auch als Basis für die anschließende Verbreitung der Projektergebnisse aufgebaut.

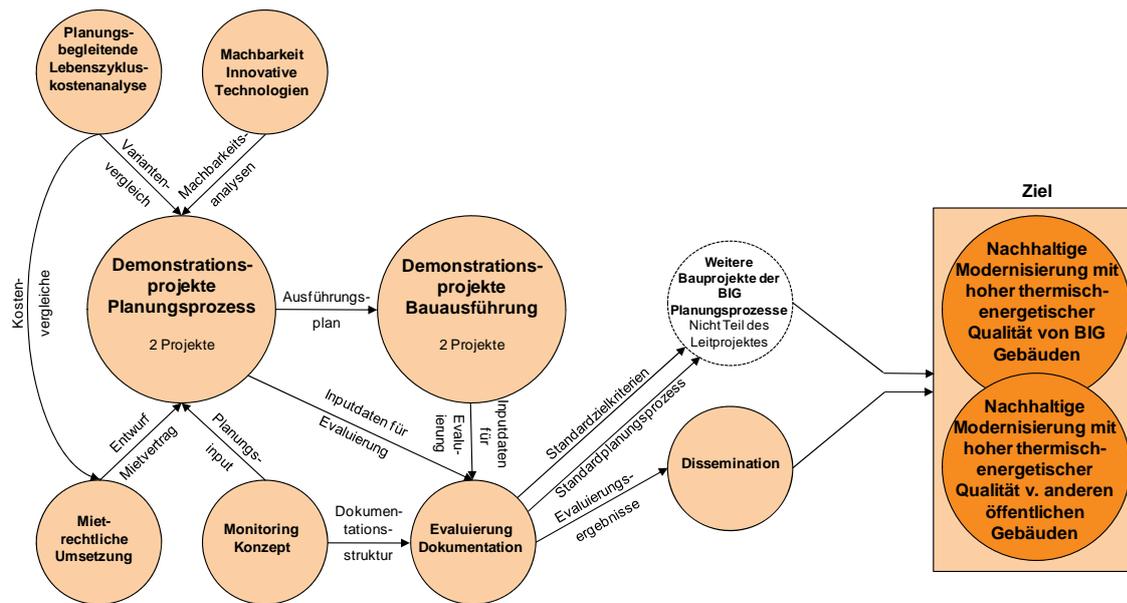


Abbildung 2: Subprojekte des Leitprojektes BIGMODERN (Quelle: eigene Darstellung)

In einem Evaluierungs- und Dokumentationsteil werden die Erkenntnisse und Erfahrungen, die aus der Planung und baulichen Umsetzung der Demonstrationsprojekte gewonnen worden sind, zusammenfassend bewertet und daraus schließlich Vorgaben für Standardzielkriterien für nachhaltiges und energieeffizientes Modernisieren sowie für dazu passende Standardplanungsprozesse entwickelt. Diese Standardvorgaben sollen in weiterer Folge für alle Modernisierungsvorhaben der BIG im Gebäudebestand der Bauperiode der 1950er bis 1980er Jahre den Ministerien zur Ausführung empfohlen werden. Dieser Qualitätsstandard muss jedoch von den Ministerien angenommen werden, etwaige Mehrkosten, welche durch die Energieeffizienzstandards anfallen, sind in deren Kostenplanung zu budgetieren. Aus Sicht der BIG ist es notwendig, dass die Ministerien als Auftraggeber der BIG nicht aus ihrer Verantwortung entlassen werden. Ohne aktiven Beitrag der Mieter an der Umsetzung und am Betrieb von energieeffizienten Gebäuden sind jene ambitionierten Maßnahmen, die durch die BIG realisiert und bezahlt würden, nicht oder nur in geringem Ausmaß wirksam.

Der Disseminationsteil verfolgt sowohl die Verbreitung der Projektergebnisse (bzw. allgemeiner der „lessons learned“) an andere Immobilienunternehmen bzw. Planer als auch die nachhaltige Verankerung der Projektergebnisse in den Planungsprozessen der BIG selbst.

Wenn es mithilfe des Leitprojektes gelingt, hochwertige nachhaltige und energieeffiziente Modernisierungen für alle künftigen Modernisierungsvorhaben der BIG – und durch die Vorbildwirkung vielleicht sogar bei einigen anderen großen Immobilienunternehmen – als Standard zu verankern, sind die ökologischen Effekte in jedem Fall beträchtlich.

1.5 Projektziele des vorliegenden Subprojektes

Vor diesem Hintergrund ist es das übergeordnete Ziel des gegenständlichen Subprojektes, für die BIG – und durch die Veröffentlichung der Ergebnisse in der Folge auch für weitere

Immobilienentwickler – die Voraussetzungen zu schaffen, um planungsbegleitende Lebenszykluskostenanalysen in den Standard-Planungsprozess zu integrieren. Bei den beiden Demonstrationsprojekten des Leitprojektes werden diese Analysen beispielhaft getestet, um somit Erfahrungen aus realen Sanierungsprojekten integrieren zu können.

Die Lebenszykluskostenanalyse soll dabei einerseits zur Optimierung der Planung und andererseits zur Berechnung der Folgekosten eines Gebäudes – als wesentlicher Einflussfaktor bei der Festlegung des Mietzinsniveaus für die späteren Nutzer – eingesetzt werden.

Im Bereich der Planungsoptimierung soll die Lebenszykluskostenanalyse (LZKA) in der Vorentwurfs-, Entwurfs- und Detailplanung eines Sanierungsprojektes eingesetzt werden und substantielle Informationen über die langfristigen ökonomischen Auswirkungen von Planungsvarianten darstellen. Diese Informationen dienen als Entscheidungshilfe, um über den Lebenszyklus des Gebäudes die geringsten Gesamtkosten für Errichtung und Betrieb sicherzustellen. Da schon in frühen Planungsphasen (Vorentwurf, Entwurf) wesentliche Festlegungen für die spätere Gebäudequalität getroffen werden, und da gerade in diesen Planungsphasen noch hohe Umplanungsflexibilität gegeben ist, besteht von Seiten der Bauherren ein hoher Bedarf zur Anwendung von LZKA in diesen Phasen, um einen Vergleich von Planungsvarianten durchführen zu können.

Im Planungsprozess von Sanierungsmaßnahmen wird bei verschiedenen Ausführungsvarianten oft die Frage über die Betriebskosten der jeweiligen Variante gestellt. Derzeit sind Betriebskostenabschätzungen schon Bestandteil des Planungsprozess, jedoch sind sie auf bestimmte Gewerke beschränkt (üblicherweise auf den Bereich der Haustechnik). Dabei werden die Interaktionen des Gebäude- und Fassadensystems mit der Haustechnik nicht oder nur unzureichend berücksichtigt. Die vorgeschlagene Lebenszykluskostenanalyse soll über alle Gewerke hinweg durchgeführt werden, sodass optimale Lösungen für das Gesamtgebäude und nicht nur für Teilbereiche gefunden werden. Damit können unterschiedliche Niveaus der thermisch-energetischen Qualität (insbesondere festgelegt durch das Fassadensystem) mit den Einsatz von verschiedenen Haustechniksystemen und Energieträgern gegenübergestellt und das Optimum ermittelt werden. Bei der Analyse der Lebenszykluskosten der Demonstrationsprojekte wird somit auch die These geprüft, dass nachhaltige Gebäude mit hoher thermisch-energetischer Qualität über den Lebenszykluskosten auch ökonomisch vorteilhaft sind.

Ein Schwerpunkt der Lebenszykluskostenbetrachtung liegt in der Entwurfsplanung: In dieser Phase werden Mietzinsniveaus für die Gebäudenutzer festgelegt. Nach der Optimierung der Planung werden im Entwurf die Systementscheidungen getroffen. Auf Basis dieser Entscheidung werden die zu erwartenden Folgekosten ermittelt. Diese Folgekosten werden aufgeteilt in Kosten, die der Eigentümer zu tragen hat, und Kosten, für die der Nutzer als Mieter aufkommen muss. Die Investitions- und Folgekosten sowie die Aufteilung der Folgekosten sind somit Basis für die Ermittlung des Mietpreisniveaus. Somit können allfällige höhere Kosten in der Investition durch geringere Kosten im Betrieb ermittelt und im Mietzinsniveau berücksichtigt werden. Dadurch kann der immer wieder artikulierten Skepsis der Nutzerministerien gegenüber hohen Nachhaltigkeitsstandards frühzeitig entgegengewirkt werden.

2 Hintergrundinformationen zum Projektinhalt

2.1 Beschreibung des Standes der Technik

Die Generalsanierungen der BIG werden von den Mietern der Gebäude in Auftrag gegeben. In Abbildung 3 wird der Standardprozess der BIG dargestellt: Zuerst wird das Budget für Baumaßnahmen vom Finanzministerium freigegeben und an die Bundesministerien verteilt. In den Ministerien werden die Projekte und die Anforderungen in Zusammenarbeit mit den Nutzern des Gebäudes erhoben. Nach der Auswahl der Projekte startet Planung. Erst nach Unterfertigung eines Mietvertrages im Entwurfsstadium der Planung wird die bauliche Umsetzung an die BIG beauftragt und das Projekt umgesetzt.



Abbildung 3: Standardprozess der BIG bei Generalsanierungen (Quelle: BIG)

Bei dieser Vorgangsweise wird für jede Baumaßnahme ein Budget für die Erstinvestition vorgegeben. Zusätzliche Maßnahmen mit zusätzlichen Kosten, die sich während des Betriebs des Gebäudes wirtschaftlich vertretbar sind, können somit nicht oder nur ungenügend berücksichtigt werden.

werden, z.B. über einen Sanierungszyklus, um Maßnahmen bei künftigen Sanierungen nicht vorzugreifen.

Bei der Lebenszykluskostenanalyse werden funktionelle Äquivalente von Gebäuden gegenübergestellt. Ein funktionelles Äquivalent definiert sich durch übereinstimmende Funktion und Nutzung sowie einer gleichen Nutzungsdauer.

Neben der ökonomischen Betrachtung von Varianten mit gleichen funktionalen Äquivalenten dürfen jedoch die soziale und ökologische Säule der Nachhaltigkeit nicht zu kurz kommen. Auch diese Aspekte müssen in der Analyse berücksichtigt werden. Ein erheblich verbesserter Nutzungskomfort im Gebäude führt in der Regel zu Mehrkosten im Vergleich zu einem gleichen Gebäude mit niedrigerem Komfort. Diese Änderungen müssen in der Analyse der Ergebnisse einfließen.

2.2.2 Zunehmende Sensibilisierung für Lebenszykluskosten

Die gängige Baupraxis zeigt nach wie vor, dass in den meisten Fällen die Investitionskosten ausschlaggebend für Planungsentscheidungen sind. Trotzdem ist verstärkt bemerkbar, dass die Nachhaltigkeit von Gebäuden eine zunehmend wichtigere Rolle spielt. Grund dafür ist einerseits die steigende Nachfrage nach Gebäuden mit geringen Betriebskosten, andererseits die immer öfter verlangte Wertdeklaration durch Nachhaltigkeitszertifikate neben der gängigen Due Diligence (unter anderem auch aufgrund der Nachwirkungen der Immobilienkrise und aufgrund des sich verändernden Nachfragemarkt).

Im deutschen Nachhaltigkeitszertifikat DGNB (2009) und im österreichischen Zertifikat Total Quality Building (Lechner 2009) sind Lebenszykluskosten dezidiert als konkretes Kriterium enthalten. Auch die internationale Normung hat bereits Standards für die Berechnung von Lebenszykluskosten entwickelt. Durch die ISO 15686-5 (2008) kann die Lebenszykluskostenberechnung standardisiert durchgeführt werden. Wichtige Rahmenbedingungen wie Systemgrenzen, Betrachtungszeiträume und Kostengliederung sind in dieser Norm jedoch nicht enthalten. Auch die Europäische Kommission hat zur Verbesserung des Wettbewerbes der Bauindustrie im Bereich der Nachhaltigkeit einen Auftrag vergeben, eine einheitliche Methode für Lebenszykluskosten von Gebäuden zu entwickeln. Der Endbericht dazu (European Commission 2003) beschreibt einen allgemein gültigen Prozess zur Berechnung der Lebenszykluskosten. Nicht zuletzt versucht die Europäische Kommission auf Normungsebene Kriterien für die Nachhaltigkeitsbewertung zu schaffen, um somit europaweit einheitliche Bewertungsverfahren etablieren zu können. Im Technical Committees 350 des CEN werden nun Normenvorschläge entwickelt. In der Arbeitsgruppe 4 wird an der Norm prEN 15643-4 (2009) zur ökonomischen Nachhaltigkeit gearbeitet. Ein wesentlicher Indikator für die ökonomische Nachhaltigkeit sind Lebenszykluskosten.

Nicht zuletzt die Auswirkungen auf den Wert der Immobilien spielen eine wichtige Rolle. Im Europäischen Projekt IMMOVALUE (2010) wurden Recherchen und vergleichende Analysen zur Energieeffizienz eines Gebäudes, dargestellt durch den Energieausweis, den Lebenszykluskosten und dem Immobilienwert eines Gebäudes, durchgeführt. Aus Interviews (Bienert 2007) konnte die Erkenntnis gewonnen werden, dass nachhaltige Gebäude eine höhere

Vermarktbarkeit aufweisen (geringere Leerstandszeiten, längere Verweildauern etc.). Gleichzeitig ist ein klarer Zusammenhang zwischen niedrigeren Betriebskosten und einer höheren Nettomiete zu erkennen. Das Bewusstsein für eine „Warmmiete“ ist also vorhanden. Internationale Untersuchungen (Fuerst 2008) haben auch ergeben, dass nachhaltige Gebäude höhere Mieterträge lukrieren und niedrigere Leerstandsdaten aufweisen. Diese verschiedenen Aspekte und Aktivitäten zeigen, dass das Interesse der Bauwirtschaft an der Methode der Lebenszykluskostenbetrachtung steigt.

2.2.3 Aktuelle Praxis in der Berechnung von Lebenszykluskosten

In der heutigen Praxis basiert die Ermittlung von Investitions- und Betriebskosten von Gebäuden meist auf Kostenkennwerten bestehender Gebäude (z.B. BKI (2010), Oscar (John Lang Lassalle 2009)). Diese Top-Down-Ansätze sind in frühen Planungsphasen, wenn unterschiedliche Gebäudesysteme mit unterschiedlichen Kosten zu vergleichen sind, nicht in ausreichender Detailliertheit vorhanden. Diese Ansätze sehen zwar bestimmte Gebäudekategorien (wie beispielsweise klimatisierte und nicht klimatisierte Bürogebäude) vor, gehen jedoch nicht auf das individuelle Gebäude- und Haustechnikkonzept der konkreten Planung ein. Zusätzlich sind Konzepte energieeffizienter Bürogebäude oder der Einsatz von alternativen Energiesystemen in diesen Kostenkennwerten nicht oder nur unzureichend abgebildet. Da die Kennwerte vergangenheitsbezogen sind, können auch aktuelle, nachhaltige Gebäudekonzepte darin nicht abgebildet werden.

Bestehende Softwaretools zur Berechnung von Lebenszykluskosten (z.B. LEGEP (2010), BUBI (Riegel 2004), Baulocc (Herzog 2005) im deutschsprachigen Raum) basieren auf einem Bottom-Up-Ansatz, welcher es für den Simulanten erforderlich macht, auf Ebene von Positionen Eingaben zu treffen (z.B. Kalkzementputz oder Art des Anstriches). Dies bedeutet einerseits einen – aufgrund der Detailliertheit – sehr hohen Eingabeaufwand, andererseits sind die Daten in dieser Genauigkeit weder in der Initiierungs- noch in der frühen Planungsphase vorhanden. Eine rasche Simulation verschiedener Varianten – wie in einem Iterationsprozess bei einem integralen Planungsansatz notwendig – ist daher nicht oder nur mit hohem Aufwand möglich.

Zusätzlich gibt es noch unzählige Softwareprogramme für Wirtschaftlichkeitsberechnungen oder Programme für die Berechnung von Lebenszykluskosten (z.B. LCProfit (Statsbyggs 2010)), die keine Kostendaten hinterlegt haben. Somit sind zuerst Kostenermittlungen für die Errichtungs- und Betriebskosten vorzunehmen, um Lebenszykluskosten berechnen zu können, was in der frühen Planungsphase einen erheblichen Aufwand erfordert.

2.3 Beschreibung der Neuerungen sowie ihrer Vorteile gegenüber dem Ist-Stand (Innovationsgehalt des Projekts)

Ziel des planungsbegleitenden LZK-Tools ist die Analyse der Lebenszykluskosten von Gebäudeprojekten bereits in der Initiierungsphase von Projekten. Gerade in der Anfangsphase einer Planung ist die Betrachtung der langfristigen ökonomischen Auswirkungen am ent-

scheidendsten. Etwa 70-80% aller Investitions- und Betriebskosten werden in den Initiierungs- und den frühen Planungsphasen determiniert (European Commission 2003). Daher ist es umso wichtiger, eine Optimierung der Systeme in diesen ersten Phasen sicher zu stellen.

Die Lebenszykluskostenanalyse soll dabei einerseits zur Optimierung der Planung beginnend bei der Projektinitiierung und andererseits zur Berechnung der Folgekosten eines Gebäudes (als wesentlicher Einflussfaktor bei der Festlegung des Mietzinsniveaus für die späteren Nutzer) eingesetzt werden. Im Bereich der Planungsoptimierung soll die Lebenszykluskostenanalyse in der Vorentwurfs-, Entwurfs- und Detailplanung eines Sanierungsprojektes eingesetzt werden und substantielle Informationen über die langfristigen ökonomischen Auswirkungen von Planungsvarianten darstellen. Diese Informationen dienen als Entscheidungshilfe, um über den Lebenszyklus des Gebäudes die geringsten Gesamtkosten für Errichtung und Betrieb sicherzustellen. Da schon in frühen Planungsphasen (Vorentwurf, Entwurf) wesentliche Festlegungen für die spätere Gebäudequalität getroffen werden, und da gerade in diesen Planungsphasen noch hohe Umplanungsflexibilität gegeben ist, besteht von Seiten der Bauherren ein hoher Bedarf zur Anwendung von LZKA in diesen Phasen, um einen Vergleich von Planungsvarianten durchführen zu können.

Im Planungsprozess von Sanierungsmaßnahmen wird bei verschiedenen Ausführungsvarianten oft die Frage über die Betriebskosten der jeweiligen Variante gestellt. Derzeit sind Betriebskostenabschätzungen schon Bestandteil des Planungsprozess, jedoch sind sie auf bestimmte Gewerke beschränkt (üblicherweise auf den Bereich der Haustechnik). Dabei werden die Interaktionen des Gebäude- und Fassadensystems mit der Haustechnik nicht oder nur unzureichend berücksichtigt. Die vorgeschlagene Lebenszykluskostenanalyse soll über alle Gewerke hinweg durchgeführt werden, sodass optimale Lösungen für das Gesamtgebäude und nicht nur für Teilbereiche gefunden werden. Damit können unterschiedliche Niveaus der thermisch-energetischen Qualität (insbesondere festgelegt durch das Fassadensystem) mit den Einsatz von verschiedenen Haustechniksystemen und Energieträgern gegenübergestellt und das Optimum ermittelt werden. Bei der Analyse der Lebenszykluskosten der Demonstrationsprojekte wird somit auch die These geprüft, dass nachhaltige Gebäude mit hoher thermisch-energetischen Qualität über den Lebenszykluskosten auch ökonomisch vorteilhaft sind.

2.4 Verwendete Methoden

Die Berechnung der Lebenszykluskosten wurde unter Nutzung eines von e7 und Werkvertragsnehmer M.O.O.CON entwickelten EDV-gestützten Tools durchgeführt, das derzeit in der Lage ist, für Neubauten bereits ab der Initiierungsphase Lebenszykluskosten zu berechnen.

Im Rahmen der des gegenständlichen Subprojektes werden die erforderlichen Weiterentwicklungen durchgeführt, um das Tool auch für die Sanierung anwenden zu können. Abge-

leitet aus der Problemstellung und dem Projektziel wird dieses Subprojekt von BIGMODERN methodische Lösungen erarbeiten, welche die nachfolgenden Anforderungen erfüllen:

- Der Aufwand zur Berechnung der Lebenszykluskosten von Sanierungsmaßnahmen ist möglichst gering zu halten.
- Die Lebenszykluskosten von Sanierungsmaßnahmen sind bereits in der Vorentwurfssphase eines Projektes zu ermitteln. Dafür ist eine Datenbank für Gebäude- und Bauelemente erforderlich, die Investitions- und Folgekosten des jeweiligen Elements beinhaltet. Für diesen Zweck wird der bestehende Datenpool des LZK-Tools für Neubauten mit typischen Modernisierungskosten (samt Kosten für Instandsetzung, Wartung, Inspektion, Betriebsführung, etc.) unterschiedlicher Bau- und Haustechnikmaßnahmen für den Gebäudebestand der Bauperiode der 1950er bis 80er Jahr erweitert.
- Methodische Weiterentwicklung des bestehenden LZK-Modells für Neubau speziell für Sanierungen von öffentlichen Gebäudebesitzern
- Untergliederung der Kosten in der Datenbank in mieter- und vermietetbezogene Betriebskosten.
- Die Lebenszykluskostenanalyse muss Information über verschiedene Sanierungsvarianten berechnen; Schwerpunkt dabei ist die Ermittlung von ökonomischen Kennwerten für eine thermisch-energetische Sanierung mit hohen Energieeffizienzstandards.

Für die Entwicklung des ökonomischen Gebäudemodells bei der Sanierung sind folgende Aktivitäten der Grundlagenforschung erforderlich:

- Gebäudemodell: Ermittlung der wesentlichen Kostentreiber im Gebäudebetrieb und bei einer Sanierung, die für einen Großteil der anfallenden Kosten verantwortlich sind, und Modellierung des Gebäudes durch Planungselemente für Bereiche mit hoher Detailtiefe und Nutzungsbereiche für Bereiche mit geringerer Detailtiefe;
- Elemente: Definition von Sanierungsmaßnahmen auf der Ebene von Einzelkomponenten (Fenster Fußboden, Heizkessel, etc.) und für Gebäudebereiche (z.B. Sonderflächen) der Gebäudekategorien. Dabei wird ein Schwerpunkt auf für Sanierungsmaßnahmen relevante Elemente gelegt;
- Erstellung eines ökonomischen Gebäudemodells für Sanierungsmaßnahmen und Sanierungspakete;
- Datenerhebung: Erhebung von Kostendaten von bereits realisierten Sanierungsvorhaben;
- Kategorisierung: Analyse der Kosten und Definition der Gebäudekategorien, für die das LZK-Tool eingesetzt werden soll.

3 Ergebnisse des Projektes

3.1 Überblick über die Ergebnisse des Projektes

Die Ergebnisse des Projektes enthalten allgemeine Informationen über die Durchführung von planungsbegleitenden Lebenszykluskostenanalysen (LZKA) bis hin zu konkreten Ergebnissen der Analyse der LZK bei den beiden Demonstrationsprojekten des Leitprojektes. Die Darstellung der Ergebnisse des Projektes ist wie folgt strukturiert:

- Beschreibung einer allgemeinen Vorgangsweise zur planungsbegleitenden Berechnung der LZK mit Fokus auf Modernisierungen (Kapitel 3.2, entsprechend Deliverable D2);
- Darstellung eines Modells für die Nutzung von betriebsinternen Kostendaten (ex-post) für die Berechnung der Lebenszykluskosten von Immobilienprojekten (ex-ante) (Kapitel 3.3, entsprechend Deliverable D3);
- Zusammenfassung der Ergebnisse der LZKA der beiden Demonstrationsprojekte in Bruck an der Mur sowie in Innsbruck (Kapitel 3.4 und 3.5, entsprechend Deliverable D1 und D5);
- Beschreibung der Umsetzung des Software-Tools zur planungsbegleitenden LZKA (Kapitel 3.6, entsprechend Deliverable D4).

3.2 Modell für planungsbegleitende LZKA

Ziel der planungsbegleitenden LZKA ist die Anwendung einer Methode für die Berechnung von Lebenszykluskosten, um den Bauherren bereits während der Planungsphase Informationen über die ökonomischen Auswirkungen von Gebäudesystemen und Maßnahmen zu geben, um

- die Flächen- und Qualitätsanforderungen in der Bedarfsplanung zu optimieren,
- einen geeigneten Architekturentwurf auswählen zu können,
- in den Planungsphasen Vorentwurf und Entwurf ein Systemoptimum zu erreichen,
- und um die zur Ausführung gelangenden Komponenten bestmöglich auszuwählen.

Dabei sind der Entscheidungsfindungsprozess und die üblicherweise verfügbaren Informationen in der Initiierungsphase sowie den frühen Planungsphasen zu berücksichtigen. In jeder Phase ist durch einen iterativen Prozess zwischen Bauherr und Planungsteam ein Optimum für die Aufgabenstellung zu finden. Dabei sind alle Nachhaltigkeitskriterien des Gebäudes in Betracht zu ziehen (siehe Abbildung 5):

- In der Projektinitiierung ist die Bedarfsplanung für die Ausschreibung der Planungsaufgabe möglichst genau zu konkretisieren. Im Falle der Lebenszykluskosten kann beispielsweise ein Lebenszykluskostenbudget vorgegeben werden.
- In der Planungsphase wird auf Basis des bereits vorliegenden architektonischen Entwurfes ein Optimum des Gebäudesystems erlangt. Hier wird nach dem Konzept mit den niedrigsten Lebenszykluskosten gesucht.
- In der Ausführungsvorbereitung werden lediglich einzelne Komponenten optimiert. Hier kann z.B. ein hinsichtlich der Lebenszykluskosten optimales Wärmebereitstellungssystem ermittelt werden.

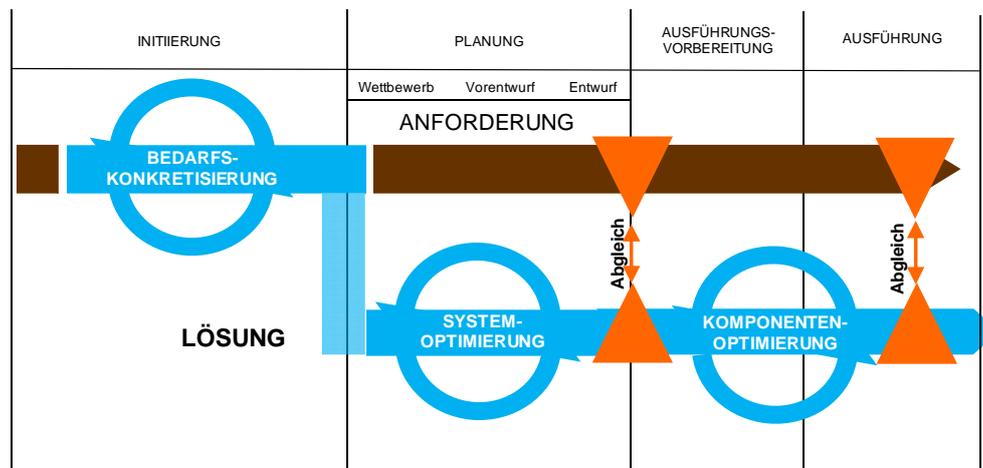


Abbildung 5: Ziele der planungsbegleitenden LZKA in den Projektphasen (Quelle: M.O.O.CON GmbH)

Die Methode, die erforderlichen Unterlagen sowie das Ergebnis der Berechnung der Lebenszykluskosten hängen vom Einsatzzeitpunkt und vom Ziel der Berechnung ab. (siehe Abbildung 6).

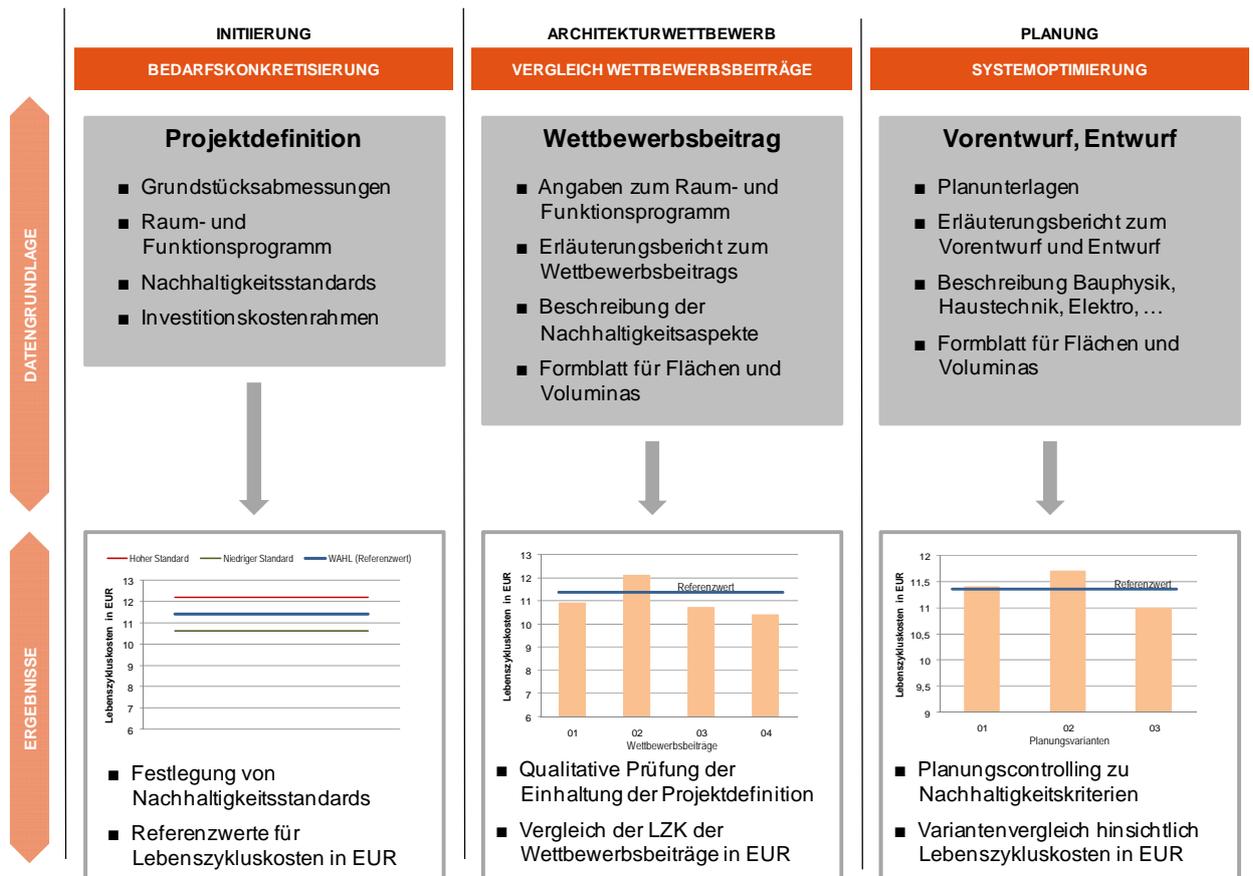


Abbildung 6: Einsatzbereiche der planungsbegleitenden LZKA (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Die planungsbegleitende LZKA erfolgt im Wesentlichen in folgenden Phasen des Planungsprozesses:

- Initiierung (es liegt noch kein architektonisches Konzept vor): Hier werden auf Basis des Raum- und Funktionsprogrammes und der Anforderungen an die Nachhaltigkeit des Gebäudes Rechenwerte für die Lebenszykluskosten ermittelt, die in der weiteren Planung als Benchmark fungieren können.
- Architekturwettbewerb (es liegen mehrere architektonische Konzepte vor): Im Wettbewerb können auf Basis der Wettbewerbsbeiträge (Pläne, Erläuterungsbericht) sowie von Daten, die über ein Formblatt von den Teilnehmern ausgefüllt werden, die Lebenszykluskosten der jeweiligen Beiträge berechnet. Diese Kosten können als zusätzliches Entscheidungskriterium für die Jury herangezogen werden.
- Planung (es liegt nur ein architektonisches Konzept vor): In der Planung können auf Basis der Planunterlagen und der technischen Berichte die Lebenszykluskosten ermittelt werden. Darauf aufbauend können verschiedene Varianten untersucht und somit ein Optimum der Lebenszykluskosten ermittelt werden.

Um die Aufgabe auch schon in der Projektinitiierung lösen zu können, werden drei wesentliche Elemente benötigt:

- Aggregation eines Gebäudevolumens (Volumenmodell) aus einem Raumprogramm;
- eine Datenbank, die sich auf die wesentlichen kosten- und entscheidungsrelevanten Elemente beschränkt;
- ein Energieberechnungstool, welches die Energiekosten realistisch wiedergibt.

Die einzelnen Elemente werden in den nachstehenden Kapiteln näher erläutert.

3.2.1 Volumenmodell

In der Initiierungsphase ist es erforderlich, noch vor Vorliegen einer Planung ein realistisches Volumenmodell aus dem Raumprogramm des Bauherrn abzuleiten, um somit die Kubatur und die Struktur des Gebäudes „virtuell“ ermitteln zu können.

Das Prinzip des Aufbaus zeigt die folgende Abbildung (Abbildung 7):

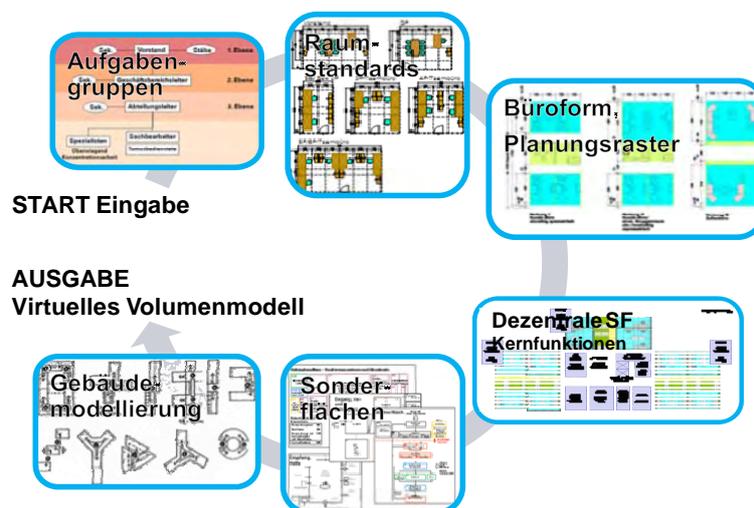


Abbildung 7: Aufbau des virtuellen Gebäudemodells (Quelle: M.O.O.CON GmbH)

Über die aufgabenbezogene Erarbeitung von Raumstandards, die Ableitung von Planungsrastern aus Kommunikations- und Büroformvorgaben folgt die Anordnung zu Büro und Kernbereichen. Ergänzt um das Raumprogramm für die zentralen Sonderflächen kann ein Gebäudemodell konzipiert werden.

Mittels rechtlicher Rahmenbedingungen (welche auf lokale Bauordnungen angepasst werden können) wie

- Brandabschnittslängen, Brandabschnittsgrößen, Fluchtweglängen;
- Hochhaus-, Flachbaubestimmungen;
- Dimensionierungsformeln für Stieghäuser und Aufzüge;

- bei Büronutzung Algorithmen für Kernflächendimensionierung: Sanitär-, Teeküchen-, Raucher-, LAN-, Putzmittelräume, Verkehrs- und Funktionsflächen

wird ein virtuelles Gebäudemodell erstellt (siehe Abbildung 8).

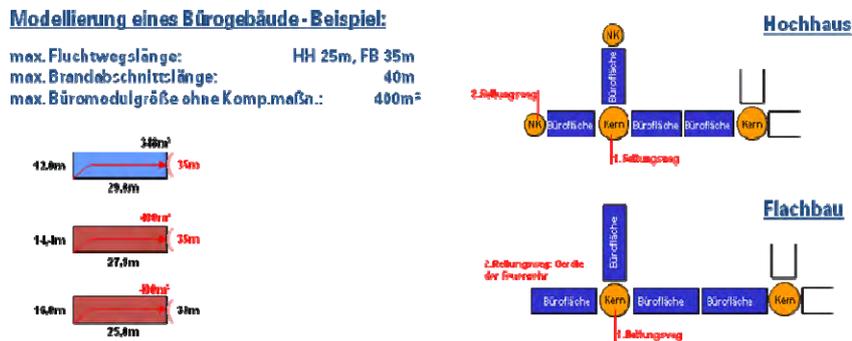


Abbildung 8: Modellierung am Beispiel eines Bürogebäudes (Quelle: M.O.O.CON GmbH)

Bei bekanntem Grundstück können die bebaubare Fläche, die unterbaubare Fläche und die maximaler Traufenhöhe als Einschränkung definiert werden. Als Ergebnis können dann mögliche Volumenmodelle und die Flächenwirtschaftlichkeit gezeigt werden (siehe Abbildung 9).

Hochhaus / Flachbau - Anzahl Etagen - NGF oberirdisch als Mittel für diverse Gebäudestrukturen

Gebäudebereiche / Kern	Anzahl Kerne															
	1			2			3			4			5			
	Typ	Etagen	NGF oi	Typ	Etagen	NGF oi	Typ	Etagen	NGF oi	Typ	Etagen	NGF oi	Typ	Etagen	NGF oi	
	1,0	HH	19,2	nicht möglich	HH	9,6	12.634	FB	6,4	11.934	FB	4,8	11.831	FB	3,8	11.802
	1,5	HH	12,8	nicht möglich	FB	6,4	11.962	FB	4,3	11.843	FB	3,2	11.810	FB	2,6	11.780
	2,0	HH	9,6	12.728	FB	4,8	11.805	FB	3,2	11.757	FB	2,4	11.722	FB	1,9	11.702
	2,5	HH	7,7	12.516	FB	3,8	11.613	FB	2,6	11.563	FB	1,9	11.538	FB	1,5	11.530
	3,0	FB	6,4	11.810	FB	3,2	11.658	FB			FB	1,3	11.589			
	3,5	FB	5,5	11.737	FB	2,7	11.618	FB			FB	1,1	11.571			
	4,0	FB	4,8	11.612	FB	2,4	11.529	FB			FB	1,0	nicht möglich			
	4,5	FB	4,3	11.628	FB	2,1	11.554	FB			FB	0,9	nicht möglich			
	5,0	FB	3,8	11.545	FB	1,9	11.470	FB			FB	0,8	nicht möglich			
	5,5	FB	3,5	11.551	FB	1,7	11.483	FB			FB	0,7	nicht möglich			
	6,0	FB	3,2	11.561	FB	1,6	11.499	FB			FB	0,6	nicht möglich			

Abbildung 9: Vergleich der Flächenwirtschaftlichkeit unterschiedlicher Gebäudemodelle bei identem Raumprogramm (Quelle: M.O.O.CON GmbH)

Das Volumenmodell lässt flächenwirtschaftliche Grundstücke und Gebäudestrukturen erkennen. Mit diesen Modelldaten sind die wesentlichen Kostentreiber in dieser Phase, wie z.B. Fassadenfläche, Kompaktheit des Gebäudes und Gesamtfläche, bekannt.

Damit kann auch die Optimierung der Nutzflächen im Kontext (Vergleich mit dem Gesamtgebäude) betrachtet werden. Wie groß ist der Einfluss, wenn alle Sachbearbeiter einen kleineren Raumstandard bekommen oder wie beeinflusst die Verbreiterung von Mittelzonen das Gesamtvolumen?

Die Optimierung der Nutzfläche ist einer der wesentlichen Hebel zur Reduktion der Errichtungs- und Betriebskosten. Durch die Reduktion des konditionierten Volumens können natürlich auch die Energiekosten gesenkt werden.

Nach Vorliegen eines architektonischen Konzeptes werden die vorhandenen Daten aus dem virtuellen Volumenmodell in den wesentlichen geometrischen Abmessungen (Grobflächen-daten, Fassade, Gebäudeausrichtung) dem Konzept angepasst. Damit können in diesem Zeitraum die in Architektenplänen vorhandenen üblichen Abmessungen mit geringem Eingabeaufwand optimal genutzt werden.

3.2.2 Kosten Datenbank

Um die Vorteile einer schnellen Kostenermittlung der Top-Down-Methode mit den Vorteilen der Genauigkeit der Bottom-Up-Methode zu vereinen, galt es einen neuen Ansatz zu finden (siehe auch Kapitel 2.2.3).

Hierfür wurde der Kosteneinfluss der unterschiedlichen Nutzungsbereiche in einem Gebäude untersucht. Ziel war es, die Auswirkungen der unterschiedlichsten Nutzungen in den Nebennutzflächen (gegenüber der Hauptnutzung) auf die Kosten darzustellen. Die wesentlichen Systemscheidungen werden auf Basis der Hauptnutzung getroffen, die wesentlichen Kosten entstehen ebenfalls dort. Infolge dessen galt es, die Planungselemente für die Hauptnutzung in einer anderen Detaillierung als in den Nebennutzflächen zur Verfügung zu stellen.

Auf Basis der Analyse der Kosten wurden Planungselemente auf unterschiedlicher Detaillierungsebene definiert. Je nach Einfluss des Nutzungsbereiches erfolgte eine Aggregation der Planungselemente auf unterschiedlicher Ebene. Für den Hauptnutzungsbereich „Büro“ wurden kostenrelevante Themen auf der Ebene von Elementen (Definition lt. ÖNÖRM B 1801-1 (2009)) für weniger kostenrelevante Themen oder Planungselemente in weniger kostenrelevanten Nutzungsbereichen auf Ebene von Kostenbereichen (Definition lt. ÖNÖRM B 1801-1) zusammengestellt (Abbildung 10).

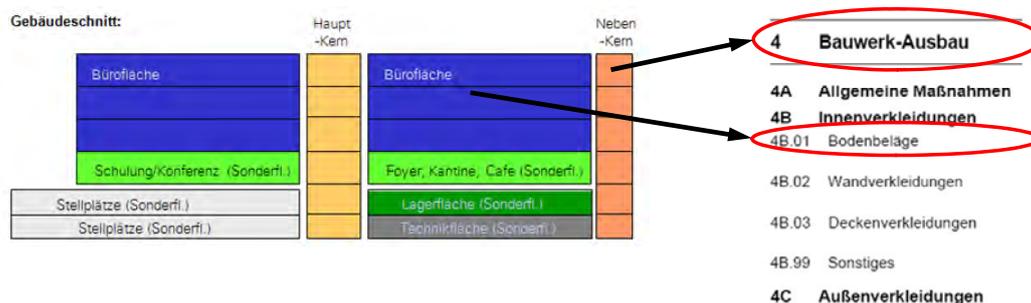


Abbildung 10: Gliederung der Kosten für die Hauptnutzung Büro (Quelle: M.O.O.CON GmbH)

Die Planungselemente wurden somit für die wesentlichen Kostentreiber in den relevanten Nutzungen aus Bottom-Up aggregierten Positionen zusammengesetzt, für weniger relevante Kostenbereiche und Nutzungen Top-Down aggregiert, da aufgrund der Relevanz eine entsprechende Ungenauigkeit toleriert werden kann. Dadurch verringert sich die Anzahl an Elementen und damit Eingaben signifikant.

3.2.3 Energieberechnung

Das Energieberechnungstool bildet zusätzlich die Wechselwirkung zwischen dem Gebäudekonzept und der Fassade mit dem haustechnischen System ab, sodass auch dafür keine zusätzlichen Berechnungsschritte notwendig sind.

Auf Basis des Volumenmodells der ausgewählten Planungselemente und nutzerspezifischer Komfortvorgaben können nun auf Basis einer um wesentliche Punkte (Einfluss von Speichermassen, unterschiedliche Nutzungsbereiche, Berücksichtigung des Tageslichtes und systematische Annäherung an den realen Energieverbrauch verschiedener Nutzungen wie Beleuchtung, Kühlung, Heizung und Lüftung) ergänzten Energieausweisberechnung Energieverbrauchszahlen berechnet werden. Die Verknüpfung der Gebäudeelemente mit der Berechnung des Energieeinsatzes bringt zusätzlich eine Wechselwirkung zwischen Gebäudekonzept und Anschlussleistung für die zentrale Haustechnik. Über die Eingabe des Gebäudevolumens und des Fassadenkonzeptes wird die Heiz- und Kühllast ermittelt. Diese Lasten sind Vorgaben für die Auswahl der Dimensionierung der haustechnischen Anlagen für Heizen und Kühlen. Ein verbesserter Wärmeschutz der Fassade fließt somit direkt in geringere Errichtungs- und Betriebskosten für die zentrale Haustechnik ein. Die gewählte Methode der Berechnung der Energiekosten lässt auch die Auswahl von alternativen Energiesystemen zu: so können in der Berechnung Systeme der Wärmepumpe, Photovoltaik und thermische Solaranlagen berücksichtigt werden.

Die Energieberechnung basiert auf einem Monatsbilanzverfahren, das für die Ermittlung der Energiekennzahlen der Energieausweise verwendet wird. Dieses Berechnungsverfahren wird jedoch um folgende Aspekte erweitert:

- Berücksichtigung der Tageslichtversorgung. Damit kann der Energieeinsatz für die Beleuchtung reduziert und der Nutzungskomfort erhöht werden;
- Eingabe eines detaillierten Nutzungsprofils für den jeweiligen Gebäudenutzer (Betriebszeit am Tag, im Jahr);
- Komfortkriterien für Heizung und Kühlung;
- Berücksichtigung der Speichermasse entsprechend der Gebäudeelemente für den Innenausbau.

3.3 Modell zur Verwendung betriebsinterner Kostendaten für LZK Berechnung

3.3.1 Modellbeschreibung

Ziel des Modells ist die Verwendung von Kostendaten für die Gebäudeerrichtung sowie für den Betrieb des Gebäudes, die in einem Immobilienunternehmen verfügbar sind, für die Prognose von Lebenszykluskosten in der frühen Planungsphase eines Projektes.

Dabei sind zwei wesentliche Sichtweisen zu berücksichtigen (siehe Abbildung 11):

- Die rückblickende Sichtweise: Nach Beendigung einer Gebäudeerrichtung sowie während des Betriebs einer Immobilie sind die anfallenden „historischen“ Kostendaten strukturiert zu sammeln, um diese für Prognosen bei künftigen Projekten einsetzen zu können;
- Die vorausschauende Sichtweise: zu Projektbeginn wird auf den aktuellen Kostendatenpool des Unternehmens zurückgegriffen, um im Rahmen einer planungsbegleitenden Lebenszykluskostenanalyse die ökonomischen Auswirkungen eines Gebäudes zu prognostizieren.

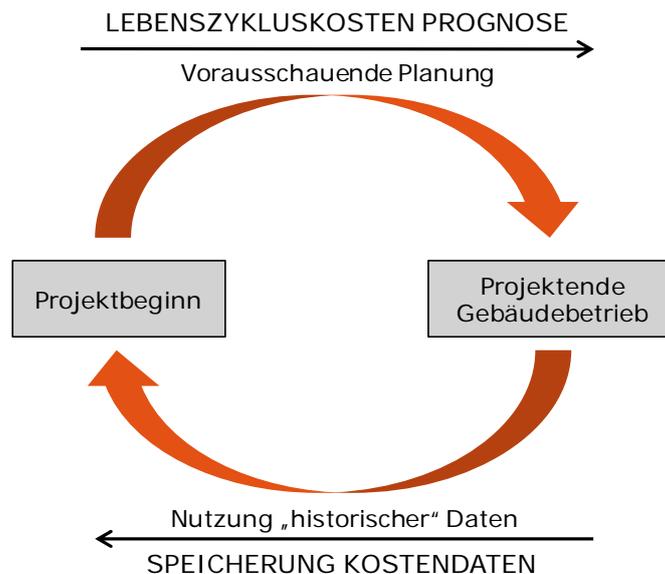


Abbildung 11: Kreislauf der Sammlung von Kostendaten (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Dieser Kreislauf ist im Rahmen einer planungsbegleitender LZKA bei jedem Gebäudeprojekt anzusetzen. Nur so kann ein nachhaltiger und qualitativ hochwertiger Einsatz unternehmensinterner Daten gewährleistet werden.

Mit dieser Vorgangsweise wird der Ansatz des Whole Life Planning verfolgt. Im Whole Life Planning nach Flanagan und Jewell (siehe Abbildung 12) ist die Analyse der Lebenszykluskosten keine punktuelle Aktivität beispielsweise im Rahmen der Planungsphase eines Gebäudes. Die Betrachtung und Analyse der Lebenszykluskosten ist ein Prozess, der über die gesamte Lebensdauer eines Gebäudes andauert. So werden Kosten von bestehenden Gebäuden laufend erhoben und für die Analyse von Gebäudeprojekten aufbereitet und eingesetzt.

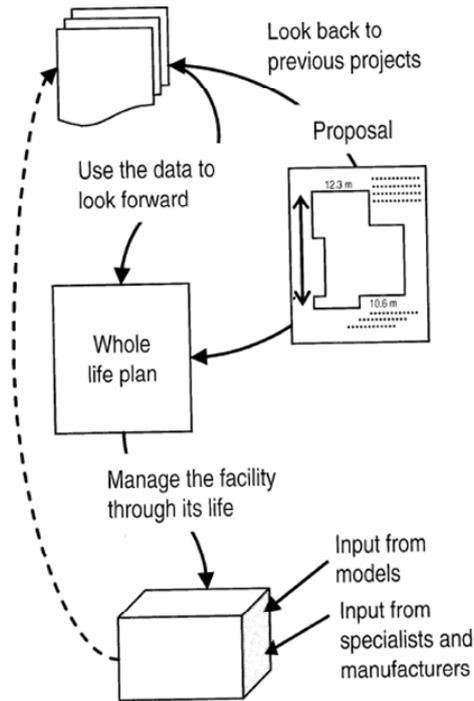


Abbildung 12: Analyse von Gebäude im Betrieb (Quelle: Flanagan, Jewell, 2005)

Das Konzept des Whole Life Planning wird für die Anwendung zur Erstellung einer Kosten-datenbank zur Berechnung von Lebenszykluskosten in Abbildung 13 detaillierter dargestellt.

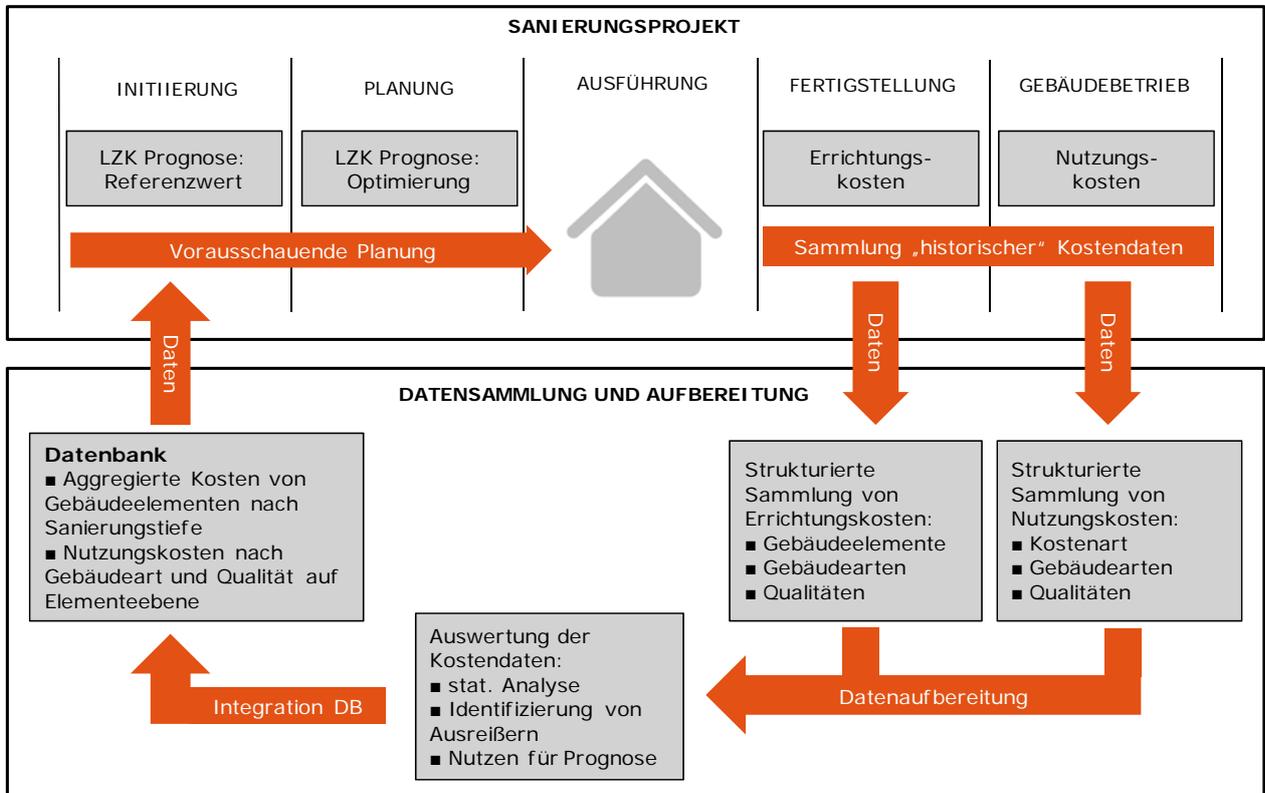


Abbildung 13: Vorgangsweise für den Betrieb einer unternehmensinternen LZK-Datenbank (Quelle: e7 Energie Mark Analyse GmbH)

Die anfallenden Daten sind dafür sorgfältig und strukturiert zu sammeln, zu analysieren und aufzubereiten, sodass diese in einer LZK-Prognose einzusetzen sind. Dazu ist das Gebäude in Elemente zu gliedern, die entscheidungsrelevant in der frühen Planungsphase sind. Eine nähere Beschreibung dieses Ansatzes ist in Kapitel 3.2.2 zu finden.

In der Hauptnutzfläche ist das Gebäude in Elemente zu untergliedern, die sich aus Positionen der gewerkebezogenen Leistungsbeschreibung zusammensetzen. Im Wesentlichen entspricht das der 3. Ebene der Baugliederung nach ÖNORM B 1801-1 (siehe Abbildung 14). In Anhang B dieser Norm ist ein Beispiel für die Zusammensetzung der 3. Ebene der Baugliederung vorgegeben.

In diesem Beispiel wird eine 30 cm starke Betondecke mit 120 kg/m³ in Leistungsgliederung und Baugliederung beschrieben. Die Baugliederung dieses Gewerks gliedert sich in Bauwerk-Rohbau, Horizontale Baukonstruktion und Deckenkonstruktion. Die Deckenkonstruktion wird hinsichtlich Stärke und Gewicht noch näher definiert. In dieser Art und Weise sind die Gebäudeelemente für die Hauptnutzfläche zu definieren. Nach Fertigstellung des Bauvorhabens sind die Kosten sowie die Qualitäten des Elementes zu sammeln. Dabei ist auch die Gebäudeart und weitere besondere Merkmale des Gebäudes (wie beispielsweise Standort, Gebäudehöhe) zu berücksichtigen.

Leistungsgliederung			Baugliederung		
1. Ebene	2	Bauwerk-Rohbau	1. Ebene	2	Bauwerk-Rohbau
2. Ebene	2.H07	LG Beton- und Stahlbetonarbeiten	2. Ebene	2D	Horizontale Baukonstruktionen
3. Ebene	2.H07...	ULG Beton für Decken ULG Schalung für Decken ULG Bewehrung	3. Ebene	2D.01	Deckenkonstruktionen

Leistungsposition	Anteil pro m ² Decke:	Elementtyp
	Beton für Decke 0,30 m ³ € 100,-/m ³ = € 30,-	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Betondecke 30 cm, 120 kg/m³</p> <hr/> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> =  Betondecke 30 cm, 120 kg/m³ </div> </div>
	Deckenschalung 1,0 m ² € 26,-/m ² = € 26,-	
	Bewehrung (120 kg/m ³) 120 x 0,3 = 36,0 kg € 1,-/kg = € 36,-	
	Nebenpositionen ca. 8 % € 92,- = € 8,-	
Kosten pro m² Decke € 100,-		Kosten pro m² Decke € 100,-

Abbildung 14: Elementtyp – 3. Ebene der Baugliederung (Quelle: ÖNORM B 1801-1, Anhang B)

Auch die Kosten im Gebäudebetrieb sind in strukturierter Art und Weise zu sammeln und aufzubereiten. Dabei sind die Betriebskosten dem verursachenden Gebäudeelement so weit wie möglich zuzuordnen. Beispielsweise sind die Reinigungskosten für den Fußboden dem Bodenbelag zuzuordnen, die Wartungsleistungen des Gas-Kessels sind diesem Element zuzuordnen.

Dabei sind jedoch auch Kosten vorhanden, die keinem Element zugeordnet werden können. So können die Energiekosten nur als Summe der Gebäudeelemente ermittelt werden. Auch Fixkosten für den Betrieb des Gebäudes können nicht durchgängig einem Gebäudeelement zugeordnet werden. Ergo ergibt sich in den Betriebskosten eine Zusammenstellung aus Betriebskosten, die einem Gebäudeelement zugeordnet werden können, und Kosten, die nur durch die Gesamtheit des Gebäudes bestimmt werden können.

Für die Methode der Nutzung von betriebsinternen Kostendaten für die Berechnung von LZK ist eine hohe Anzahl an Gebäuden erforderlich, von denen die beschriebenen Kosten in hoher Detailtiefe und Qualität erhoben werden müssen. Diese Kostendaten sind in einen Datenpool zu integrieren. Die einzelnen Kosten der Gebäude sind hinsichtlich Plausibilität zu prüfen. Dabei spielt auch die Art der Modernisierung des Gebäudes eine große Rolle. Schließlich sind die Kosten von einzelnen Elementen bei einer Generalsanierung wesentlich anders als bei einer „Pinselsanierung“, wenn also nur oberflächlich Maßnahmen gesetzt werden. Beispielsweise sind die Kosten für den Aus- und Einbau von Gipskarton-Ständerwänden bei einer Generalsanierung, wenn der gesamte Innenausbau entfernt wird, geringer als bei einer Pinselsanierung, wenn im Innenausbau nur punktuell Maßnahmen gesetzt werden.

Nach der Analyse und Überprüfung der Kostendaten aus dem Datenpool ist eine Datenbank mit Kosten für Gebäudeelemente zu erstellen. Die Gebäudeelemente müssen mehrere Kostenarten für Errichtung und Gebäudebetrieb enthalten und über Informationen über den Einsatzbereich dieser Daten verfügen. Die Kostendaten können beispielsweise nur für bestimmte Gebäudekategorien oder für bestimmte Qualitäten wie beispielsweise U-Werte einer Fassade vorgesehen sein.

Am Ende dieses Kreislaufes ist die Datenbank mit Kosten je nach Gebäudeelementen erstellt und kann – durch Auswahl der entsprechenden Elemente – im Rahmen einer Planungsbegleitenden LZK für die Prognose der ökonomischen Auswirkungen von Planungsentscheidungen eingesetzt werden.

3.3.2 Einsatz des Modells im Subprojekt

Die Anwendung des beschriebenen Modells wurde anhand des bestehenden Datenpools der BIG getestet. Dabei wurden folgende Vorgaben gesetzt (Abbildung 15):

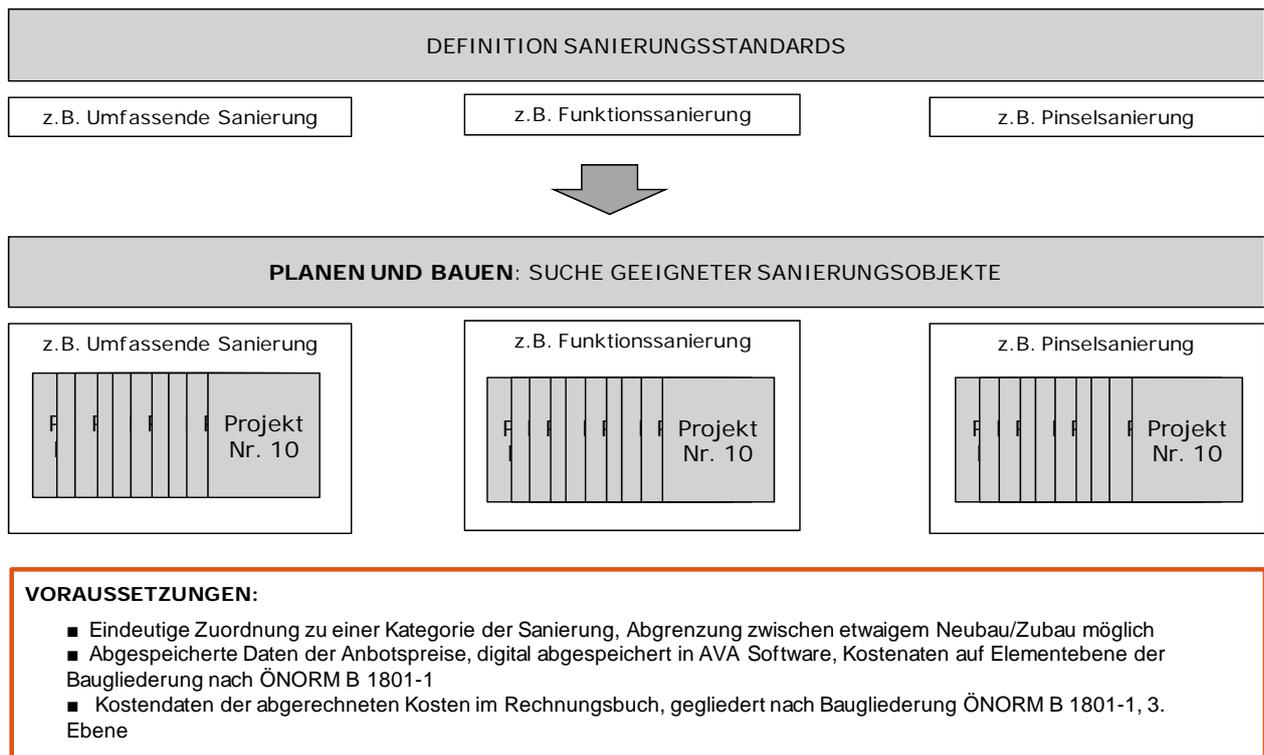


Abbildung 15: Vorgaben der Sanierungsart

Als Gebäudebeispiele sind Bauvorhaben als umfassende Sanierung, als Pinselsanierung sowie als Funktionssanierung auszuwählen. Die Gebäude müssen in ihrer Struktur eine modulare Bauweise haben, über einfache geometrische Formen verfügen sowie in Skelett oder in Scheibenbauweise errichtet sein. Diese Vorgaben erleichtern die Standardisierung der Gebäudeelemente.

Für diese Gebäude sind sowohl die Anbotskosten auf Elementebene der Leistungsbeschreibung sowie die abgerechnete Kosten nach Baugliederung 3. Ebene zu erheben. Die Anbotskosten werden verwendet, weil diese in der Regel in einer höheren Detailtiefe vorhanden sind, sodass definierte Gebäudeelemente daraus berechnet werden können. Aus diesen Daten werden unter Verwendung der Anbotskosten die Elementekosten Bottom-Up ermittelt. Mit den abgerechneten Kosten werden die Elementekosten geprüft (Check) und gegebenenfalls korrigiert. So entsprechen die Kostendaten abgerechneten Kosten und nicht Anbotskosten (siehe Abbildung 16)

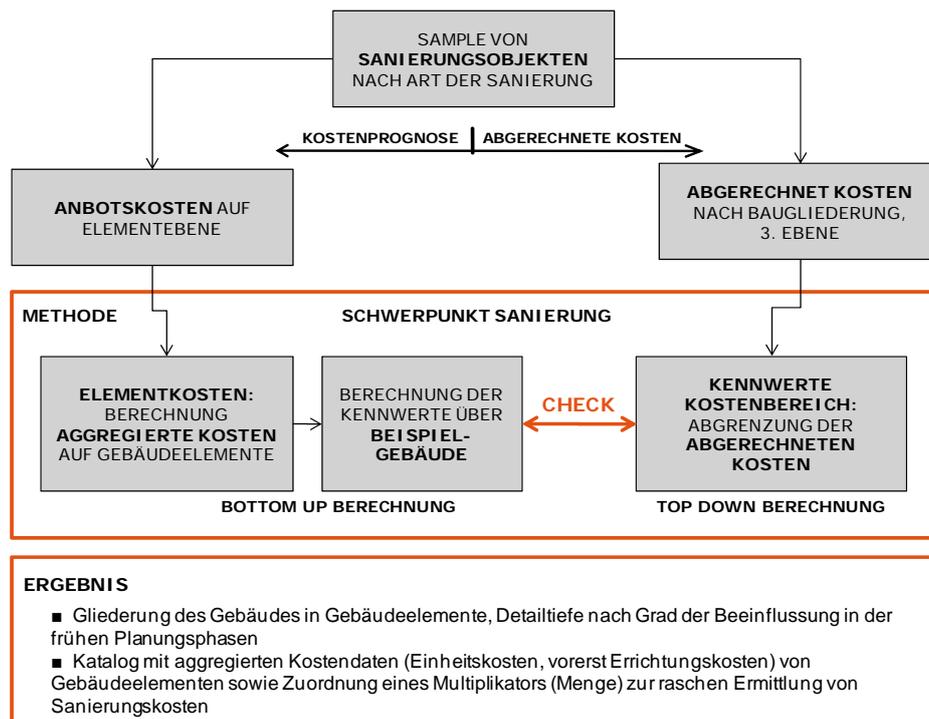


Abbildung 16: Vorgangsweise der Prüfung der Kostendaten (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)

Die BIG hat hierfür die Unterlagen mehrerer Gebäude zur Verfügung gestellt. Konkret handelt es sich dabei um 14 Objekte im Bereich Verwaltungs- und Schulgebäude.

Ausgehend von diesen Objekten und den verfügbaren Daten wurde versucht, eine möglichst profunde Analyse der Sanierungskosten für diese Gebäude durchzuführen. Nach einer genaueren Analyse der Daten und Prüfung der Unterlagen musste jedoch festgestellt werden, dass sich die enthaltenen Informationen nur bedingt für Ableitung von Kostendaten auf Gebäudeelementebene verwenden lassen. Die 14 Gebäude stellen eine sehr inhomogene Stichprobe dar, und zwar sowohl betreffend der Aufbereitung der Daten als auch hinsichtlich der Auswahl der Objekte. Einige Gebäude sind aufgrund ihrer Funktion (z.B. Justizanstalt Graz-Jakomini) nicht geeignet für eine breitere Verwendung, bei anderen sind die Daten zu spärlich respektive viel zu detailliert aufgeschlüsselt bzw. aufgrund der Erstreckung der Sanierungsmaßnahmen über mehr als ein Jahrzehnt ebenso wenig aussagekräftig. Zudem sind die Daten aufgrund der Inhomogenität und der fehlenden Struktur in der Aufbereitung nicht vergleichbar, zumal es keine Referenzen gibt und der Umfang mit nur 14 Gebäuden viel zu gering ist, um Ausreißer zu erkennen. Auch durch den Umstand, dass bei den verschiedenen Gebäuden eine Sanierung unterschiedlichen Ausmaßes, d.h. in unterschiedlicher Sanierungstiefe durchgeführt worden ist, wird eine vergleichende Analyse erschwert.

Im Rahmen der Analyse sind alle relevanten Daten nach einer eingehenden Sichtung der Unterlagen eigens für die Auswertungen digital neu erfasst worden. Eine Übersicht über einige rudimentäre Benchmarks sowie ein grober Überblick über die finanziellen Aspekte der Sanierungen ist so gewonnen worden. Auch eine Zuordnung der Kosten zu den einzelnen Gewerken ist erstellt worden; diese Aufschlüsselung nach Gewerken ist jedoch nur bedingt

hilfreich, da so noch immer keine Zuordnung zu einzelnen, konkreten Maßnahmen getroffen werden kann. Für eine detailliertere Betrachtung oder gar eine fundierte Analyse der Lebenszykluskosten auf Elementebene sind die verfügbaren Daten ergo nicht ausreichend.

Wie bereits erwähnt, hat die Zuordnung der einzelnen Rechnungen zu verschiedenen Gewerken und Sanierungstypen einen Einblick in die Kostenstruktur ermöglicht. Unter Einbeziehung der Nutzfläche der Gebäude ist es möglich gewesen, Werte für spezifische Investitionen in einzelnen Bereichen der Gebäudesanierung zu berechnen. Auch hier gilt wiederum, dass die errechneten Werte aufgrund des geringen Umfangs der untersuchten Gebäude nur mit Vorbehalt zu beurteilen sind.

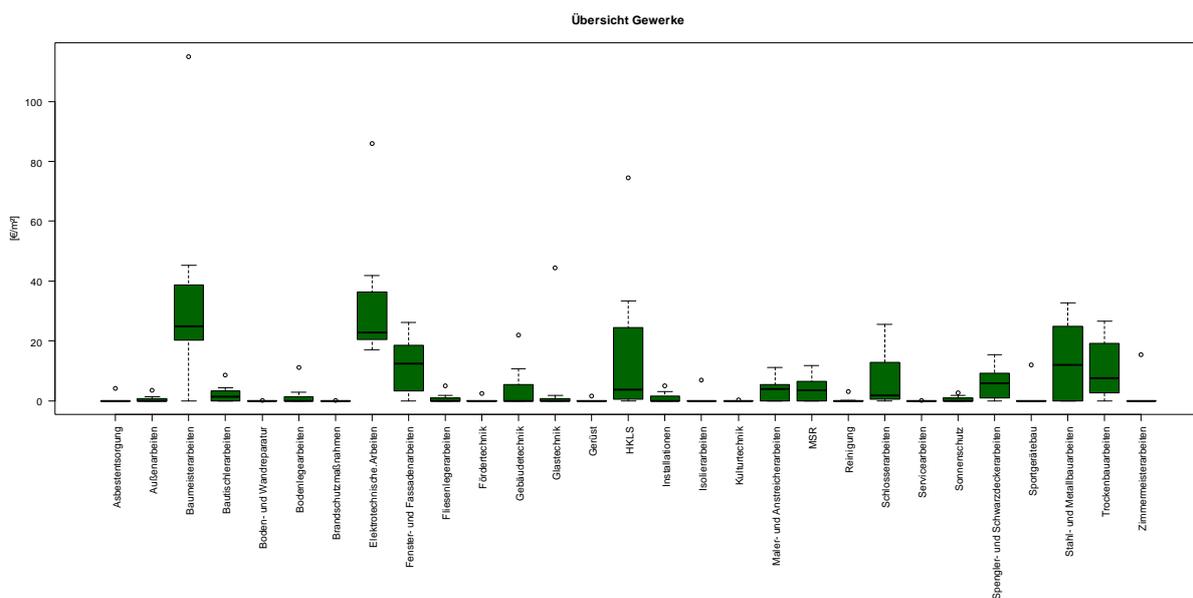


Abbildung 17: Mittelwert und Schwankungsbreite von Elementkosten (Quelle: eigene Berechnungen)

Aus der obigen Abbildung (Abbildung 17) ist die Inhomogenität der Daten ersichtlich. Dies veranschaulicht auch die Unsicherheit bzw. Schwankungsbreite, mit der die Annahmen über die Kosten getätigt werden können.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die von der BIG zur Verfügung gestellte Datengrundlage für eine umfassende Lebenszyklusanalyse nicht geeignet war. Die Aussagen, die getroffen werden können, sind zu vage, um sie in eine fundierte Analyse der Lebenszykluskosten einfließen zu lassen. Da die Ergebnisse nur auf Gewerk- und nicht auf Elementebene vorliegen, sind sie auch für eine Implementierung in eine Kostendatenbank ungeeignet.

Daraus kann abgeleitet werden, dass die BIG die Struktur der Datensammlung verändern müsste, um unternehmensinterne verfügbare Daten für den Aufbau einer Kostendatenbank, die für den Einsatz in planungsbegleitenden LZK-Analysen geeignet ist, nutzen zu können.

3.4 Planungsbegleitende LZKA beim Demonstrationsprojekt Amtshaus Bruck/Mur

3.4.1 Objektbeschreibung

Das Bezirksgericht Bruck an der Mur befindet sich gemeinsam mit dem Finanzamt und dem Eich- und Vermessungsamt in einem Amtsgebäude aus den 1960er Jahren, wobei das Bezirksgericht in einem eigenen, dreigeschossigen Trakt des T-förmigen Gesamtobjektes untergebracht ist. Beide Gebäudetrakte sind halbgeschossig versetzt und derzeit über ein gemeinsames Treppenhaus erschlossen.



**Abbildung 18: Visualisierung der Sanierung des Bezirksgerichts Bruck/Mur
(Quelle: pittino & ortner architekturbüro)**

Das Grundstück wird im Westen bis zur öffentlichen Grundgrenze mit dem neu hinzugefügten Erschließungsbaukörper bebaut. Der verbleibende Flächenbedarf wird durch Aufstockung eines Geschosses auf den bestehenden Baukörper des Bezirksgerichtes abgedeckt. Zwischen der bestehenden Parkzone und dem Bestandsgebäude wird eine neue fußläufig zu erschließende Grün-, Kommunikations- bzw. Aufenthaltsfläche vorgeschlagen – als Puffer zwischen den umgebenden Verkehrszonen und dem Gerichtsgebäude unter Berücksichtigung der nunmehr getrennten Eingangssituation von Gerichts- bzw. Finanzamt.

Eine neue Hülle wird über Bestand, Aufstockung und Neubau gezogen, die das gesamte Gebäude als neue gestalterische Einheit erscheinen lässt. Lediglich der öffentliche Raum im Erdgeschoss erfährt eine klare Akzentuierung in seiner Orientierung nach Außen und stellt somit eine Verschmelzung zwischen Außen- und Innenraum dar. Eine Solar-Waben-Fertigteilfassade mit dynamischem U-Wert ist Grundlage für das vorliegende architektonische Konzept. Fensterelemente werden je nach funktionellem Anforderungsprofil in die Fassadestruktur integriert. Jedes Fensterelement wird mit einem „individuellen“ Lüftungsflügel“

erweitert, wodurch Fenster- und Lüftungselemente bündig in die Fassade integriert werden und architektonische sowie gestalterische Funktionen in der Fassade übernehmen.¹

Nachfolgende Daten (Tabelle 1) kennzeichnen das gegenständliche Objekt (nach Sanierung und Aufbau):

Bezeichnung	Wert und Einheit	Quelle
Bruttogrundfläche	3.149,42 m ² BGF	Entwurfsunterlagen, 6.0 Flächen
Nettonutzfläche	2.616,80 m ² NGF	Entwurfsunterlagen, 6.0 Flächen
Bruttorauminhalt	10.151,60 m ³ BRI	Entwurfsunterlagen, 6.0 Flächen
Konditionierte Bruttogrundfläche	2.614,06 m ² BGF	Entwurfsunterlagen, Energieausweis
Konditioniertes Bruttovolumen	8.655,57 m ³	Entwurfsunterlagen, Energieausweis
Anzahl der Geschoße oberirdisch	4	Planunterlagen
Anzahl der Geschoße unterirdisch	1	Planunterlagen
Anzahl der Kerne	1	Planunterlagen
charakteristische Länge	3,04 m	Entwurfsunterlagen, Energieausweis

Tabelle 1: Charakteristische Daten des Gebäudes

3.4.2 Details zur Lebenszykluskostenanalyse

3.4.2.1 Umfang der LZK Berechnung

Die Lebenszykluskostenberechnung wird im folgenden Umfang durchgeführt:

- Gesamter Kostenbereich der ÖNORM B 1801-1 und deren Folgekosten.
- Als Folgekosten werden die gebäudebezogenen Nutzungskosten sowie der Gebäudeabriss definiert. Nutzungsbezogene Kosten wie Sicherheitsdienste, Cateringdienste, etc. werden in der Berechnung nicht berücksichtigt.
- Die Kostenbereiche, die keinen Einfluss auf die thermisch-energetische Qualität haben, bleiben unverändert.
- Jene Kostenbereiche, die Einfluss auf die thermisch-energetische Qualität haben, werden in den Varianten variiert.
- D.h. es werden nur jene Kosten für Errichtung und Nutzung analysiert, die bei unterschiedlichen Varianten zu unterschiedlichen Ergebnissen führt. Nutzungskosten wie beispielsweise Reinigung der Innenflächen werden nicht analysiert, weil diese bei unterschiedlichen Energiestandards des Gebäudes nicht verändert werden.

¹ Auszug aus der städtebaulichen Zielsetzung und dem architektonischen Konzepts des Entwurfes, Architekturbüro Pittino & Ortner

3.4.2.2 Gebäudeelemente in der LZKA

Unter Berücksichtigung des Umfanges der Lebenszykluskostenberechnung werden folgende Elemente des Gebäudes für die Wirtschaftlichkeitsberechnung herangezogen:

- Dach
- Fassade
- Fenster
- Sunpipes zur Verbesserung der Tageslichtversorgung
- Heizung
- Kühlung
- Lüftung

3.4.2.3 Annahmen zur LZKA

Eine Wirtschaftlichkeitsberechnung im Rahmen einer LZKA erfordert eine Reihe von Annahmen, die in Abstimmung mit dem Auftraggeber festzulegen sind. Im Laufe des Lebenszyklus bzw. des relevanten Betrachtungszeitraumes können die Annahmen von realen Werten abweichen. Mit Hilfe der Einschätzung der Risiken, auf Basis dessen eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt wird, sollen die Effekte möglicher Abweichungen von den getroffenen Annahmen auf das Ergebnis der LZK Berechnung beurteilt werden. Für die vorliegende LZK Berechnung sind die Annahmen in Tabelle 2 enthalten.

Bezeichnung	Wert	Quelle
Betrachtungszeitraum	30 Jahre	Annahme Sanierungszyklus der BIG-Gebäude
Kalkulationszinssatz	4,0 %/a	Annahme
Index Baupreissteigerung	3,0 %/a	ÖNORM M 7140, Beiblatt 5
Index Energiepreissteigerung	3,0 %/a	ÖNORM M 7140, Beiblatt 5
Index Inflation	3,0 %/a	Annahme

Tabelle 2: Annahmen für die Eingabeparameter der Wirtschaftlichkeitsberechnung (Barwertmethode)

Die Errichtungskostendaten für die Ausführungsvariante der Entwurfsplanung stammen aus der Kostenberechnung des Generalplaners. Die Kostendaten für die abweichende Ausführungsvariante sind der Kostendatenbank des LZK-Tools von e7 und M.O.O.CON entnommen. Dabei werden die relativen Abweichungen für unterschiedliche Bauteilqualitäten ermittelt.

Kosten für Instandhaltung, Wartung und Erneuerung entstammen der Kostendatenbank von e7 und M.O.O.CON. Jedem Element in der Datenbank sind Nutzungskosten hinterlegt und

werden bei den jeweiligen Kostenelementen berücksichtigt. Davon abweichend werden Energiekosten für das gesamten Gebäudesystem ermittelt.

Die Nutzungskosten für das Gebäude setzen sich aus folgenden Komponenten zusammen:

- Unterhaltsreinigung
- Glasreinigung im Gebäude
- Fassadenreinigung
- Betriebsführung
- Wartung
- Instandsetzung

Für die Lebenszykluskostenberechnung werden die Erneuerungskosten nach Ablauf der Lebensdauer nicht mit eingerechnet.

Energiekosten werden über das Energieberechnungsprogramm ermittelt, das dem LZK-Tool hinterlegt ist. Dabei werden die Eingabedaten vom Energieausweis entsprechend der Planung übernommen, sodass das Ergebnis im Bereich des Nutzenergiebedarfs (HWB* und KB*) nahezu ident ist. Der Endenergiebedarf, auf dessen Basis die Energiekosten berechnet werden, unterscheiden sich von den Ergebnissen des Energieausweises, weil dort zum einen verschiedene Teile rechnerisch noch nicht funktionieren (Energieeinsatz für Lüftung und Kühlung) bzw. Ergebnisse berechnet werden, die weit von real gemessenen Daten entfernt sind (Energieeinsatz für Beleuchtung). Gleichzeitig wird das Nutzerprofil für das vorliegende Gebäude konkretisiert und die Tageslichtversorgung im Gebäude berücksichtigt.

3.4.2.4 Sensitivitätsanalyse

Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse werden folgende Parameter variiert, um somit die Auswirkungen bei abweichendem Eintreten von Parametern zu berücksichtigen (Tabelle 3).

Parameter	Angenommener Wert	Variationen in der Sensitivitätsanalyse
Energiepreissteigerung, Inflation	3%	5 % Energiepreissteigerung, 2 % Inflation

Tabelle 3: Variation in der Sensitivitätsanalyse

3.4.3 Methodische Vorgangsweise

Bei der LZKA der umfassenden Sanierung des Bezirksgerichts Bruck/Mur wird eine Basisvariante berechnet, die dem vom Generalplaner vorgeschlagenen Entwurf entspricht. Dabei werden die Kostenwerte der General- und Fachplaner aus der Entwurfsvariante heran gezogen. Die Bau- und Ausstattungsqualität sowie die resultierenden Baukosten des Entwurfs sind die Grundlage für die LZKA. Zusätzlich werden zum Vergleich mehrere Varianten gerechnet. Dafür werden die Bau- und Ausstattungsqualitäten neu definiert und die daraus resultierenden Änderungen der Baukosten werden neu berechnet. Die Ermittlung der Baukos-

ten erfolgt somit nicht durch eine Bottom-Up Berechnung sämtlicher Varianten, sondern durch die Berechnung der relativen Unterschiede zueinander.

Auch bei den Nutzungskosten dient die Entwurfsvariante als Basis für die Kostenermittlung. Unter Berücksichtigung der Änderungen der Bau- und Ausstattungsqualitäten werden für die Varianten Abweichungen von der Entwurfsvariante ermittelt.

Neben den Auswirkungen auf ökonomischer Ebene sind jedoch auch die Veränderungen in der ökologischen und sozialen Nachhaltigkeit zu berücksichtigen, um belastbare Aussagen zu den untersuchten Varianten vorlegen zu können. Beide Aspekte der Nachhaltigkeit werden in der vorliegenden Analyse auf die Kriterien Energiebedarf und Nutzungskomfort beschränkt, da für diese Kriterien die größten Auswirkungen erwartet werden.

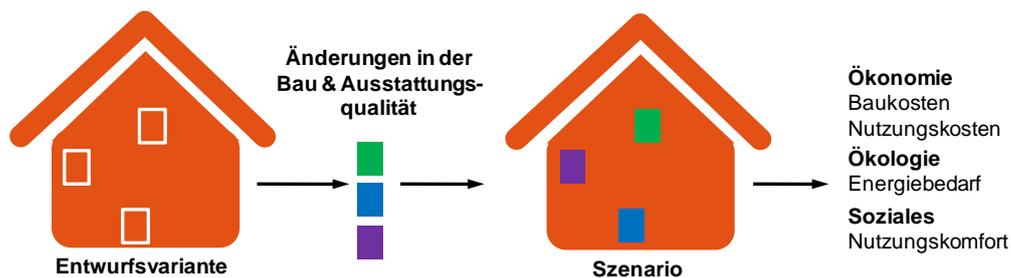


Abbildung 19: Methode der LZKA der verschiedenen Varianten

Basierend auf der beschriebenen Methode für die LZKA sind folgende Arbeitsschritte erforderlich:

- Beschreibung der Bau- und Ausstattungsqualität sowie der Baukosten der Entwurfsvariante,
- Ermittlung der Nutzungskosten der Entwurfsvariante,
- Beschreibung der Bau- und Ausstattungsqualität sowie der Baukostenänderungen der Varianten,
- Ermittlung der Nutzungskostenänderungen der Varianten,
- Beschreibung des Nutzungskomforts und des Energiebedarfs der Entwurfsvariante und Bewertung der Auswirkungen in den Varianten.

Ziel der LZKA ist ein wirtschaftlicher Vergleich der Entwurfsvariante mit hohen Ansprüchen an Energieeffizienz und Nutzungskomforts mit einer Ausführungsvariante, die dem Standard der Bauordnung entspricht.

Die Ergebnisse der LZKA und deren Auswirkungen auf den Nutzungskomfort und den Energiebedarf sind in Abschnitt 5 enthalten.

3.4.4 Definition der Varianten

Der vorliegende Entwurf mit seiner Bau- und Ausstattungsbeschreibung dient als Basis für die Definition der Varianten. Es werden deshalb nur jene Gebäudebestandteile neu definiert

und analysiert, bei denen in den Varianten Veränderungen vorgenommen werden oder Auswirkungen auf den Energiebedarf bzw. den Nutzerkomfort erwartet werden. Die restlichen Bestandteile bleiben bei den Varianten gleich und werden deshalb nicht näher behandelt.

In der nachfolgenden Aufstellung sind jene Aspekte der Bau- und Ausstattungsbeschreibung enthalten, bei denen in den Varianten Änderungen vorgenommen werden. Die jeweiligen Änderungen in den Varianten werden dabei beschrieben (Tabelle 4).

Variante	Basis	Var1	Var2	Var3	Var4	Var5	Var6
Energiestandard	HdZ+	HdZ+	BauO	BauO	HdZ+	HdZ+	BauO
Komfort	Lüftung komplett	Lüftung komplett	Lüftung komplett	Keine Lüftung	Lüftung Verhandl.- saal	Lüftung Verhandl.- saal	Lüftung Verhandl.- saal
Kosten	Entwurf	Entwurf mit UFI Förderung	Berechn.	Berechn.	Berechn.	Berechn. mit UFI Förderung	Berechn.
Legende	HdZ+ ... Anforderung durch das Projekt BIGMODERN im Rahmen des Programmes Haus der Zukunft plus, BauO ... Anforderung an den Energiestandard im Rahmen der Bauordnung, Berechn. ... Berechnung der Kosten auf Basis der Kostenschätzung des Generalplaners						

Tabelle 4: Überblick über die Varianten

Entsprechend der sich ändernden Bau- und Ausstattungsqualität der jeweiligen Variante werden unter Zuhilfenahme der Kostendaten des LZK-Tools die adaptierten Kosten berechnet. Die Varianten unterscheiden sich in der Ausstattung und im Nutzungskomfort (für diese LZKA wurde bei den Änderungen des Nutzungskomfort nur Maßnahmen für ein kontrollierte Be- und Entlüftung untersucht) wie folgt.

- **Basis und Variante 1**, Basisvariante entsprechend der Entwurfsplanung des Generalplaners.
- **Variante 2**, Variante mit Energiestandard entsprechend der Bauordnung, jedoch mit gleichen Nutzungskomfort: Diese Variante bildet den gleichen Innenraumkomfort wie die Entwurfsvariante ab, der Dämmstandard der Fassade und des Dachs orientiert sich jedoch alleinig an die Erfüllung der HWB* Anforderung in der Bauordnung.
- **Variante 3**, Variante mit Energiestandard entsprechend der Bauordnung, jedoch mit geringen Nutzungskomfort: Diese Variante stellt jene Variante dar, die sich hinsichtlich des Energiestandards ausschließlich an die Erfüllung des HWB* der Bauordnung orientiert und keine neuen Maßnahmen zur Verbesserung des Nutzungskomforts berücksichtigt. D.h. keine Komfortlüftung im Gebäude, Lüftungsanlage ausschließlich zur Entlüftung der Sanitärräume und die Kühlung des Servers. Das Fassadensystem entspricht der vorgefertigten Solarwabenfassade im Entwurf.
- **Variante 4 und 5**, Variante mit Fassade entsprechend der Entwurfsplanung, mechanische Lüftung mit Vorkonditionierung jedoch nur für die Verhandlungssäle im Erdgeschoß: Diese Variante entspricht dem Entwurf des Generalplaners, hinsicht-

lich des Nutzungskomforts werden jedoch ausschließlich jene Bereiche mechanisch belüftet und im Sommer entsprechend den Mindestvorgaben des Nutzers vorkonditioniert. Das sind die Verhandlungssäle im Erdgeschoß, die während der Verhandlungstage eine hohe Personendichte aufweisen.

- **Variante 6**, Variante mit Fassade entsprechend der Entwurfsplanung, jedoch mit Energiestandard der Bauordnung und mechanischer Lüftung mit Wärmerückgewinnung sowie Vorkonditionierung nur in den Verhandlungssälen im Erdgeschoß: Diese Variante entspricht der Variante 4, die Auswahl der U-Werte für die Fassade orientiert sich jedoch nur an die Erfüllung der HWB* Anforderung der Bauordnung, entsprechend Variante 2 und 3.

In der folgenden Tabelle (Tabelle 5) sind die unterschiedlichen Gebäude- und Ausstattungsqualitäten detailliert definiert.

Elemente	Basis/Variante 1	Variante 2	Variante 3
Dach	Flachdach mit hohem Dämmstandard U= 0,11 W/m ² K	Flachdach mit Dämmstandard lt. Bauordnung U = 0,20 W/m ² K	Flachdach mit Dämmstandard lt. Bauordnung U = 0,20 W/m ² K
Fassade	Fertigteilfassade, 18 cm Dämmung in Elementen, U = 0,15 W/m ² K,	Fertigteilfassade, U = 0,35 W/m ² K,	Fertigteilfassade, U = 0,35 W/m ² K,
Innendecke	Decke zu Keller U= 0,19 W/m ² K	Decke zu Keller U= 0,40 W/m ² K	Decke zu Keller U= 0,40 W/m ² K
Speichermasse	In Büroräumen	Keine Speichermasse	Keine Speichermasse
Fenster	Drei-Scheiben-Verglasung, integrierte tageslichtlenkende Jalousien U = 1,10 W/m ² K g = 0,52	Zwei-Scheiben-Verglasung, integrierte tageslichtlenkende Jalousien, U = 1,40 W/m ² K g = 0,63	Zwei-Scheiben-Verglasung, keine Verschattung, U = 1,40 W/m ² K g = 0,63
Tageslicht	Tageslichtlenkende Jalousie, Sunpipes im 3. OG	Tageslichtlenkende Jalousie, Sunpipes im 3. OG	Keine Maßnahmen
Heizung	Niedertemperatur Gaskessel, Radiatoren 45/55°C	Niedertemperatur Gaskessel, Radiatoren, 55/70 °C	Niedertemperatur Gaskessel, Radiatoren, 55/70 °C
Kühlung	keine	keine	Keine (nur EDV Kühlung)
Lüftung	Geschoßweise Lüftungsgeräte mit WRG, Grundwasser Wärmepumpe für Vorkonditionierung Heizen und Kühlen	Geschoßweise Lüftungsgeräte mit WRG, Grundwasser Wärmepumpe für Vorkonditionierung Heizen und Kühlen	Keine Lüftung

Tabelle 5: Detailbeschreibung der Varianten

Bei den Varianten 4 bis 6 wurden die Baustandards für die Teilnahme am Forschungsprogramm HdZ+ als auch die der Bauordnung angesetzt. Im Bereich des Nutzungskomforts werden alleinig die Verhandlungssäle im Erdgeschoß belüftet und im Sommer vorkonditioniert. Die Bau- und Ausstattungsqualität entsprechend den Vorgaben in Tabelle 5. Bei Variante 5 wurden darüber hinaus Fördermittel der UFI berücksichtigt.

Die Unterschiede im Bau- und Ausstattungsprogramm sowie die Auswirkungen auf den Nutzungskomfort werden in Abbildung 20 dargestellt.

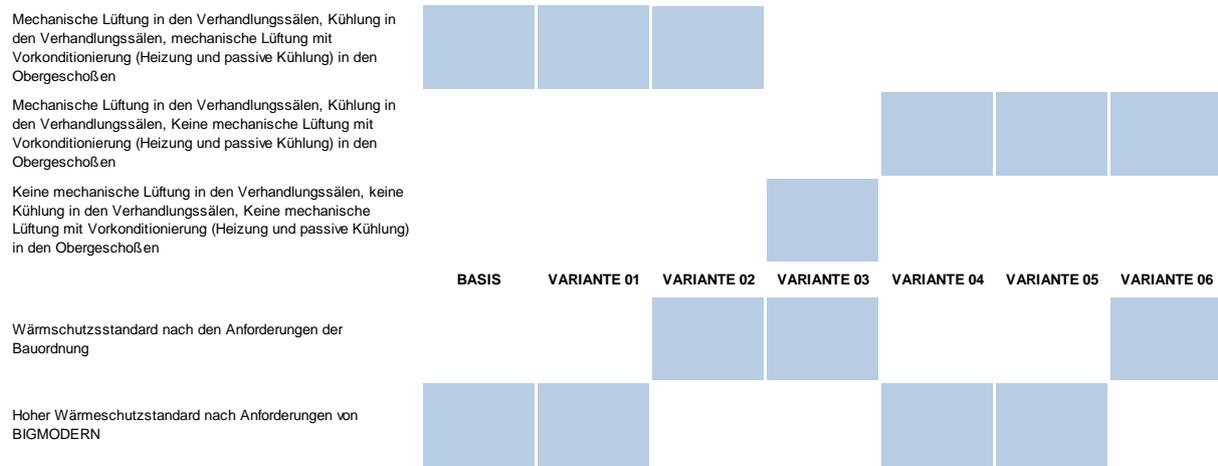


Abbildung 20: Unterscheidung der Varianten

3.4.5 Ergebnis der LZK

In Tabelle 6 ist die Summe der Lebenszykluskosten für die energierelevanten Gebäudeelemente für alle Varianten dargestellt.

Szenario	BASIS	VARIANTE 01	VARIANTE 02	VARIANTE 03	VARIANTE 04	VARIANTE 05	VARIANTE 06
Beschreibung	BIGMODERN, Lüftung/Kühlung Gesamtgebäude	BIGMODERN mit UFI, Lüftung/Kühlung Gesamtgebäude	BauO, Lüftung/Kühlung Gesamtgebäude	BauO, Ohne Lüftung	BIGMODERN, Lüftung/Kühlung Verhandlungssaal	BIGMODERN mit UFI, Lüftung/Kühlung Verhandlungssaal	BauO, Lüftung/Kühlung Verhandlungssaal
LZK (30 Jahre) in EUR	6.371.951	6.310.889	6.369.182	5.948.069	6.062.735	6.011.965	6.175.260

Tabelle 6: Lebenszykluskosten der Varianten über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren

In der nachstehenden Abbildung ist der Verlauf der kumulierten Kosten über den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren dargestellt (Abbildung 21).

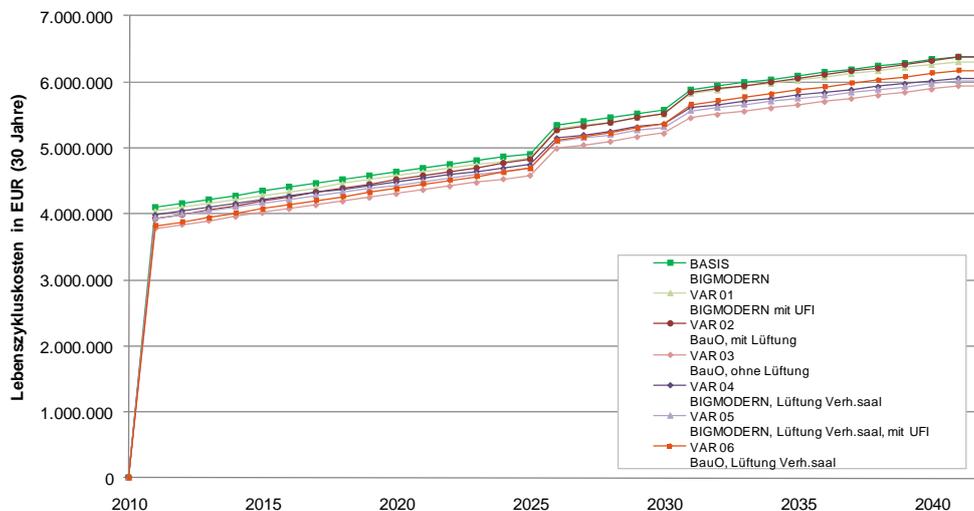


Abbildung 21: LZK Verlauf über den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren

Das Säulendiagramm (Abbildung 22) veranschaulicht im Detail die unterschiedlichen Gesamtkosten der Varianten über den Betrachtungszeitraum. Die Varianten BASIS, 01 und 02 mit gleichbleibendem, hohem Nutzungskomfort (Komfortlüftung im gesamten Gebäude) weisen höhere Gesamtkosten auf. Die Varianten 04 – 06, mit lediglich Lüftung und Kühlung im Verhandlungssaal, jedoch guten Dämmstandards, weisen niedrigere Gesamtkosten auf. Alleinig Variante 03 mit dem geringsten Nutzungskomfort (keine Lüftung und Kühlung im gesamten Gebäude) und Gebäudehüllenstandard der Bauordnung ist bei den Lebenszykluskosten am niedrigsten.

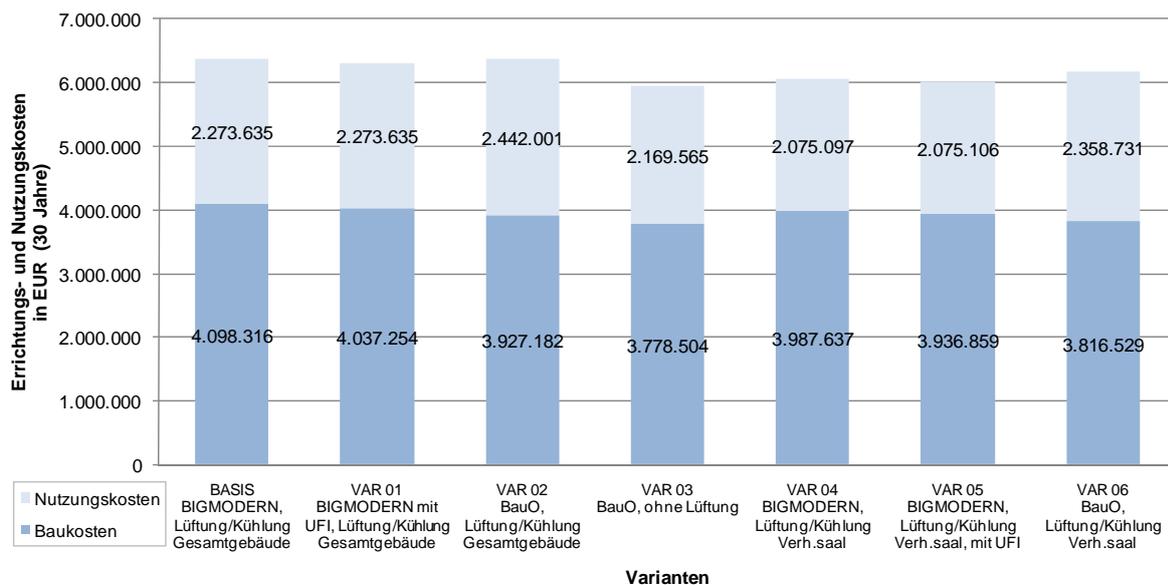


Abbildung 22: Lebenszykluskosten im Betrachtungszeitraum von 30 Jahren

In der Sensitivitätsanalyse mit einer angenommenen Energiepreissteigerung von 5 %/a sowie einer etwas geringeren Inflation von 2 %/a sind die Gesamtkosten unter Berücksichtigung der Fördermittel der UFI jedoch ident (Tabelle 7).

Varianten	BASIS	VARIANTE 01	VARIANTE 02	VARIANTE 03	VARIANTE 04	VARIANTE 05	VARIANTE 06
Beschreibung	BIGMODERN, Lüftung/Kühlung Gesamtgebäude	BIGMODERN mit UFI, Lüftung/Kühlung Gesamtgebäude	BauO, Lüftung/Kühlung Gesamtgebäude	BauO, Ohne Lüftung	BIGMODERN, Lüftung/Kühlung Verhandlungssaal	BIGMODERN mit UFI, Lüftung/Kühlung Verhandlungssaal	BauO, Lüftung/Kühlung Verhandlungssaal
LZK (Basis) in EUR	6.371.951	6.310.889	6.369.182	5.948.069	6.062.735	6.011.965	6.175.260
LZK (Sensitivitätsanalyse) in EUR	6.448.493	6.387.431	6.511.633	6.088.175	6.140.481	6.089.711	6.291.630
Abweichungen in EUR	76.541	76.541	142.451	140.106	77.746	77.746	116.370

Tabelle 7: Lebenszykluskosten in der Sensitivitätsanalyse über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren

Die Sensitivitätsanalyse zeigt, dass die Lebenszykluskosten über den Betrachtungsraum von 30 Jahren beim Entwurfsprojekt (Basisvariante und Variante 01) und dem damit geplanten Nutzungskomfort im Gebäude (hohes Dämmniveau, Tageslichtlenkung, 3-Scheiben-Verglasung, Jalousie im Scheibenzwischenraum, mechanische Lüftung mit Vorkonditionie-

ung im gesamten Gebäude) niedriger als bei einem Gebäude mit gleichem Komfort und Energiestandard der Bauordnung (Variante 02) sind.

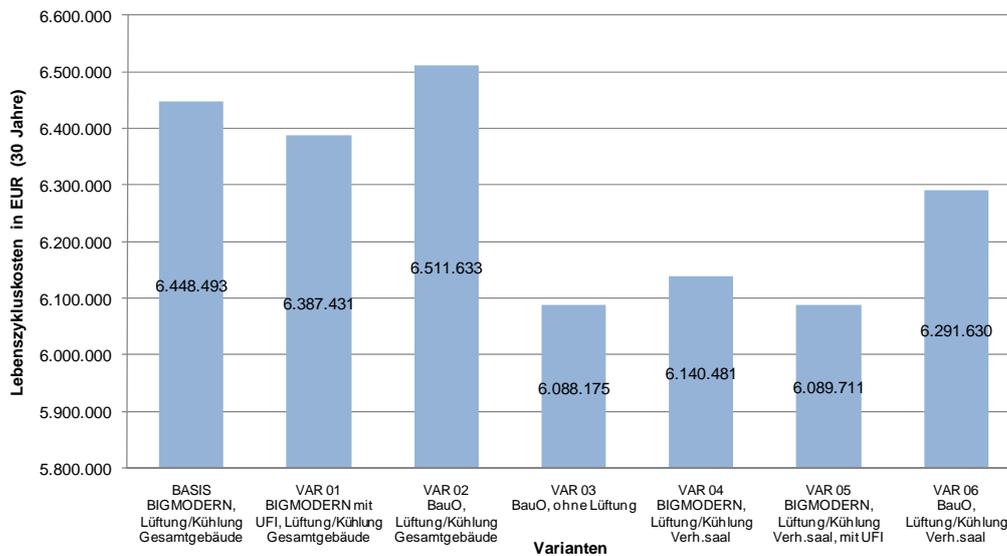


Abbildung 23: Lebenszykluskosten in der Sensitivitätsanalyse im Betrachtungszeitraum von 30 Jahren

Die Lebenszykluskostenanalyse von unterschiedlichen Varianten der Bau- und Ausstattungsqualität der Sanierung des Bezirksgerichts Bruck an der Mur hat folgendes gezeigt:

- Erhöhte Wärmedämmmaßnahmen und Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz sind – unter Berücksichtigung gleicher Annahmen für den Nutzungskomfort – ökonomisch sinnvoll.
- Die Erhöhung des Nutzungskomforts durch Einbau einer mechanischen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sowie Kühlung der Zuluft im Sommer ergeben höhere Nutzungs- und auch höhere Gesamtkosten im Betrachtungszeitraum im Vergleich zu Gebäuden mit geringerem Nutzungskomfort.

3.5 Planungsbegleitende LZKA beim Demonstrationsprojekt Hauptgebäude Bau fakultät der Universität Innsbruck

Die vorliegende Lebenszykluskostenanalyse wird für das Sanierungsvorhaben des Hauptgebäudes der Fakultät für Bauingenieurwesen der Universität Innsbruck (Visualisierung siehe Abbildung 24) durchgeführt. In diesem Bericht werden zwei Varianten analysiert.



Abbildung 24: Visualisierung der Sanierung des Hauptgebäude für Bauingenieurwesen an der Universität Innsbruck (Quelle: ATP Innsbruck)

Als Basis diente der vorliegende Entwurf des Generalplaners. Vom Generalplaner sind für den Entwurf folgende Kosten berechnet worden (Tabelle 8):

ERRICHTUNGSKOSTEN		Bruttogrundfläche in m ²		21.549	
Stand: 14.01.2011		Bruttorauminhalt in m ³		81.220	
Kostenbereiche	Errichtungs-	Kosten/BGF	Kosten/BRI	Anteil	
It. ÖN B 1801-1	kosten	[EUR/m ²]	[EUR/m ³]	[%]	
KB 0	Grundstück	0	0,00	0,00	0,0%
KB 1	Aufschließung	1.439.000	66,78	17,72	11,3%
KB 2	Bauwerk-Rohbau	594.000	27,57	7,31	4,7%
KB 3	Bauwerk-Technik	3.483.000	161,63	42,88	27,4%
KB 4	Bauwerk-Ausbau	7.089.000	328,97	87,28	55,9%
KB 5	Einrichtung	0	0,00	0,00	0,0%
KB 6	Außenanlagen	86.000	3,99	1,06	0,7%
KB 7	Honorare	0	0,00	0,00	0,0%
KB 8	Nebenkosten	0	0,00	0,00	0,0%
	ZW.SUMME	12.691.000	588,94	156,25	100,0%
KB F	Finanzierung	0	0,00	0,00	0,0%
	G.SUMME	12.691.000	588,94	156,25	100,0%

Tabelle 8: Basiswerte für die Errichtungskosten für das Demonstrationsprojekt in Innsbruck (Quelle: ATP Innsbruck)

In der nachfolgenden Beschreibung der Varianten sind die Abweichungen vom Entwurf dargestellt:

VARIANTE 01	Zusätzlich zum vorliegenden Entwurf werden weitere Maßnahmen zum Wärmeschutz und die Beleuchtung mit tageslicht- und präsenzabhängiger Steuerung durchgeführt. Für das Gebäude wird eine vollständige mechanische Be- und Entlüftung vorgesehen. Die Lüftungsanlage wird für das gesamte Gebäude ausgelegt. Die Zuluft wird dabei im Winter geheizt und im Sommer gekühlt (Vorkonditionierung). Die sommerliche Überhitzung in den Büroräumen kann durch den höheren Luftvolumenstrom weitgehend vermieden werden. Aus diesem Grunde wurde auf die natürliche Nachtlüftung über die Fenster verzichtet und somit die elektrischen Motoren samt dazugehöriger Gebäudeleittechnik (GLT) für die Fensteröffnung nicht eingesetzt.
VARIANTE 02	Zusätzlich zum vorliegenden Entwurf werden weitere Maßnahmen zum Wärmeschutz und die Beleuchtung mit tageslicht- und präsenzabhängiger Steuerung durchgeführt. Die Zuluft der mechanische Be- und Entlüftung der Kernzonen wird in die Büroräume eingeblasen. D.h. die Lüftungsanlage wird nur für

**ZUSAMMEN
FASSUNG**

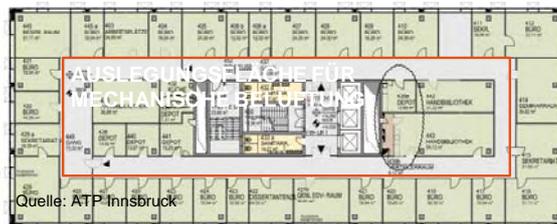
die Kernzone ausgelegt. Damit kann eine Verbesserung des sommerlichen Komforts im Vergleich zur Entwurfsvariante realisiert werden kann. Einige Übertemperaturstunden über 26°C müssen allerdings akzeptiert werden. Die Zuluft wird im Winter geheizt und im Sommer gekühlt (Vorkonditionierung).

Variante 01 unterscheidet sich von Variante 02 nur durch die Art der Belüftung:

- Variante 01: Auslegung der mechanische Be- und Entlüftung für das gesamte Gebäude
- Daher wird in Variante 01 auf die natürliche Nachtlüftung und somit auch auf die automatische Öffnung des Senk-Kipp-Fensters verzichtet.



In **Variante 02** gilt die Auslegung der Lüftungsanlage für den Kernbereich. Die öffnenbaren Fensterflügel werden manuell bedient.



Die zusätzlichen Maßnahmen für den Wärmeschutz sowie für die tageslicht- und präsenzabhängige Steuerung der Beleuchtung sind für beide Varianten ident. Die mechanische Be- und Entlüftung des Gebäudes sowie die Berücksichtigung der Nachtlüftung sind in den Varianten unterschiedlich.

In der LZKA für die beiden Varianten sind die zusätzlichen Mehr- bzw. Minderkosten für die Sanierung sowie für den Gebäudebetrieb im Vergleich zur Kostenberechnung des Generalplaners für die Entwurfsplanung angesetzt worden, nicht die Gesamtkosten der Sanierung.

Für die Berechnung der LZK wurden nachfolgende Parameter verwendet:

BETRACHTUNGSZEITRAUM	30 Jahre	Annahme
KALKULATIONSZINSSATZ	6,0 %/a	Interne Annahmen BIG
BAUPREISSTEIGERUNG	3,0 %/a	Annahme
ENERGIEPREISSTEIGERUNG	4,0 %/a	Annahme
INFLATION	3,0 %/a	Annahme

Tabelle 9: Annahmen für die Eingabeparameter der Wirtschaftlichkeitsberechnung (Barwertmethode)

Die nachfolgende Darstellung stellt die kumulierten Mehr- oder Minderkosten über den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren dar (Abbildung 25). Die „Nulllinie“ entspricht den Lebenszykluskosten des vorliegenden Entwurfs.

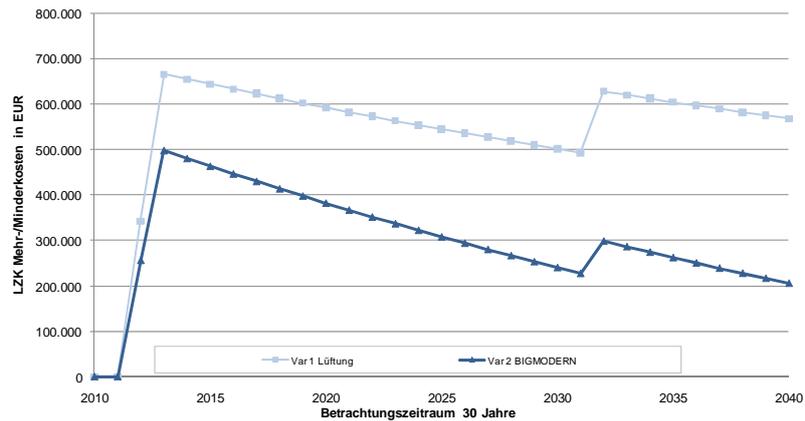


Abbildung 25: Ergebnisse der Barwertberechnung (Quelle: eigene Berechnung)

Die LZKA zeigt, dass Variante 01 zu höheren Kosten in der Sanierung und im Betrieb führt. Beide Varianten haben höhere Errichtungskosten im Vergleich zur Entwurfsplanung, jedoch niedrigere Betriebskosten. In Summe ist der vorliegende Entwurf – unter Berücksichtigung der angenommenen Kosten und Berechnungsparameter – ökonomisch sinnvoll. Variante 02 ist jedoch deutlich stabiler hinsichtlich der Steigung von Energiepreisen.

Die Sensitivitätsanalyse veranschaulicht die Ergebnisse für die Berechnung der LZK mit abweichenden Parametern. In der nachfolgenden Abbildung sind jene Ergebnisse dargestellt, die die höchsten Abweichungen von der Basisvariante ergeben.

Folgende Parameter ergeben das Minimum und Maximum der jeweiligen Variante:

Variante 01	MINIMUM	Baukosten – 20%, Energiepreissteigerung 6%/a, Kalkulationszinssatz 4%/a
	MAXIMUM	Baukosten + 20%, Energiepreissteigerung 4%/a, Kalkulationszinssatz 4%/a
Variante 02	MINIMUM	Energiepreissteigerung 6%/a, Kalkulationszinssatz 4%/a
	MAXIMUM	Energiepreissteigerung 4%/a, Kalkulationszinssatz 6%/a

Tabelle 10: Werte für die Sensitivitätsanalyse

Durch eine höhere Energiepreissteigerung werden in beiden Varianten niedrigere Energiekosten und damit niedrigen Mehrkosten verursacht. Die Mehrkosten in der Errichtung (die später auch in Bezug auf die Kosten für die Erneuerung relevant sind) sowie die höheren Kosten für Wartung und Instandsetzung führen zu höheren Betriebskosten in Variante 01 als in Variante 02 (Abbildung 26).

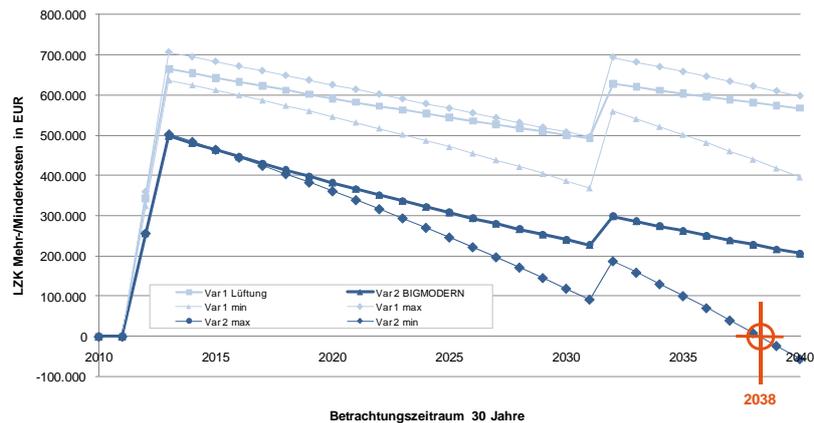


Abbildung 26: Ergebnis der Sensitivitätsanalyse

In der Sensitivitätsanalyse wurde somit festgestellt, dass unter günstigen Parametern Variante 02 über den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren wirtschaftlicher ist als der vorliegende Entwurf. Bei niedrigerem Kalkulationszinssatz von 4%/a sowie hoher Energiepreissteigerung von 6%/a ist Variante 02 wirtschaftlich günstiger. Ab dem Jahr 2038 sind mit geringeren kumulierten Kosten für das Gebäude zu rechnen.

Bei der Entscheidung der jeweiligen Variante sind – neben ökonomischen Kriterien – immer auch ökologische Kriterien sowie der Nutzungskomfort zu berücksichtigen (Tabelle 11).

	Ökonomie	Ökologie	Nutzungskomfort
Variante 01	Mehrkosten in der Errichtung und in den LZK	Niedrigere Energiekosten durch Maßnahmen zum Wärmeschutz, mechanische Lüftung des Gesamtgebäudes, führt zu höheren Energiekosten als Variante 02.	Sommerlicher Temperaturen über 26°C können weitgehend vermieden werden.
Variante 02	Mehrkosten in der Errichtung, geringere LZK als der Entwurf bei günstigen Parametern	Wesentlich niedrigere Energiekosten durch hohen Wärmeschutz und moderater mechanischer Be- und Entlüftung.	Sommerliche Temperaturen über 26°C müssen akzeptiert werden.

Tabelle 11: Auswirkungen der Varianten auf Ökonomie, Ökologie und Nutzungskomfort

Unter Berücksichtigung von weiterführenden Aspekten stellen nicht allein die Lebenszykluskosten ein wesentliches Entscheidungskriterium dar, sondern auch der Nutzungskomfort im Gebäudebetrieb. Durch die Festlegung der Anforderungen an den sommerlichen Komfort werden Mehrkosten in der Sanierung und im Betrieb des Gebäudes im Vergleich zum Entwurf definiert.

3.6 Tool für planungsbegleitende LZK

3.6.1 Aufbau des Tools

Das Tool für planungsbegleitende Berechnung von Lebenszykluskosten setzt sich aus folgenden Elementen zusammen:

- Benutzeroberfläche des Tools: In dieser Benutzeroberfläche werden die Daten des jeweiligen Projektes eingegeben.

- Benutzeroberfläche der Kostendatenbank: In dieser Oberfläche werden die Kosten der Gebäudeelementen eingegeben und laufend gewartet.
- Virtuelles Gebäudemodell: Berechnung des Raumvolumen und der Oberflächen des Gebäudes, wenn noch kein architektonisches Konzept vorliegt.
- Energieberechnung: Berechnung eines realitätsnahen Energieverbrauchs sowie der Energiekosten auf Basis des Gebäudemodells und der Bau- und Ausstattungsqualitäten.
- Kostendatenbank: Datenbank zu Bau- und Folgekosten von Gebäudeelementen.
- Wirtschaftlichkeitsrechnungen: Berechnung der Lebenszykluskosten mittels Barwert-Methode und ähnlichen Berechnungsmethoden.
- Auswertung: Detaillierte Auswertung der Eingabe- und Ausgabedaten der Berechnung.

Die Oberfläche der Kostendatenbank kommuniziert ausschließlich mit der Kostendatenbank. Diese wird vom Tool zur Berechnung der Kosten herangezogen. Zusätzlich benötigt das Tool noch die Elemente des virtuellen Gebäudemodells, der Energieberechnung und der Wirtschaftlichkeitsrechnung. Für die Berichtslegung wird noch das Element Ergebnisauswertung angewandt (Abbildung 27).

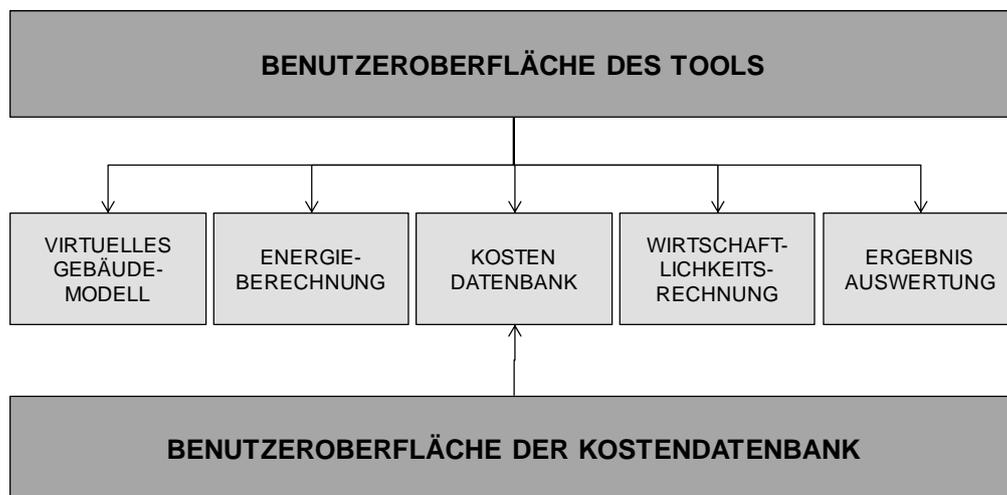


Abbildung 27: Elemente des planungsbegleitenden LZK-Tools (Quelle: eigene Darstellung)

3.6.2 Ansichten des Tools

Zu Beginn besteht die Auswahl der Eingabe eines Raum- und Funktionsprogramms oder eines Gebäudekonzeptes (Abbildung 28). Bei der Auswahl Raum- und Funktionsprogramm sind noch keine Planunterlagen vorhanden, daher wird in diesem Fall ein virtuelles Gebäudemodell entwickelt. Die Eingabe der Daten des architektonischen Konzeptes aus Planunterlagen erfolgt über Auswahl der Eingabe „Gebäudekonzept“. Diese Eingabevariante wird nachfolgend dargestellt.

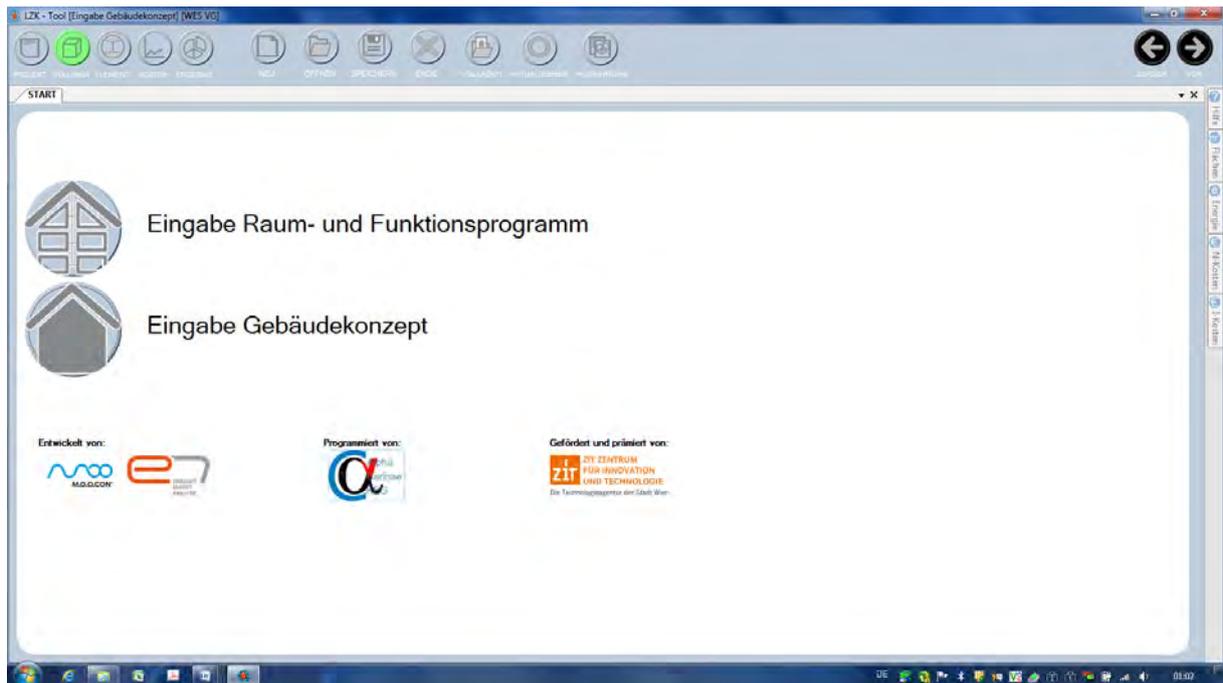


Abbildung 28: Darstellung LZK-Tool Oberfläche – Auswahl Eingabe (Quelle: eigene Darstellung)

Im ersten Schritt sind allgemeine Angaben zum Projekt sowie Angaben zur Lage des zu bebauenden Grundstückes einzugeben (Ort, Klimazone und topographische Gebäudeverschattung; Abbildung 29). Klimadaten für die Energieberechnung sind für Österreich und Deutschland hinterlegt.

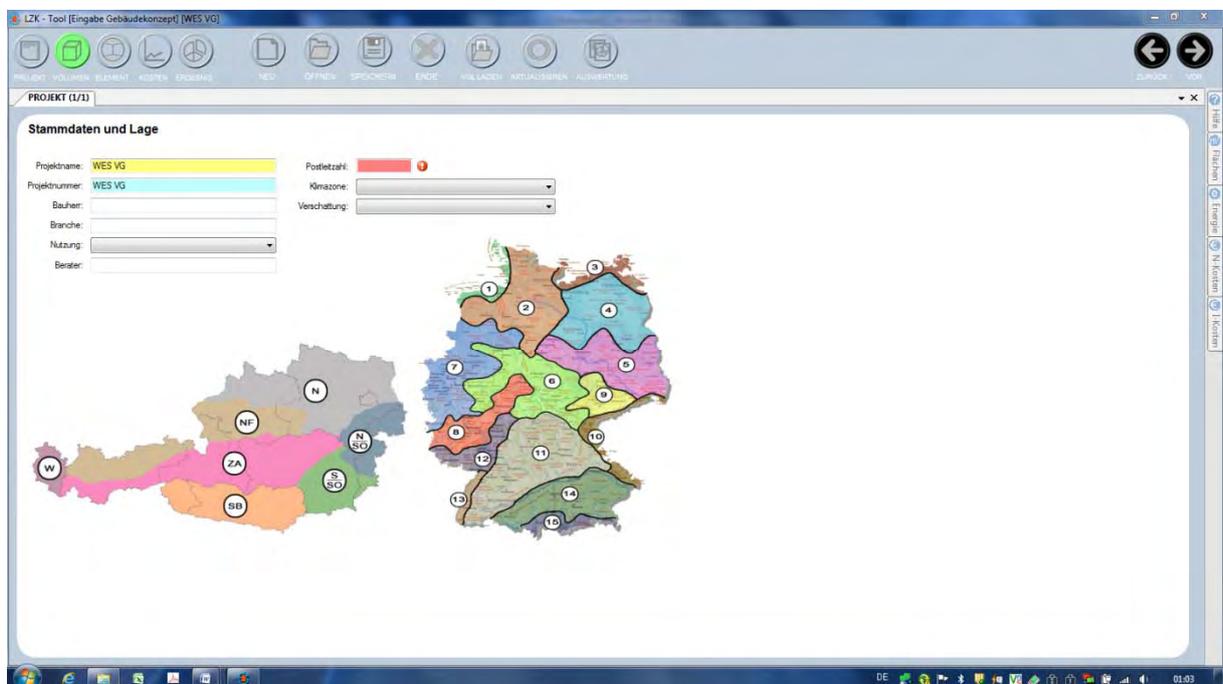


Abbildung 29: Darstellung LZK-Tool Oberfläche – Stammdaten und Lage (Quelle: eigene Darstellung)

Nachfolgend sind ca. 50 wesentliche Angaben zur Struktur und Geometrie des Gebäudes (wie z.B. Geschoßhöhen, Fläche Gründung, verbautes Volumen) einzugeben (Abbildung 30). Die Angaben erfolgen zur allgemeinen statischen Struktur, zu den gesamten Grundflächen (wie z.B. Hauptnutzfläche, Kern, Foyer/Empfang, Konferenz/Schulung, Lager und der ermittelten Konstruktionsfläche) und den Hüllflächen (Dach, Fassade, Boden). Zusätzlich sind in der darauffolgenden Eingabemaske Daten zur Hauptnutzfläche anzugeben (Abbildung 31).

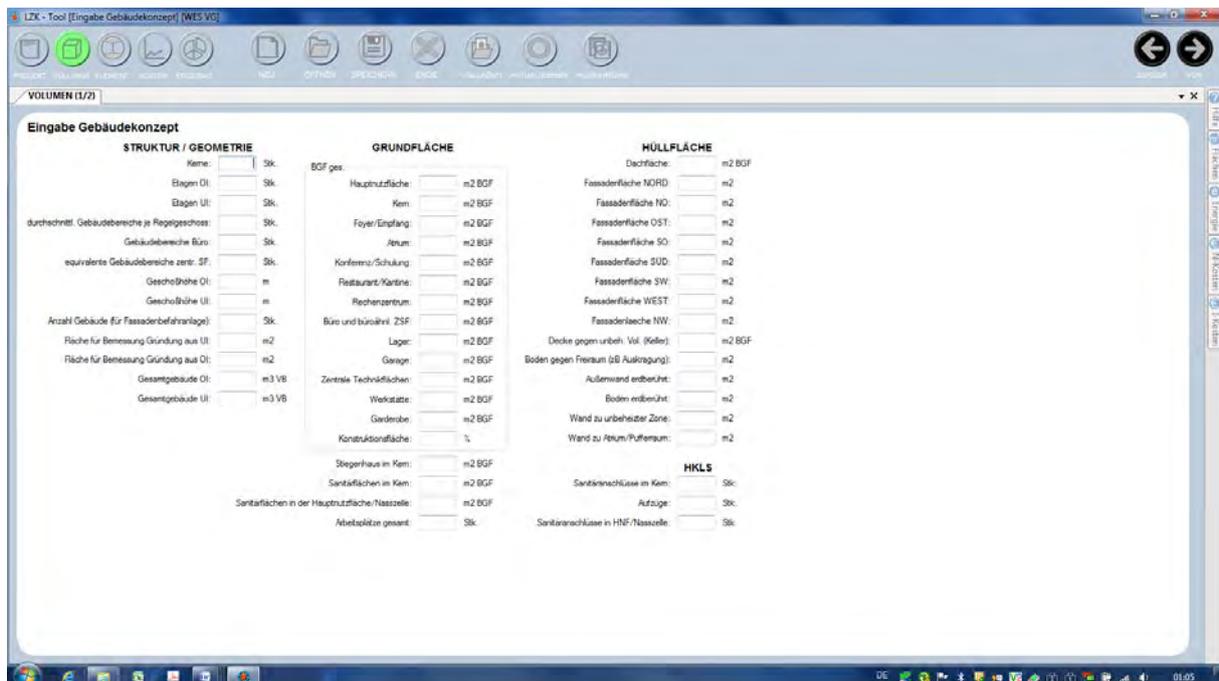


Abbildung 30: Darstellung LZX-Tool Oberfläche – Eingabe Gebäudekonzept 1 (Quelle: eigene Darstellung)

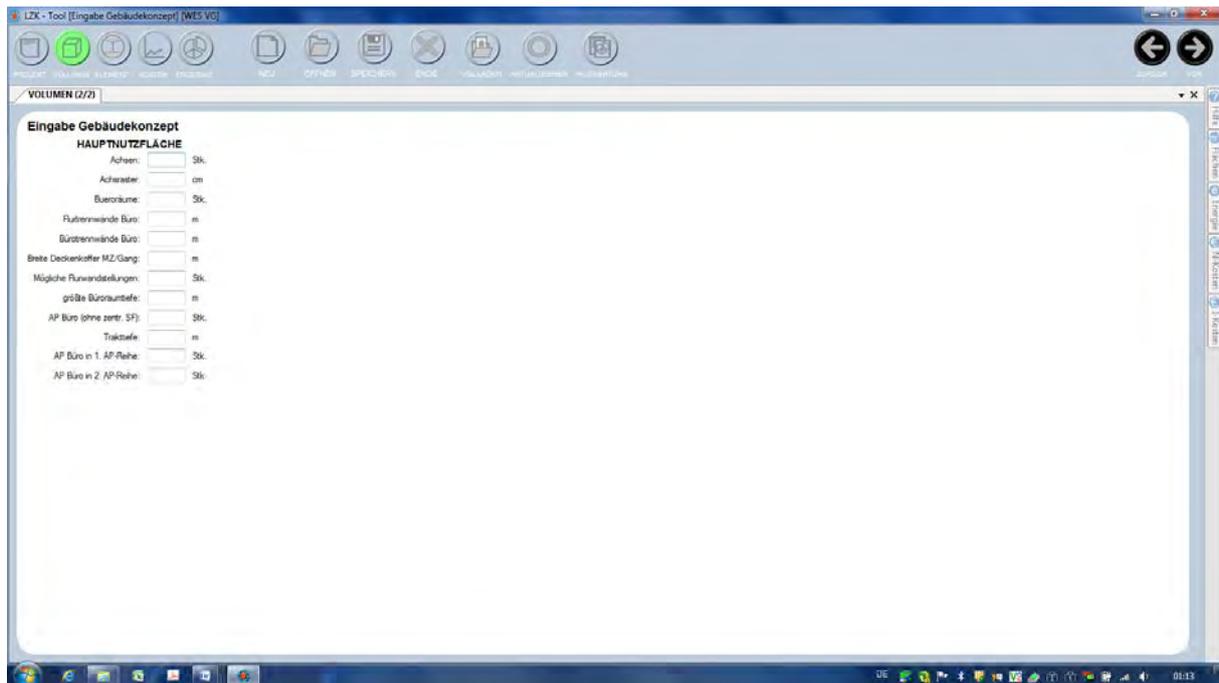


Abbildung 31: Darstellung LZK-Tool Oberfläche – Eingabe Gebäudekonzept 2 (Quelle: eigene Darstellung)

Nach den Angaben zur Struktur und Geometrie beginnt die Auswahl der Bau- und Ausstattungsqualitäten mit den Angaben zur Aufschließung, den Erdarbeiten und Gründung sowie ersten Angaben zur Ausführung des Gesamtgebäudes (z.B. über die Art des Dachbelages,...; Abbildung 32).

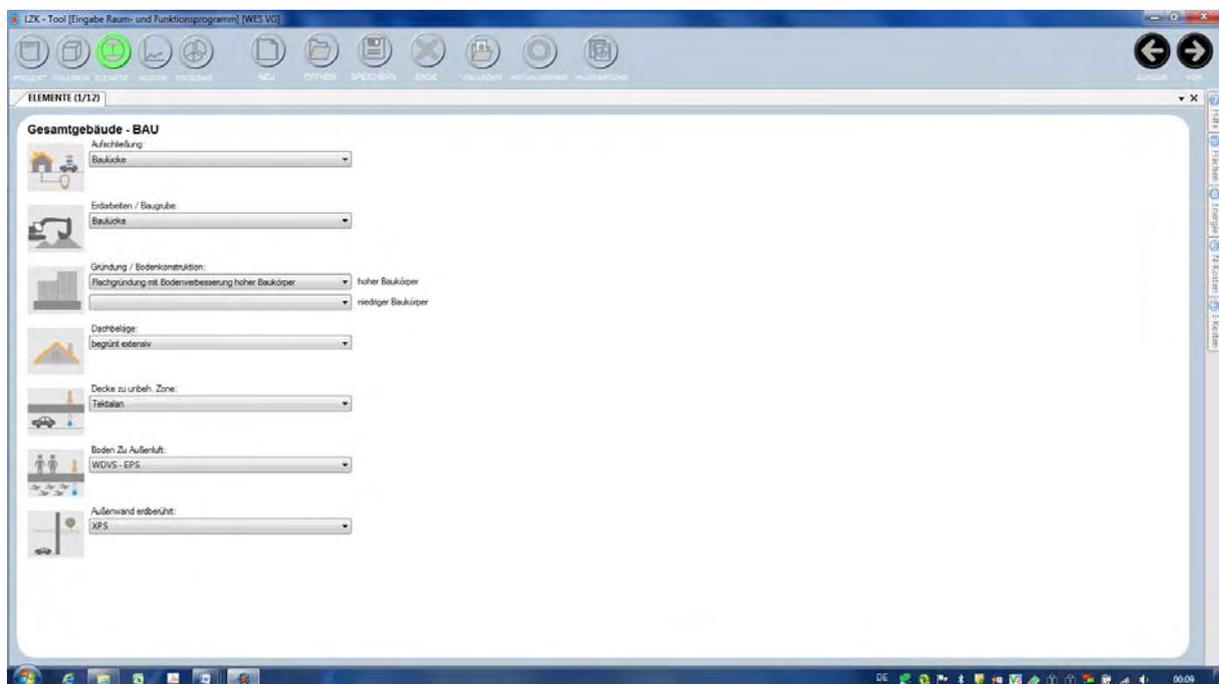


Abbildung 32: Darstellung LZK-Tool Oberfläche – Gesamtgebäude BAU (Quelle: eigene Darstellung)

In der nächsten Seite der Eingabemaske sind detaillierte Angaben zur Fassade – wie etwa der Fassadenart, der Ausführung der Wandkonstruktion, des geplanten Sonnenschutzes und der möglichen Reinigungsart der Fassade – zu treffen (Abbildung 33).

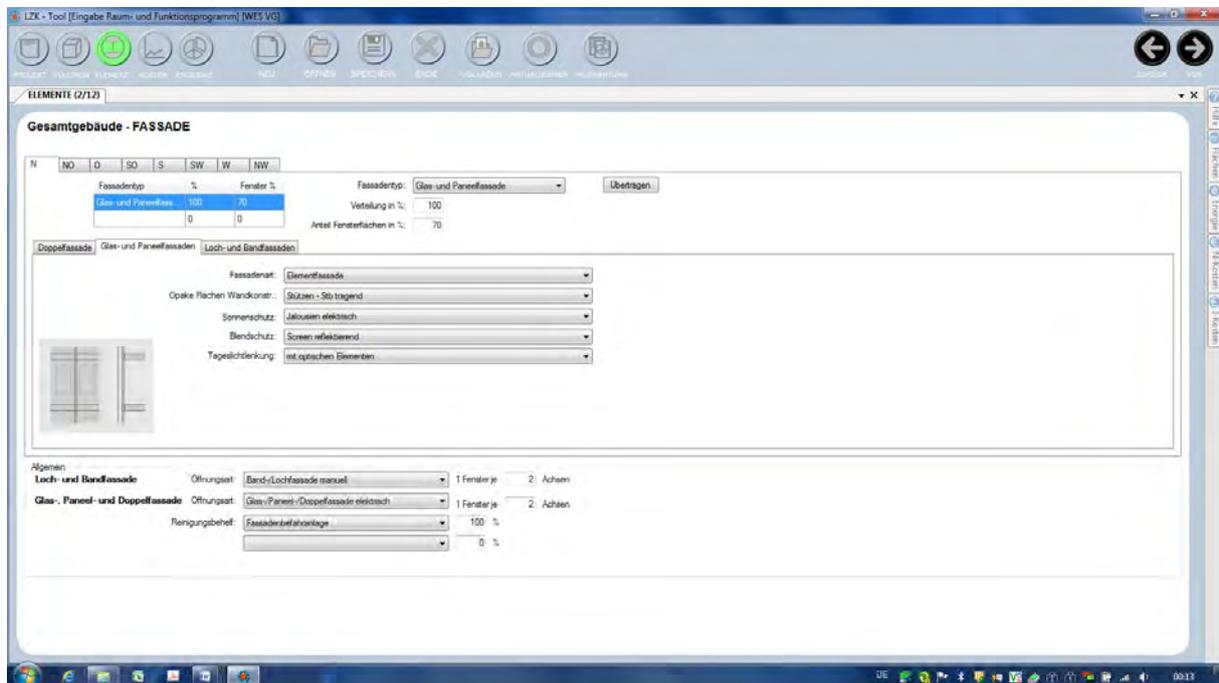


Abbildung 33: Darstellung LZX-Tool Oberfläche – Gesamtgebäude FASSADE (Quelle: eigene Darstellung)

Ein Wärmeschutzstandard wird über Angaben der U-Werte definiert und kann entsprechend einer Auswahlliste (Niedrigenergie, Passivhaus, oder Standard 1970 – 1979, 1980 – 1989) gewählt oder manuell mit individuellen U-Werten für jede Himmelsrichtung angepasst werden (Abbildung 34).

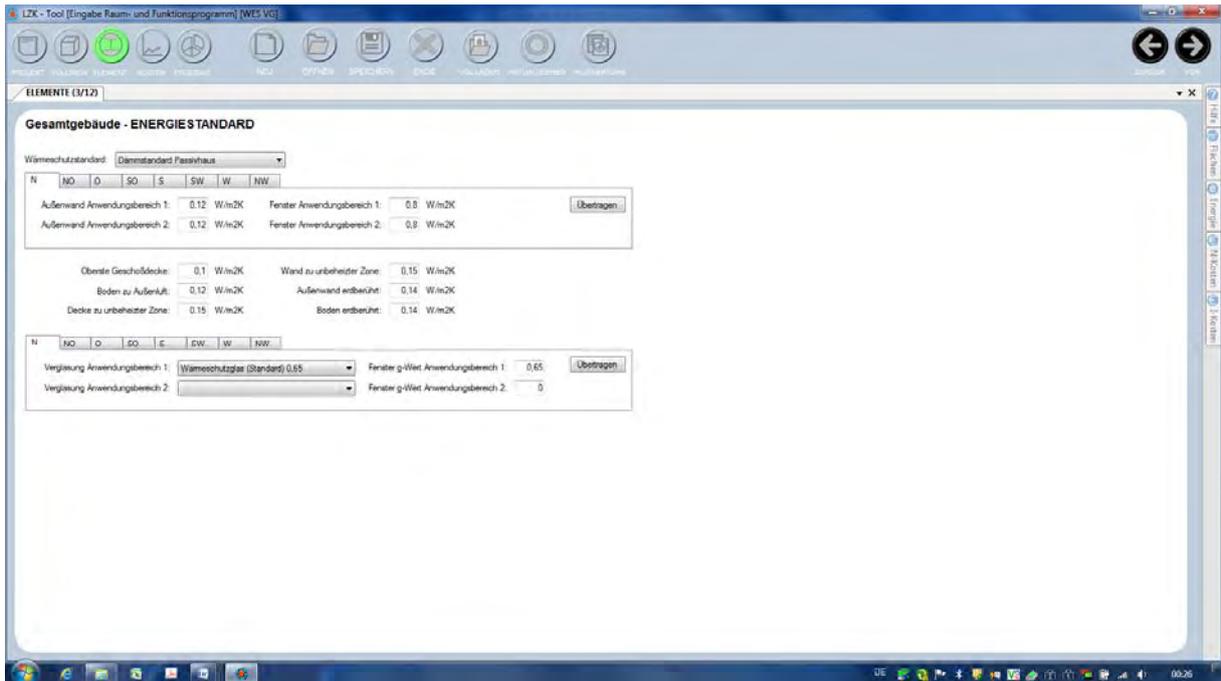


Abbildung 34: Darstellung LZK-Tool Oberfläche – Gesamtgebäude ENERGIESTANDARD (Quelle: eigene Darstellung)

Ein Großteil der Bauteilqualitäten wird für die Hauptnutzfläche festgelegt. Angefangen vom Bodenbelag, dem Bodenaufbau bis hin zur Deckenbekleidung finden sich hier zahlreiche Auswahlfelder (Abbildung 35).

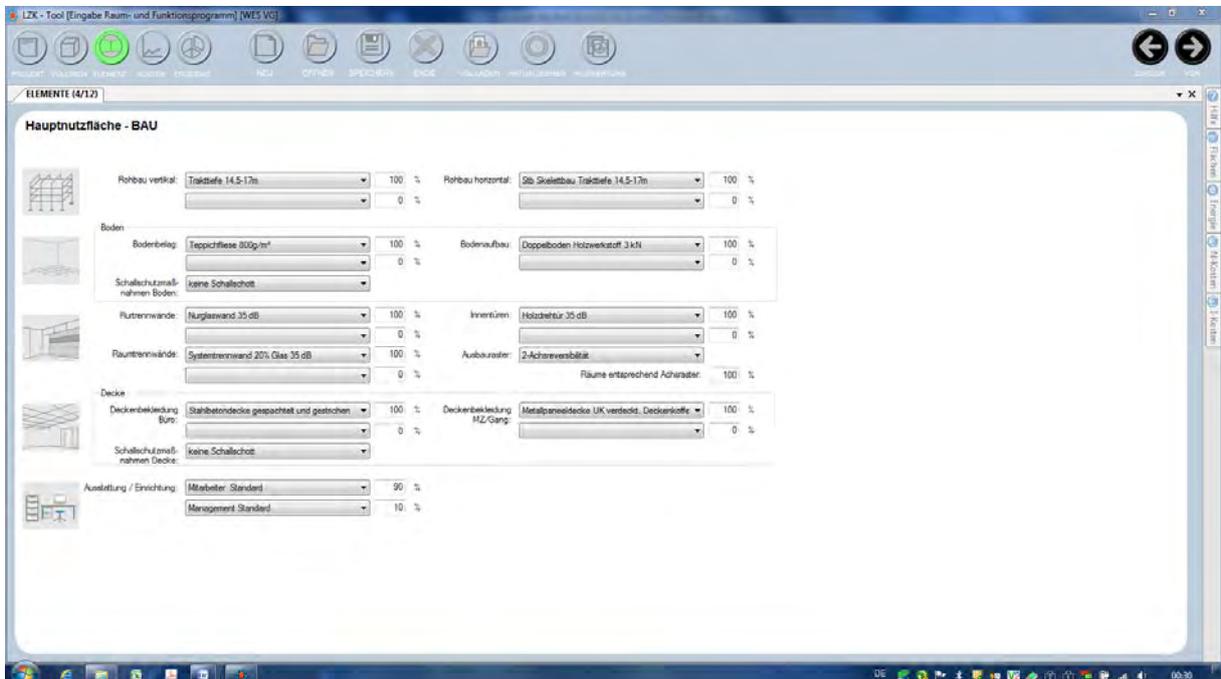


Abbildung 35: Darstellung LZK-Tool Oberfläche – Hauptnutzfläche BAU (Quelle: eigene Darstellung)

Die Haustechnik für die Hauptnutzfläche beinhaltet unter anderem Angaben zur Art der Lüftung, Wärmeabgabe, Beleuchtung, Raumtemperatur und Nutzungszeiten des Gebäudes (Abbildung 36).

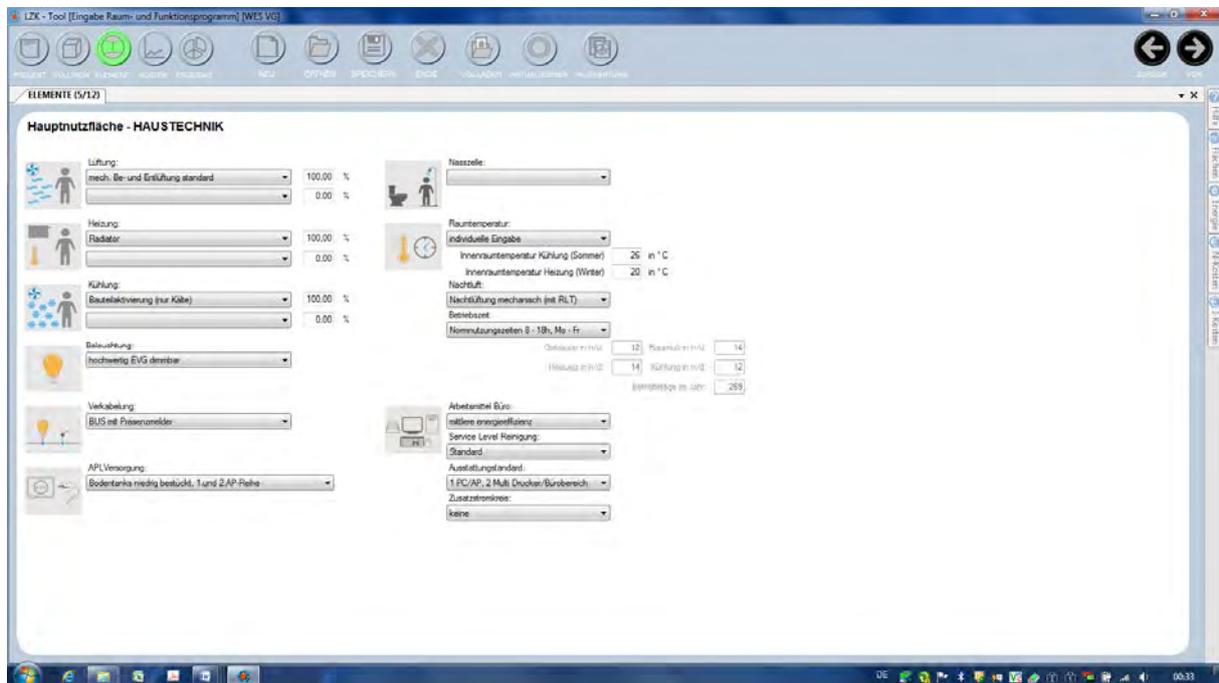


Abbildung 36: Darstellung LZK-Tool Oberfläche – Hauptnutzfläche HAUSTECHNIK (Quelle: eigene Darstellung)

Überdies ist eine vereinfachte Berechnung der Tageslichtversorgung des Gebäudes enthalten (Abbildung 37). So kann ein realitätsnaher Energieverbrauch für die Beleuchtung ermittelt werden.

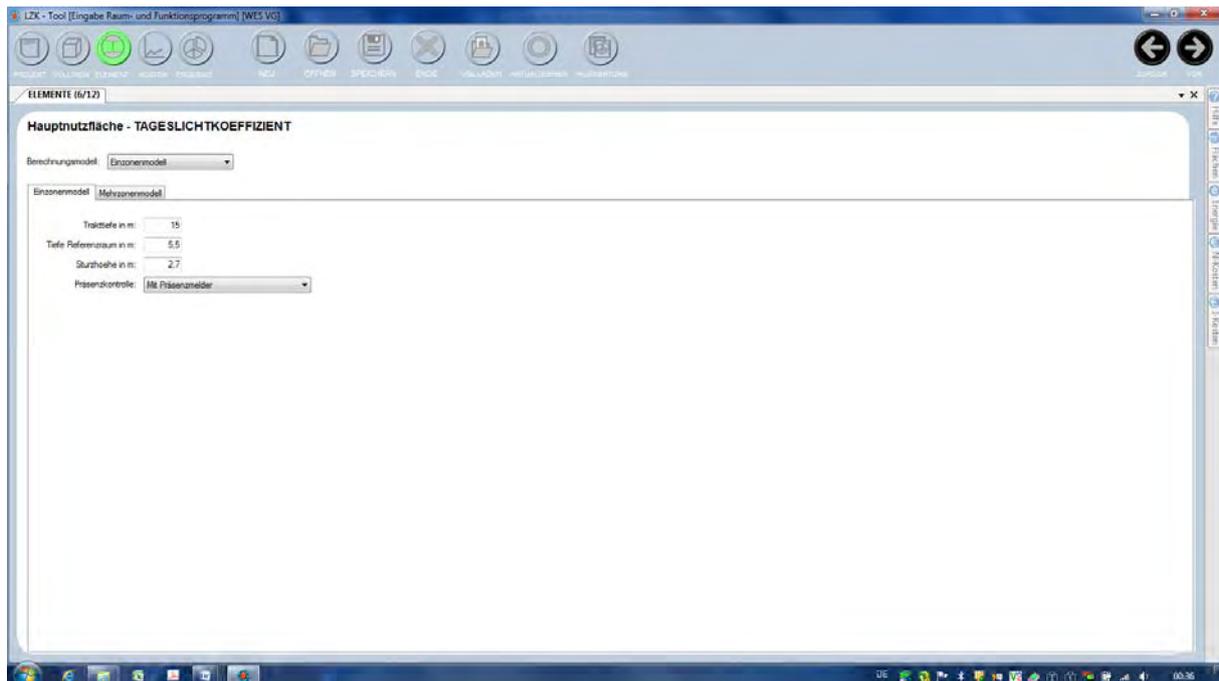


Abbildung 37: Darstellung LZK-Tool Oberfläche – Hauptnutzfläche TAGESLICHTKOEFFIZIENT (Quelle: eigene Darstellung)

Als wichtiger Bestandteil eines jeden Gebäudes gilt die zentrale Haustechnik, dessen detaillierte Spezifikation hinsichtlich der Art der Wärme- und Kälteerzeugung, der Lüftung, Warmwasser-Aufbereitung, Größe und Art der Photovoltaikanlage, usw. mittels Auswahlfeldern und Auswahlboxen entsprechend vorgenommen werden kann (Abbildung 38).

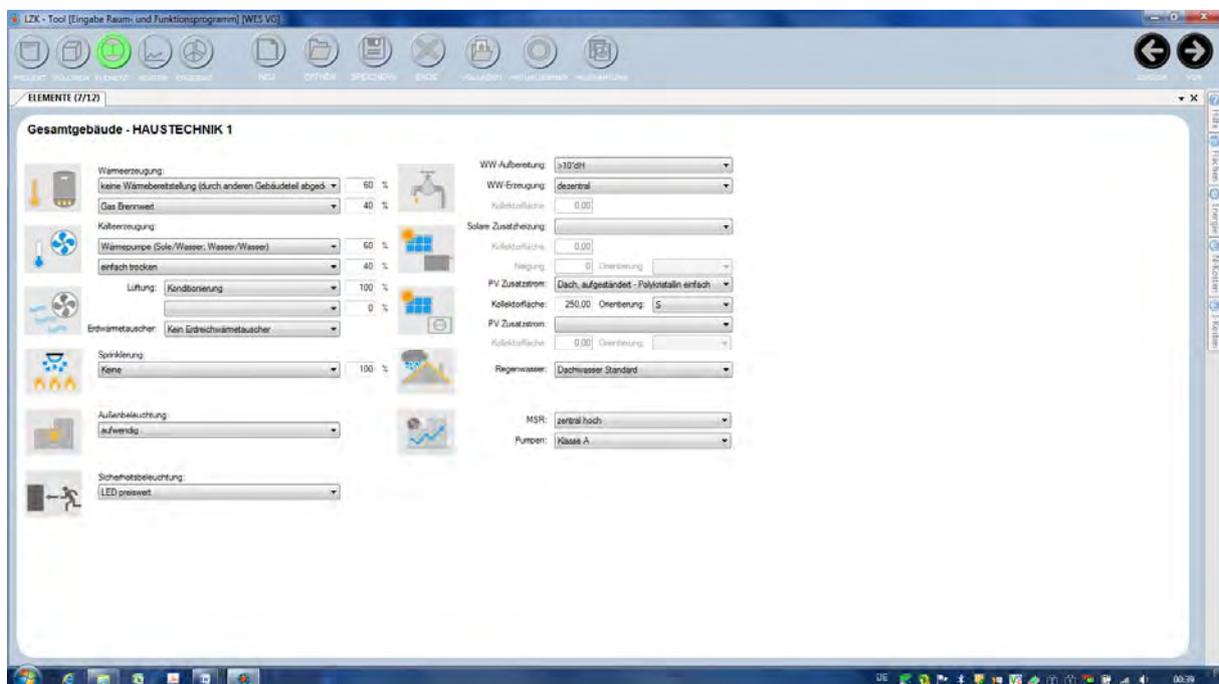


Abbildung 38: Darstellung LZK-Tool Oberfläche – Gesamtgebäude HAUSTECHNIK1 (Quelle: eigene Darstellung)

Weiters sind auch noch Angaben zur Auswahl der Zutrittssicherheit, der Brandmeldeanlage, Angaben zur Betriebsführung u.ä. erforderlich (Abbildung 39).

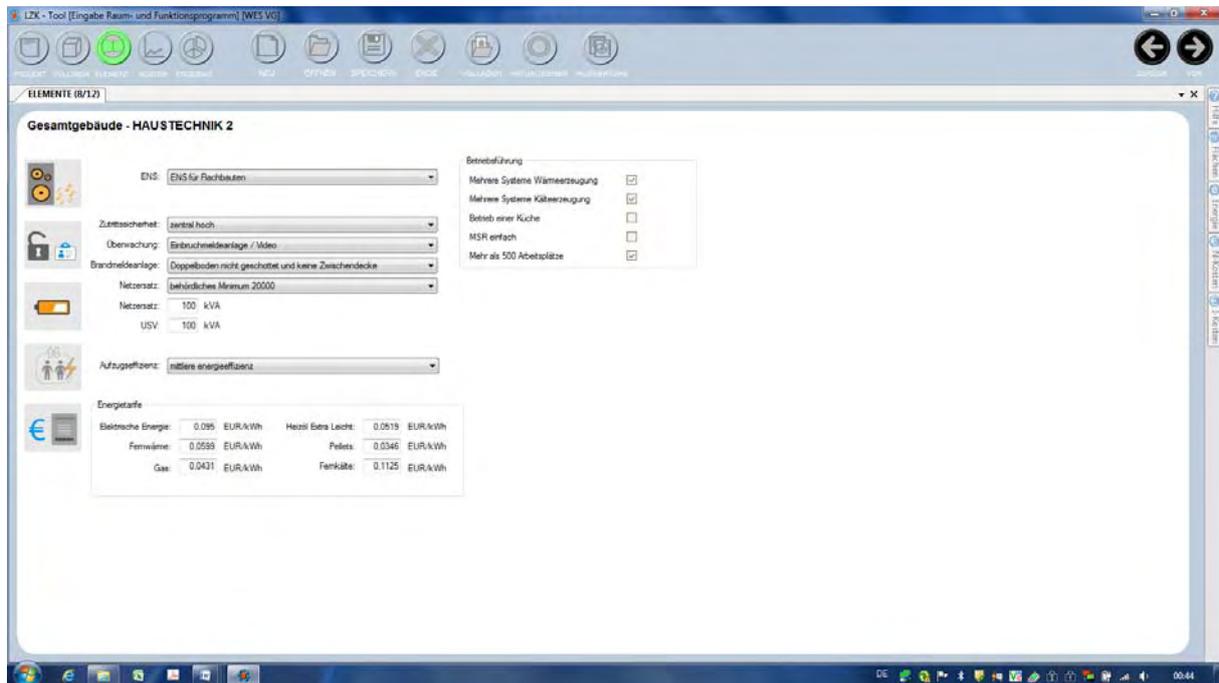


Abbildung 39: Darstellung LZK-Tool Oberfläche – Gesamtgebäude HAUSTECHNIK2 (Quelle: eigene Darstellung)

Schließlich sind noch die weitere relevante Qualitäten bzw. Standards für die zentralen Sonderflächen (wie Atrium, Foyer, Konferenzräume, Technikflächen u.a.) für die weitere Berechnung einzugeben (Abbildung 40).

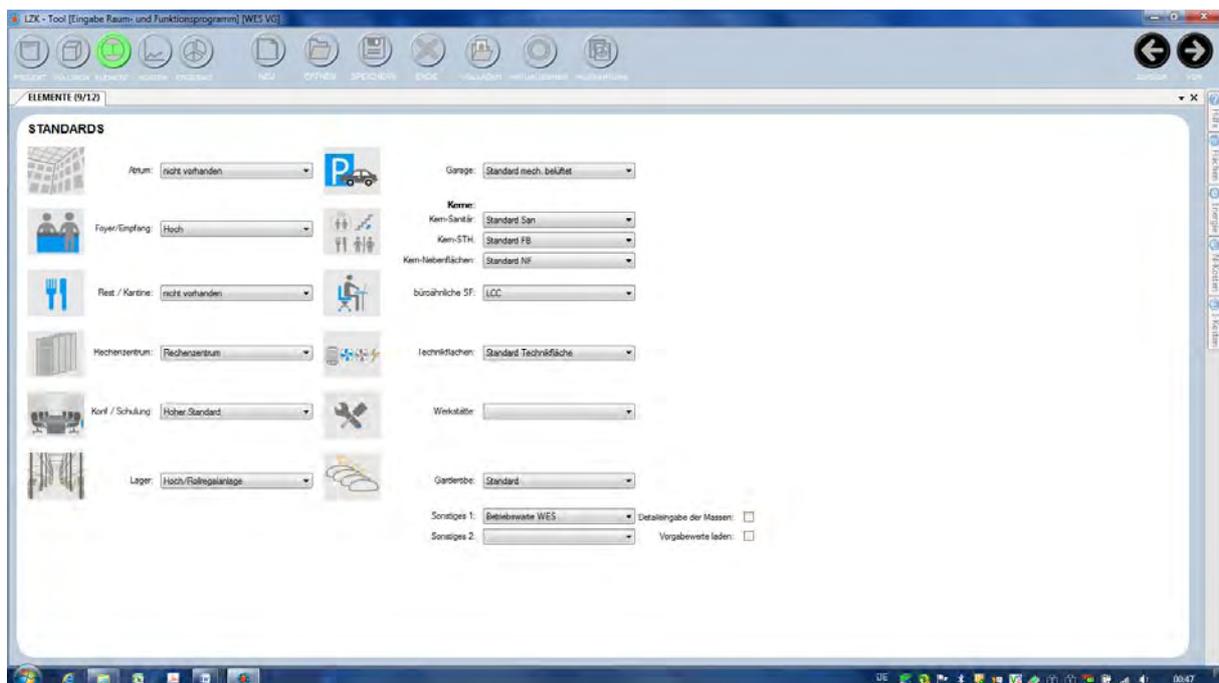


Abbildung 40: Darstellung LZK-Tool Oberfläche – Sonderflächen STANDARDS (Quelle: eigene Darstellung)

Die Parameter für die Investkostenberechnung (Baubeginn, Nutzungsdauer des Gebäudes, Baukostenindex, Energiekostenindex, Inflation, Angaben zur Finanzierung,...) sowie die Methodik der Investkostenberechnung werden in dieser letzten Eingabemaske festgelegt und schließen somit die Eingabe des jeweiligen Gebäudemodells ab (Abbildung 41).

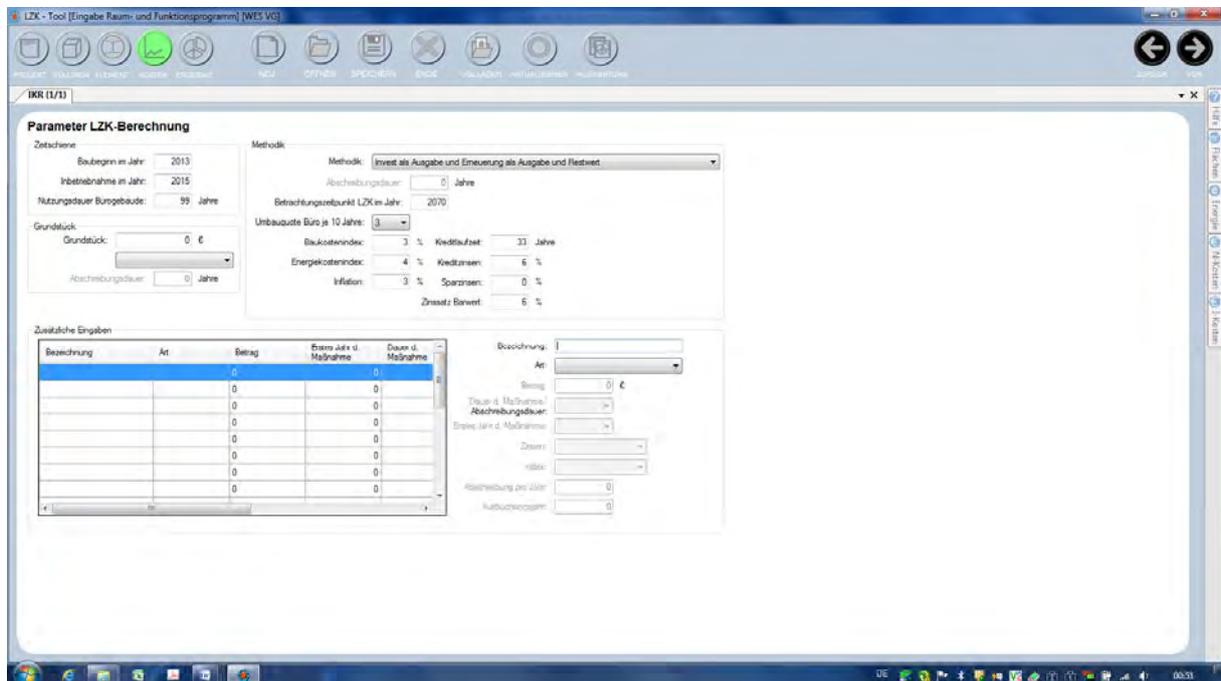


Abbildung 41: Darstellung LZX-Tool Oberfläche – Parameter LZX Berechnung (Quelle: eigene Darstellung)

4 Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms

4.1 Einpassung in das Programm

Das Leitprojekt BIGMODERN folgt den Zielsetzungen des Programms „Haus der Zukunft plus“ und wurde im Jahr 2008 bei der Aktionslinie „Leitprojekte“ eingereicht. Bei der Konzeption von BIGMODERN wurde besonders auf die Zielsetzungen für Leitprojekte in Bezug auf die Umsetzung eines „integrativen Gesamtmanagements“ Rücksicht genommen. Es wurde daher ein „zusammenhängendes Bündel“ an Aktivitäten geschnürt, das eine Änderung der Planungsprozesse innerhalb der BIG zum Ziel hatte, um künftig einen nachhaltigen Sanierungsstandard umsetzen zu können. Diese Änderung des Planungsprozesses ist die eigentliche Innovation des Leitprojektes, wenn auch die Demonstrationsvorhaben ebenso ambitionierten Qualitätsanforderungen im Bereich der Nachhaltigkeit zu entsprechen haben. Die Qualitätsanforderungen lagen dabei primär bei der wesentlichen Reduktion des Energiebedarfs, einer signifikanten Erhöhung des Nutzungskomforts und der Wirtschaftlichkeit der dazu notwendigen Maßnahmen, um das immense Potenzial nachhaltiger Sanierungen bei der BIG künftig realistischerweise auszuschöpfen.

Ziel des Programmes ist die Schaffung von Leuchtturmprojekten mit einem hohen Anspruch an die Nachhaltigkeit und die Replizierbarkeit, sodass auch andere Gebäudeeigentümer von nachhaltig sanierten Gebäuden überzeugt werden. BIGMODERN hat dabei einen umfassenden Ansatz. Neben den hohen Anforderungen im Bereich der Nachhaltigkeit bei den Demonstrationsprojekten wird ein innovativer Planungsprozess eingeführt und die Ergebnisse im Rahmen des Monitorings im Gebäudebetrieb überprüft. Nicht zuletzt ist die planungsbegleitende Lebenszykluskostenbetrachtung ein essentieller Bestandteil des innovativen Planungsprozesses. Ein wesentliches Argument in der Überzeugung von Bauträgern und Immobilieneigentümer sind die Kosten für die Maßnahmen. Dabei sollten jedoch nicht allein die Investitionskosten, sondern vielmehr die Gesamtkosten über einen längeren Zeitraum (Lebenszyklus) sowie auch die Vorteile im Nutzungskomfort, die nicht monetär abbildbar sind, jedoch einen Nutzen für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bringen, betrachtet werden.

Vor allem für öffentliche Gebäudeeigentümer und Nutzer ist die planungsbegleitende Lebenszykluskostenanalyse von großer Bedeutung. Schließlich steht gerade diese Zielgruppe vor großen Hürden: einerseits soll die Vorbildwirkung für Energieeffizienz, welche in EU-Richtlinien und in nationalen Vereinbarungen zu Grunde gelegt ist, wahrgenommen werden, andererseits muss mit budgetären Restriktionen der Ministerien und Universitäten umgegangen werden. In diesem Fall kann nur eine langfristige ökonomische Betrachtung im Rahmen der Lebenszykluskostenanalyse wirksam abhelfen. So können künftig energieeffiziente und nachhaltige Modernisierungen im Sinne des Programmes umgesetzt werden.

4.2 Beitrag zum Gesamtziel des Programms

Das übergeordnete Ziel des Programmes ist es, die „Marktdurchdringung wirtschaftlich umsetzbarer, innovativer, technischer und organisatorischer Lösungen im Sinne eines CO₂-neutralen Gebäudesektors“ voranzutreiben. Die Demonstrationsgebäude von BIGMODERN sind gezielt auf die Replizierbarkeit der Projekte ausgelegt. Heutzutage können höchst innovative Sanierungen mit ausreichend Kosteneinsatz umgesetzt werden. Die Herausforderung besteht jedoch darin, innovative Sanierungen mit beschränkten Mittel durchzuführen. Die BIG agiert im klassischen Investor-Nutzer-Dilemma. Für die Sanierungen sind immer nur sehr begrenzt Mittel vorhanden. Aus diesen Mitteln müssen jedoch Sanierung inkl. Ausstattung getragen werden. Auch die Mieter der BIG – hauptsächlich Ministerien und Universitäten – müssen mit einem sehr engen Budget kalkulieren. Eine Umschichtung der Betriebsführungskosten in Investitionskosten ist aufgrund geteilter Budgettöpfe nicht oder nur sehr schwer möglich.

BIGMODERN setzt genau an dieser Herausforderung an. Innovative Sanierungen können bei der BIG nur dann Standard werden, wenn sie auch finanzierbar sind. Das Subprojekt 4 – planungsbegleitende Lebenszykluskosten – trägt vor diesem Hintergrund wesentlich zur erfolgreichen Replizierbarkeit von Gebäuden mit hohen Energieeffizienz- und Nachhaltigkeitsstandard bei. Mithilfe der Lebenszykluskostenanalyse konnte festgestellt werden, dass höhere Energieeffizienz und Nachhaltigkeit langfristig betrachte nicht nur hinsichtlich Energieeinsparung und Klimaschutz, sondern auch ökonomisch sinnvoll ist.

4.3 Einbeziehung der Zielgruppen und Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse im Projekt

Die primäre Zielgruppe des Subprojektes 4 ist die BIG selbst. Die BIG besitzt rund 1.200 Gebäude im Nachkriegsbestand. Viele davon sanierungsbedürftig (siehe Abschnitt 4.4). Derzeit werden bei Sanierungen weder Kriterien an die Energieeffizienz, noch an umfassende Nachhaltigkeitskriterien standardisiert in die Planungsprozesse der BIG eingesetzt, was oft zu wenig ambitionierten Sanierungen hinsichtlich Energiesparmaßnahmen führt.

Mit BIGMODERN soll anhand der Beispielgebäude dargelegt werden, dass energieeffizientes und nachhaltiges Bauen ökonomisch machbar ist, wenn dies vom Beginn des Planungsprozesses angestrebt wird und in jedem Planungsschritt integriert wird. Für die BIG werden in jeder einzelnen Planungsphase jene Tätigkeiten (z.B. Ziel- und Kriteriendefinition, Variantenberechnungen, Lebenszykluskostenbetrachtungen, dynamische Gebäudesimulationen, etc.) transparent dargestellt, die notwendig sind, um zu einer Optimierung des Gebäudekonzeptes zu gelangen. Weiters werden die bereits vorhandenen Standarddokumente der BIG so weiterentwickelt, dass Effizienz- und Nachhaltigkeitskriterien künftig bereits in die Planerauswahl sowie in die Planerverträge einfließen.

Als weitere Zielgruppe werden die Planer angesprochen. Die BIG ist einer der größten Bauherrn Österreichs und somit Auftraggeber für eine Vielzahl an Planern. Integriert die BIG

künftig anspruchsvolle Nachhaltigkeitsstandards in ihre Anforderungen für die Sanierungsvorhaben, so müssen die Planer künftig komplexere Aufgabenstellungen lösen und enger mit anderen Fachplanern zusammenarbeiten. Die Beauftragung eines Generalplaners für viele Bauaufgaben der BIG stellt einen ersten Schritt zur gewerkeübergreifenden Planung dar, da so der Generalplaner integrierend für alle Gewerke verantwortlich ist. Durch den integralen Planungsansatz werden zusätzlich Hürden zwischen Energie- und Nachhaltigkeitsexperten und Planern abgebaut.

Schließlich werden als Zielgruppe die Mieter der BIG-Gebäude angesprochen, also in den meisten Fällen Ministerien und Universitäten, die mit engen Budgetmitteln auskommen müssen. Innovative Sanierungen mit hohen Energieeinsparungen sind derzeit in vielen Fällen teurer als herkömmliche Sanierungen. Mithilfe der Lebenszykluskostenanalyse kann jedoch überprüft werden, in welchem Ausmaß höhere energetische Standards und Nachhaltigkeitsqualitäten über den Lebenszyklus tatsächlich eine wirtschaftliche Belastung darstellen oder im Gegenteil sogar zu Gesamtkostenreduktionen führen können.

4.4 Beschreibung der Umsetzungs-Potenziale für die Projektergebnisse

Per Mai 2011 betrug der mietenrelevante Gebäudeflächenbestand der BIG rund 7 Mio. m². Die Liegenschaften sind überwiegend an die Republik Österreich, vertreten durch das jeweils haushaltsleitende Organ, und die Universitäten der Republik Österreich vermietet.

Die BIG besitzt ca. 2.800 Gebäude mit einer Gebäudefläche von ca. 7. Mio. m². Darin enthalten sind ca. 300 Schulstandorte (mit ca. 600 Gebäuden), 21 Universitäten (mit ca. 380 Gebäuden) und ca. 1.800 Amtsgebäude bzw. Büro und Spezialimmobilien.

Schon diese Zahlen zeigen, dass mit erheblichen ökonomischen Effekten gerechnet werden kann, wenn es gelingt, dass BIGMODERN-Qualitäten zum Standard bei der Sanierung von Bundesgebäuden werden.

Im Rahmen des Konjunkturpaketes wurden per Ende 2010 558 rein thermische Maßnahmen mit rund 130 Mio. € Bruttoerrichtungskosten umgesetzt. Es handelt sich dabei ausschließlich um Sanierungsmaßnahmen zur thermischen Verbesserung, wie beispielsweise Fassadendämmung, Fenstertausch, Dämmung der obersten Geschossdecke, Erneuerung von Regelungsanlagen.

Der Fokus des Leitprojekts BIGMODERN, in dessen Rahmen das gegenständliche Subprojekt einzuordnen ist, liegt auf wirtschaftlich umsetzbaren und somit multiplizierbaren Maßnahmen. Sowohl die unternehmensinterne Anwendung als auch die erwartete breite Anwendung des zu entwickelnden Modernisierungsstandards bei anderen öffentlichen oder privaten Immobilienverwaltern und -entwicklern stellt einen wichtigen Impuls zur Stärkung des Know-hows der beteiligten Unternehmen dar (Immobilienunternehmen, Bauwirtschaft, Technologieanbieter etc.).

5 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

Der Einsatz planungsbegleitender Lebenszykluskostenanalysen stellt eine grundlegende Innovation in der Planung von Modernisierungsvorhaben. Bisher wurden Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen im Wesentlichen die Wirtschaftlichkeit nur eingegrenzt auf unterschiedliche Wärmebereitstellungssysteme oder Haustechniksysteme betrachtet. Im gegenständlichen Projekt wurde die Systemgrenze jedoch erweitert und das gesamte Bauvorhaben in der Lebenszykluskostenanalyse berücksichtigt.

Beim Demonstrationsgebäude Amtshaus Bruck/Mur konnte durch die Einsatz einer LZK-Analyse festgestellt werden, dass über einen Zeitraum von 30 Jahren Gebäude mit höheren Energieeffizienzstandards und gleichem Nutzungskomfort wirtschaftlich sinnvoll sind. Auch der ökonomische Vergleich einer Lösung, die sich lediglich an den Mindestanforderungen der Bauordnung orientiert, kann mithilfe der LZK übersichtlich dargestellt werden. Die Ausstattung des Demonstrationsprojekts (Gebäudeteil Bezirksgericht) mit einer Lüftungsanlage führte zwar dazu, dass die Lebenszykluskosten höher ausfallen als bei der Variante ohne Lüftungsanlage. Hier ist jedoch der zusätzliche Nutzungskomfort im Gebäude zu berücksichtigen. Schließlich wird dadurch ins Gebäude ständig Frischluft eingebracht und im Sommer durch passive Kühlmöglichkeiten vorkonditioniert.

Auch beim Demonstrationsgebäude des Bauingenieurgebäudes der Universität Innsbruck konnte die planungsbegleitende Lebenszykluskostenanalyse wirksam angewandt werden. Zu Beginn wurden Varianten analysiert, die den Energiebedarf des Gebäudes senken. Auch hier konnte dargestellt werden, dass thermisch-energetische Maßnahmen über einen Zeitraum von 25 Jahren ökonomisch sinnvoll sind. Darüber hinaus wurden für dieses Modernisierungsvorhaben zu einem späteren Planungszeitpunkt noch zwei unterschiedliche Haustechnikkonzepte gegenübergestellt: Eine Low-Tech-Variante mit Teilkonditionierung, die vom Generalplaner vorgestellt wurde, sowie eine Vollkonditionierung mit einer Lüftungsanlage mit Kühlung. Hier konnte eindeutig festgestellt werden, dass ein Haustechniksystem mit geringeren Komponenten und niedrigerem Energieeinsatz hinsichtlich der Lebenszykluskosten gegenüber einem Gebäude mit Vollklimatisierung vorteilhaft ist. Dem gegenüber stand jedoch die Sicherstellung des sommerlichen Komforts, der mit der Low-Tech-Variante ziemlich sicher eingehalten, mit Vollklimatisierung jedoch absolut sicher gewährleistet werden kann.

Daraus lässt sich ableiten, dass die Lebenszykluskostenanalyse ein äußerst hilfreiches Instrument ist, um die längerfristigen wirtschaftlichen Risiken von Investitionsentscheidungen zu reduzieren. Die LZK-Analyse verschafft sowohl dem Bauherrn als auch dem Nutzer Informationen über die Gesamtkosten von Gebäuden. Diese Informationen sind jedoch anderen Zielsetzungen – beispielsweise im Hinblick auf den Nutzungskomfort – gegenüberzustellen.

Die Nutzung von BIG-internen Kostendaten zur Berechnung von Lebenszykluskosten für künftige Modernisierungsprojekte stellt eine große Herausforderung dar. Im Rahmen des

gegenständlichen Subprojekts wurde ein Überblick über den aktuellen Pool von Kostendaten erhoben. Daraus kann aus jetziger Sicht abgeleitet werden, dass die in der BIG gegenwärtig verfügbare Aggregation von Kostendaten kaum genutzt werden um daraus eine ausreichend disaggregierte Kosten-Datenbank abzuleiten, die es erlaubt, für verschiedene Gebäudeelemente mit unterschiedlichen Anforderungen (z.B. hinsichtlich der Energieeffizienz) Lebenszykluskosten zu berechnen. Hier können künftig jedoch verschiedene Ansätze gewählt werden, um Datensicherheit bei Investitions- und Folgekosten bereits in der Planungsphase zu schaffen. Ein möglicher Ansatz betrifft eine Umstrukturierung der Sammlung von Kostendaten, sodass den Kosten auch Qualitäten hinterlegt werden können und diese ein höheres Disaggregationsniveau aufweisen (Top-Down Ansatz). Des Weiteren kann auf Experten in der Kostenberechnung zurückgegriffen werden, die einzelne Gebäudeelemente aufgrund bereits durchgeführter Projekte und Kostenergebnisse berechnen können (Bottom Up Ansatz). Generell ist zu unterstreichen, dass bei lebenszyklusorientierter Planung für Gebäude eine Umstrukturierung im Unternehmen erforderlich ist. Die Veränderung zu einem lernenden Unternehmen muss gelingen, um erfolgreich in Modernisierungen hohe nachhaltige Qualität sicherstellen zu können.

Das Lebenszykluskostentool für Sanierung, das im gegenständlichen Subprojekt (weiter)entwickelt wurde, kann dazu einen Beitrag leisten, indem hohen Nachhaltigkeitsstandards bereits in der Initiierungsphase von Projekten besser und nachvollziehbarer argumentiert werden können. Schließlich kann damit der aktuelle Gebäudezustand in Form eines statistischen Sachwertverfahrens ökonomisch beurteilt werden, gleichzeitig können durch Eingabe von Modernisierungsmaßnahmen bereits die Lebenszykluskosten von verschiedenen Anforderungsniveaus in der Nachhaltigkeit skizziert werden. Diese Informationen geben bei Sanierungsvorhaben mit hohen Energieeffizienz- und Nachhaltigkeitszielen eine höhere Entscheidungssicherheit für Bauherrn. Somit kann die Umsetzung von nachhaltigen Sanierungen forciert werden.

Wichtig dabei ist, nicht ausschließlich auf die Kostenberechnungen fixiert zu sein, sondern auch andere Aspekte der Nachhaltigkeit zu berücksichtigen. So kann – auch mit geringfügigen zusätzlichen Kosten über den Lebenszyklus – eine Steigerung des Nutzungskomforts bewirkt werden, der für die Mitarbeiter im Kerngeschäft eine verbesserte Nutzung des Gebäudes bewirkt, jedoch nicht unmittelbar monetär beziffert werden kann. Auch die Berücksichtigung von externen Kosten (beispielsweise in Form von CO₂-Abgaben) kann helfen, dass zusätzliche Energieeffizienzmaßnahmen ökonomisch noch besser abschneiden. Diese Informationen sind im Rahmen der integralen Planung in den Planungsprozess einzubringen, sodass mit diesen Daten Entscheidungen nachvollziehbar und bewusst gefällt werden können.

Diese Erfahrungen und Erkenntnisse sind nicht nur für die BIG von hohem Interesse. Auch andere Gebäudebesitzer und Bauherrn können von diesen Erkenntnissen profitieren. Deshalb werden diese Informationen im eigenen Subprojekt SP 11 nicht nur innerhalb der BIG, sondern auch an andere interessierte Gebäudebesitzer und Bauherrn verbreitet.

6 Ausblick und Empfehlungen

Die Bundesimmobiliengesellschaft steht vor der Herausforderung, künftig Sanierungen umzusetzen, die hohen Anforderungen an die energetische Qualität und andere Nachhaltigkeitskriterien entsprechen. Diese Anforderungen resultieren einerseits aus dem politischen Druck, dass öffentliche Gebäude eine Vorbildwirkung beim energiesparenden und nachhaltigen Bauen einnehmen müssen, andererseits daraus, dass der Druck, Energie- und Betriebskosten zu sparen, künftig steigen wird.

Die BIG steht im klassischen Investor-Nutzer Dilemma. Hohe Energieeffizienz- und Nachhaltigkeitsziele können in Bauvorhaben nur umgesetzt werden, wenn beim Mieter die Bereitschaft vorhanden ist, für diese zusätzliche Qualität Geldmittel in die Hand zu nehmen. Gleichzeitig werden dadurch ja die Energiekosten im Gebäudebetrieb verringert, was den Nutzerministerien ohnehin zu Gute kommt. Erst wenn die Mieter in die Pflicht genommen werden, für energiesparende Gebäude Sorge zu tragen, ist ein Multiplikatoreffekt für eine Vielzahl der Gebäude im Eigentum der BIG möglich. Wenn die Vorbildwirkung von öffentlichen Gebäuden ernst genommen wird, kann für die Bundesgebäude nicht die BIG alleine dafür gerade stehen, vielmehr müssen die Mieter der BIG-Gebäude in die Verantwortung einbezogen werden. Dafür bedarf es einer Veränderung der Budgetierung der Sanierungskosten. Die Budgetmittel dürfen nicht ausschließlich auf Basis der geplanten Veränderungen im zu sanierenden Gebäude, sondern auf Basis der Berücksichtigung von Energieeffizienz und Nachhaltigkeitsmaßnahmen entschieden werden. Mittels einer Lebenszykluskostenanalyse können dabei bereits zu Beginn eines Sanierungsprojekts (Initiierungsphase) verschiedene Standards überprüft werden. Damit können schon vor Beginn der eigentlichen Planung qualifizierte Aussagen über die zu erwartenden Errichtungs- und Betriebskosten getroffen werden. Darauf aufbauend müssen Entscheidungen über die energetische und nachhaltige Qualität des Gebäudes fallen.

Die BIG realisiert im Rahmen des Leitprojektes BIGMODERN zwei Demonstrationsgebäude. Diese Projekte werden nach den Grundsätzen geplant und umgesetzt, dass hohe Ansprüche an Energieeffizienz und Nachhaltigkeit eingehalten werden, gleichzeitig die geplanten Maßnahmen über den Sanierungszyklus auch wirtschaftlich vertretbar sind. Die BIG saniert mit Mieteinnahmen aus Ministerien, d.h. mit Steuergeldern. Aus diesem Grunde ist ein sorgsamer Umgang mit diesen Sanierungsbudgets von oberster Bedeutung.

Dieser Ansatz sollte auch in künftigen Sanierungsvorhaben stärker berücksichtigt werden. Eine Lebenszykluskostenanalyse soll integrierter Bestandteil von Planungsentscheidungen sein. Darüber hinaus soll jedoch den Kosten auch der Nutzen dieser Maßnahmen (Einsparungen in den Energiekosten, höhere Qualität in der Gebäudeökologie, Erhöhung des Nutzungskomforts) gegenübergestellt werden. Eine ganzheitliche Bewertung von Planungsalternativen unter Berücksichtigung der ökologischen und ökonomischen Aspekte und unter Einbeziehung der soziokulturellen Komponente ist entscheidend.

Die Berücksichtigung der Lebenszykluskosten in der Planungsphase von Gebäuden wird in naher Zukunft eine noch wichtigere Rolle spielen. Das lässt sich daraus ableiten, dass dieses Kriterium eine bedeutende Rolle in Nachhaltigkeitszertifikaten im deutschsprachigen Raum spielt. Nachhaltigkeitszertifizierungen finden bei einer Vielzahl von neuen Projekten, insbesondere jene mit hohen Nachhaltigkeitsstandards, Berücksichtigung. Zusätzlich lässt sich das aus dem Umstand ableiten, dass derzeit immer mehr Hilfsmittel und Tools zur Verfügung stehen, die bei der Lebenszykluskostenanalyse unterstützen. Die Entwickler reagieren damit auf den vorliegenden Bedarf an LZK-Analysen und Entscheidungshilfen in der frühen Planungsphase. Auch einige Immobilienunternehmen setzen auf diesen „Trend“ und integrieren die lebenszyklusorientierte Planung in ihren internen Planungsabläufen. So kann künftig mit verstärktem Einsatz der LZK-Berechnung gerechnet werden.

Die Ausschreibung „Haus der Zukunft plus“ zielt darauf ab, dass künftig verstärkt Gebäude realisiert werden, die den Status eines Plusenergiehauses haben. Wichtig ist dabei aber nicht nur die technische Machbarkeit, sondern auch die Frage, inwieweit die entwickelten Gebäudekonzepte über den Lebenszyklus wirtschaftlich sind. Dafür werden schließlich auch Fördermittel zur Verfügung gestellt. Deshalb sollten weiterhin Projekte in Ausschreibungen für Forschungsprojekte berücksichtigt werden, die analysieren, wie man mit geringem planerischen und technischem Aufwand hocheffiziente Sanierungen realisieren kann, die auch unter Berücksichtigung der Lebenszykluskosten im Planungsprozess vertretbar und replizierbar sind. Genau diese Art von Sanierungen hat ein hohes Potential an standardisierter Umsetzung. Daraus lassen sich nicht alleine im Einzelfall, sondern in der Summe der umgesetzten Projekte sehr hohe Energieeinsparungen realisieren. So kann nicht nur ein hoher Beitrag im Bereich Forschung und Entwicklung, sondern auch ein nennenswerter Beitrag für den Klimaschutz geleistet werden.

Die Bundesimmobiliengesellschaft ist sich ihrer Vorreiterrolle im energiesparenden, nachhaltigen gleichzeitig aber auch ökonomischen Bauen bewusst. Durch das Leitprojekt BIGMODERN sollen deshalb innerhalb der BIG die erforderlichen Veränderungen im Planungsprozess und in den Gebäudelösungen eingeleitet werden. Auch künftig sollen Vorzeigeprojekte realisiert werden. Die Berücksichtigung der Lebenszykluskosten bereits in den frühen Planungsphasen stellt dabei ein wichtiges Instrument zur Entscheidungsfindung dar. Die BIG versteht sich als Dienstleister für die Mieter der Bundesgebäude. Deshalb muss gemeinsam mit den Mietern (v.a. Bundesministerien, Universitäten) muss ein gangbarer Weg zur energiesparenden und nachhaltigen Bauweise gefunden werden. So können die energie- und klimapolitischen Herausforderungen in naher Zukunft gemeinsam wahrgenommen werden.

7 Literatur-/ Abbildungs- / Tabellenverzeichnis

Literaturverzeichnis

- Baukosteninformationszentrum Deutscher Architekten (BKI): Statistische Kostenkennwerte für Gebäude, 2010. Verfügbar unter: www.baukosten.de.
- Bienert, Sven et al.: Integration of energy efficiency and LCC into property valuation practice, paper for the 15th PRRES Conference, January 2009, Sydney. Verfügbar unter: www.immovaluede.org.
- DGNB Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V., Deutsches Gütesiegel für Nachhaltiges Bauen, Aufbau – Anwendung – Kriterien. Issue 3/2009, Stuttgart, 2009.
- European Commission, DG Enterprise and Industry: Task Group 4: Life Cycle Costs in Construction, Brussels, 2003.
- Flanagan, Roger; Jewell, Carol: Whole Life Appraisal for construction. Oxford, 2005
- IMMOVALUE, Improving the market impact of energy certification by introducing energy efficiency and life-cycle costs into property valuation practice, IEE/07/553, 2010. Verfügbar unter: www.immovaluede.org.
- Herzog, Kati: Life Cycle Cost von Baukonstruktionen – Entwickl. eines Modells u. einer Softwarekomponenten zur ökonomische Analyse und Nachhaltigkeitsbeurteilung von Gebäuden, Darmstadt, 2005.
- Hofer, G. et al.: „Ganzheitliche ökologische und energetische Sanierung von Dienstleistungsgebäuden“, Leitfaden, Wien, 2009.
- ISO 15686-5:2008 06 15: Buildings and constructed assets – Service-life planning – Part 5: Life-cycle costing, Genf, 2008. Verfügbar unter: www.iso.org.
- John Lang Lassalle: Büronebenkostenanalyse OSCAR 2008, Berlin, 2009. Verfügbar unter: www.joneslanglasalle.de.
- Lechner, Robert: TOTAL QUALITY BAUEN: Ergänzung und Erweiterung des bestehenden Gebäudebewertungssystems, Wien, 2009.
- LEGEP Software GmbH: LEGEP Bausoftware, bauen berechnen betreiben; Ein Werkzeug für die integrierte Lebenszyklusanalyse, 2010. Verfügbar unter: www.legep.de.
- ÖNORM EN 15643-4: 2012-03-15: Nachhaltigkeit von Bauwerken – Integrierte Bewertung der Qualität von Gebäuden – Teil 4: Rahmenbedingungen für die Bewertung der ökonomischen Qualität
- Pelzeter, A.: Lebenszykluskosten von Immobilien. Köln. 2006.

Riegel, Gert Wolfgang: Ein softwaregestütztes Berechnungsverfahren zur Prognose und Beurteilung der Nutzungskosten von Bürogebäuden. Darmstadt, 2004.

Richtlinie 2006/32/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 5. April 2006 über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen und zur Aufhebung der Richtlinie 93/76/ EWG des Rates

Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden

Statsbyggs: LCProfit, 2010. Verfügbar unter: www.lcprofit.com.

Vereinbarung gemäß Art. 15a B-VG zwischen dem Bund und den Ländern über Maßnahmen im Gebäudesektor zum Zweck der Reduktion des Ausstoßes an Treibhausgasen, 2009.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gesamtnutzfläche der BIG nach Nutzungen (Quelle: BIG)	12
Abbildung 2: Subprojekte des Leitprojektes BIGMODERN (Quelle: eigene Darstellung)	16
Abbildung 3: Standardprozess der BIG bei Generalsanierungen (Quelle: BIG)	18
Abbildung 4: Beispielhafte Definition von Lebenszyklusphasen und -kosten eines Gebäudes (Quelle: M.O.O.CON GmbH).....	19
Abbildung 5: Ziele der planungsbegleitenden LZKA in den Projektphasen (Quelle: M.O.O.CON GmbH)	25
Abbildung 6: Einsatzbereiche der planungsbegleitenden LZKA (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	26
Abbildung 7: Aufbau des virtuellen Gebäudemodells (Quelle: M.O.O.CON GmbH)	27
Abbildung 8: Modellierung am Beispiel eines Bürogebäudes (Quelle: M.O.O.CON GmbH)..	28
Abbildung 9: Vergleich der Flächenwirtschaftlichkeit unterschiedlicher Gebäudemodelle bei identem Raumprogramm (Quelle: M.O.O.CON GmbH)	28
Abbildung 10: Gliederung der Kosten für die Hauptnutzung Büro (Quelle: M.O.O.CON GmbH).....	29
Abbildung 11: Kreislauf der Sammlung von Kostendaten (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH).....	31
Abbildung 12: Analyse von Gebäude im Betrieb (Quelle: Flanagan, Jewell, 2005)	32
Abbildung 13: Vorgangsweise für den Betrieb einer unternehmensinternen LZK-Datenbank (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH)	32

Abbildung 14: Elementtyp – 3. Ebene der Baugliederung (Quelle: ÖNORM B 1801-1, Anhang B).....	33
Abbildung 15: Vorgaben der Sanierungsart	35
Abbildung 16: Vorgangsweise der Prüfung der Kostendaten (Quelle: e7 Energie Markt Analyse GmbH9	36
Abbildung 17: Mittelwert und Schwankungsbreite von Elementekosten (Quelle: eigene Abbildung)	37
Abbildung 18: Visualisierung der Sanierung des Bezirksgerichts Bruck/Mur (Quelle: pittino & ortner architekturbüro).....	38
Abbildung 19: Methode der LZKA der verschiedenen Varianten	42
Abbildung 20: Unterscheidung der Varianten.....	45
Abbildung 21: LZK Verlauf über den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren	45
Abbildung 22: Lebenszykluskosten im Betrachtungszeitraum von 30 Jahren	46
Abbildung 23: Lebenszykluskosten in der Sensitivitätsanalyse im Betrachtungszeitraum von 30 Jahren	47
Abbildung 24: Visualisierung der Sanierung des Hauptgebäude für Bauingenieurwesen an der Universität Innsbruck (Quelle: ATP Innsbruck)	48
Abbildung 25: Elemente des planungsbegleitenden LZK-Tools (Quelle: eigene Darstellung)	52
Abbildung 26: Darstellung LZK-Tool Oberfläche – Auswahl Eingabe (Quelle: eigene Darstellung).....	53
Abbildung 27: Darstellung LZK-Tool Oberfläche – Stammdaten und Lage (Quelle: eigene Darstellung).....	53
Abbildung 28: Darstellung LZK-Tool Oberfläche – Eingabe Gebäudekonzept 1 (Quelle: eigene Darstellung)	54
Abbildung 29: Darstellung LZK-Tool Oberfläche – Eingabe Gebäudekonzept 2 (Quelle: eigene Darstellung)	55
Abbildung 30: Darstellung LZK-Tool Oberfläche – Gesamtgebäude BAU (Quelle: eigene Darstellung).....	55
Abbildung 31: Darstellung LZK-Tool Oberfläche – Gesamtgebäude FASSADE (Quelle: eigene Darstellung)	56
Abbildung 32: Darstellung LZK-Tool Oberfläche – Gesamtgebäude ENERGIESTANDARD (Quelle: eigene Darstellung).....	57

Abbildung 33: Darstellung LZK-Tool Oberfläche – Hauptnutzfläche BAU (Quelle: eigene Darstellung)	57
Abbildung 34: Darstellung LZK-Tool Oberfläche – Hauptnutzfläche HAUSTECHNIK (Quelle: eigene Darstellung)	58
Abbildung 35: Darstellung LZK-Tool Oberfläche – Hauptnutzfläche TAGESLICHTKOEFFIZIENT (Quelle: eigene Darstellung)	59
Abbildung 36: Darstellung LZK-Tool Oberfläche – Gesamtgebäude HAUSTECHNIK1 (Quelle: eigene Darstellung).....	59
Abbildung 37: Darstellung LZK-Tool Oberfläche – Gesamtgebäude HAUSTECHNIK2 (Quelle: eigene Darstellung).....	60
Abbildung 38: Darstellung LZK-Tool Oberfläche – Sonderflächen STANDARDS (Quelle: eigene Darstellung)	60
Abbildung 39: Darstellung LZK-Tool Oberfläche – Parameter LZK Berechnung (Quelle: eigene Darstellung)	61

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Charakteristische Daten des Gebäudes	39
Tabelle 2: Annahmen für die Eingabeparameter der Wirtschaftlichkeitsberechnung (Barwertmethode).....	40
Tabelle 3: Variation in der Sensitivitätsanalyse	41
Tabelle 4: Überblick über die Varianten	43
Tabelle 5: Detailbeschreibung der Varianten	44
Tabelle 6: Lebenszykluskosten der Varianten über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren	45
Tabelle 7: Lebenszykluskosten in der Sensitivitätsanalyse über einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren.....	46
Tabelle 8: Basiswerte für die Errichtungskosten für das Demonstrationsprojekt in Innsbruck (Quelle: ATP Innsbruck)	48
Tabelle 9: Auswirkungen der Varianten auf Ökonomie, Ökologie und Nutzungskomfort.....	51