

# Planungsunterstützende Lebenszykluskostenanalyse für nachhaltige Gebäude

G. Hofer

*e7 Energie Markt Analyse GmbH, Wien, Österreich*

B. Herzog

*M.O.O.CON GmbH, Wien, Österreich*

**ABSTRACT:** Consideration of Life Cycle Costs (LCC) during the planning phases of construction is insufficient. The reasons for this are that on the one hand, the focus of clients for whom a building is being built most often remains on the initial investment costs. On the other hand, available software tools are complex and the data needed to use them properly is vague during the early design phase – the phase where cost minimising can be most efficient. Thus, on the basis of various existing Life Cycle Cost tools, a method and tool has been developed so that detailed forecasts of expected Life Cycle Costs can be made during early planning phases. The new method can illustrate the characteristic values of space efficiency, energy efficiency, and cost efficiency of the investment and operation while presenting an overview of Life Cycle Costs. In this way the long-term economic impact of energy efficient buildings can be illustrated.

**KURZFASSUNG:** Die Betrachtung von Lebenszykluskosten in der Planungsphase spielt eine untergeordnete Rolle. Der Fokus der Bauherren liegt bei den Investitionskosten. Die Betriebskosten bleiben weitgehend unberücksichtigt oder werden erst im fortgeschrittenen Planungsprozess ermittelt. Die derzeitigen Tools zur Berechnung von Lebenszykluskosten können erst in der Detailplanung eingesetzt werden, weil eine umfassende Datengrundlage erforderlich ist, das in weiterer Folge das Bedienen der Softwaretools aufwändig macht. Es wurde daher eine neue Methode und Hilfsmittel entwickelt. So können in frühen Planungsphasen im Bereich Initiierung, Vorentwurf und Entwurf bereits detaillierte Aussagen über die zu erwartenden Lebenszykluskosten getroffen werden. Mit diesem neuen Lebenszykluskostentool werden somit nicht nur die Investitionskosten dargestellt, sondern die langfristigen, über die komplette Nutzungsdauer des Gebäudes, ökonomischen Auswirkungen.

## 1. AUSGANGSSITUATION UND AUFGABENSTELLUNG

Die gängige Baupraxis zeigt, dass in den meisten Fällen die Investitionskosten entscheidend für den Bau eines Gebäudes sind. Jedoch verändert sich langsam der Nachfragemarkt, nicht zuletzt durch die Immobilienkrise. So ist der Trend bemerkbar, dass nachhaltige Aspekte eine zunehmend wichtigere Rolle spielen. Gebäude mit geringen Betriebskosten erfahren eine steigende Nachfrage, auch Wertdeklaration durch Nachhaltigkeitszertifikate neben der gängigen Due Diligence werden häufiger verlangt.

Im deutschen Nachhaltigkeitszertifikat DGNB (2009) und im österreichischen Zertifikat Total Quality Building (Lechner, 2009) sind Lebenszykluskosten (LZK) als konkretes Kriterium enthalten. Die internationale Normung (ISO) hat bereits eine Norm für die Berechnung von Lebenszykluskosten entwickelt. Durch die ISO 15686-5 (2008) kann die Berechnung der Le-

---

Lebenszykluskosten durchgeführt werden. Nach dieser Norm definieren sich Lebenszykluskosten als „Kosten, die durch ein Gebäude oder Bauwerksteil über dessen gesamten Lebenszyklus durch die Erfüllung der technischen und funktionalen Anforderungen entstehen“. Wichtige Rahmenbedingungen wie Systemgrenzen, Betrachtungszeiträume und Kostengliederung sind in dieser Norm jedoch nicht enthalten. Basierend auf einem Task Group Report (European Commission, 2003) hat auch die Europäische Kommission zur Verbesserung des Wettbewerbes der Bauindustrie einen Auftrag vergeben eine einheitliche Methode für die Berechnung von Lebenszykluskosten von Gebäuden zu entwickeln. Der Endbericht (Davis Langdon Management Consulting, 2007) stellt einen allgemein gültigen Prozess zur Berechnung der Lebenszykluskosten dar. Nicht zuletzt versucht im Auftrag der Europäischen Kommission das Europäische Normungsinstitut (CEN) auf Normungsebene Kriterien für die Nachhaltigkeitsbewertung zu definieren, um somit europaweit einheitliche Bewertungsverfahren schaffen zu können. Im Technical Committee 350 des Europäischen Komitees für Normung (CEN) werden Normenvorschläge entwickelt. In der Arbeitsgruppe 4 wird an der Norm EN 15643-4 (2009) über die ökonomischen Aspekte der Nachhaltigkeit gearbeitet. Ein wesentlicher Indikator für diese sind Lebenszykluskosten. Nicht zuletzt werden auch in Österreich künftig die Lebenszykluskosten definiert. In der Überarbeitung der ÖNORM B 1801-3 werden ab 2011 die Kostenkategorien für die Lebenszykluskosten beschrieben.

Die Auswirkungen auf den Wert der Immobilien spielen eine wichtige Rolle. Im Europäischen Projekt IMMOVALUE (2010) wurden Analysen zur Energieeffizienz eines Gebäudes, dargestellt durch den Energieausweis, den Lebenszykluskosten und dem Immobilienwert eines Gebäudes, durchgeführt. Aus Interviews (Bienert et al, 2009) konnte die Erkenntnis gewonnen werden, dass nachhaltige Gebäude eine höhere „marketability“ haben. Weiters ist ein klarer Zusammenhang zwischen niedrigeren Betriebskosten und höherer Nettomiete zu erkennen. Das Bewusstsein für eine „Warmmiete“ ist also vorhanden. Außerdem lukrieren nachhaltige Gebäude höhere Mieterträge und haben niedrigere Leerstandsdaten aufzuweisen (Fuerst & McAllister, 2008). Diese verschiedenen normativen und marktwirtschaftlichen Aktivitäten und Aspekte zeigen, dass das Interesse der Politik und der Bauwirtschaft an der Methode der Lebenszykluskostenbetrachtung steigt. Damit sollen auch die Ausgaben für das Gebäude im Betrieb bereits bei der Entscheidung der Erstinvestition berücksichtigt werden. Mit dieser neuen Methode können schon während früher Planungsphasen zusätzliche Informationen über künftige Betriebskosten ermittelt werden, um eine bessere Datenbasis für die Planung zu schaffen.

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

Bestehende Softwaretools zur Berechnung von Lebenszykluskosten (z.B. Legep (2010), BUBI (Riegel, 2004), Bauloc (Herzog, 2005) im deutschsprachigen Raum) basieren auf einem Bottom-Up-Ansatz. Dieser macht es für den Simulant erforderlich auf der Ebene von Positionen Eingaben zu treffen (z.B. Kalkzementputz oder Art der Anstriche). 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 es in einem Iterationsprozess bei einem integralen Planungsansatz notwendig ist – ist daher nur mit hohem Aufwand möglich.

---

Zusätzlich gibt es noch unzählige Softwareprogramme für Wirtschaftlichkeitsberechnungen oder Programme für die Berechnung von Lebenszykluskosten (z.B. LCProfit), 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.

Gerade in der Anfangsphase einer Planung ist die Betrachtung der langfristigen ökonomischen Auswirkungen am entscheidendsten. Etwa 75% aller Investitions- und Betriebskosten werden in den Initiierungs- und den frühen Planungsphasen determiniert (Statsbyggs, 2010). Daher ist es umso wichtiger eine Optimierung der Systeme in diesen ersten Phasen sicher zu stellen.

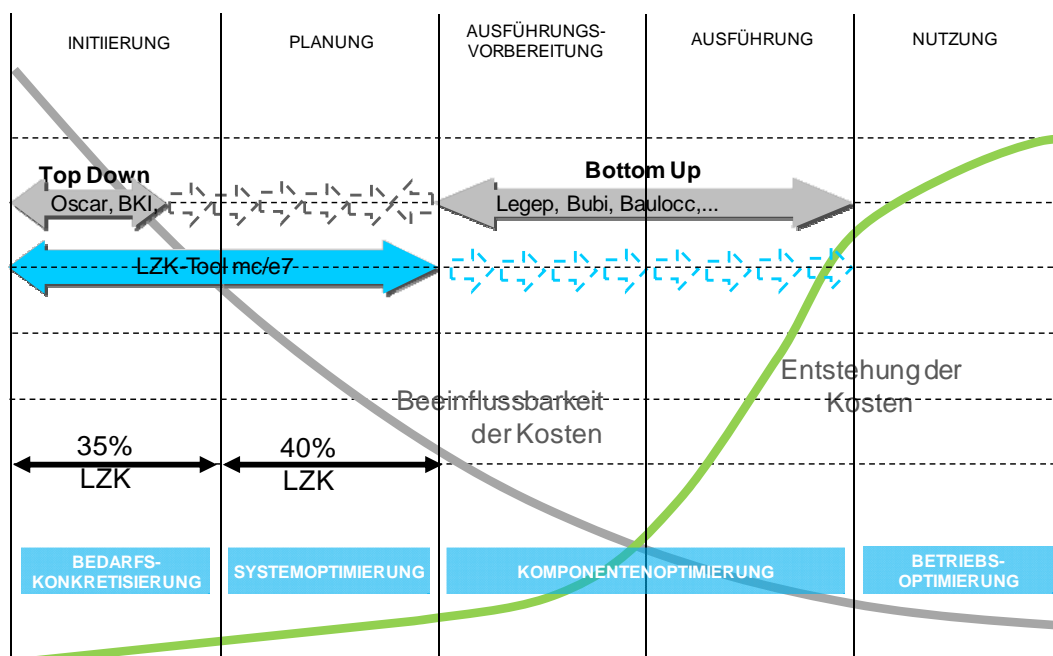


Abb. 1: Kostenbeeinflussbarkeit und Einsatz vorhandener Systeme (Eigene Darstellung)

## 2. FORSCHUNGSZIELE

Ziel des Projektes war die Entwicklung einer Methode für die Berechnung von Lebenszykluskosten, durch die Bauherren eine gesicherte Basis für Entscheidungen bieten zu können, um

- die Anforderungen in der Bedarfsplanung zu optimieren und
- in den Planungsphasen Vorentwurf und Entwurf die richtigen Systeme auszuwählen.

Nach der Integration dieser Methode in ein softwarebasiertes Tool sollen mit annehmbarem Aufwand belastbare Aussagen über die künftigen Investitions- und Betriebskosten des Gebäudes gemacht und dadurch die Umsetzung nachhaltiger und energieeffizienter Gebäudekonzepte forciert werden.

### 3. METHODISCHER AUFBAU

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. Dabei wurde auf den Entscheidungsfindungsprozess in der Planungsphase detailliert eingegangen.

Ziel der neu entwickelten Methode war das Gebäude so zu modellieren, dass bereits in der frühen Planungsphase Lebenszykluskosten berechnet werden können. Auch dann, wenn noch keine Planung für das Gebäude vorliegt. Dazu sind Hilfsmittel zur Bildung des Raum- und Volumenprogrammes für das Gebäude und Daten für die Errichtungs- und Betriebskosten auf einer aggregierten Ebene notwendig, sodass vor Planungsbeginn bereits Eingaben möglich sind. Zusätzlich soll ein Energieberechnungstool die Wechselwirkung zwischen dem Gebäudekonzept und der Fassade mit dem haustechnischen System abbilden, sodass auch dafür keine zusätzlichen Berechnungsschritte notwendig sind. Die Methode und die Hilfsmittel sollen so konzipiert sein, dass Lebenszykluskostenanalysen bis hin zur Detailplanung in der Ausführungsvorbereitung durchgeführt werden können.

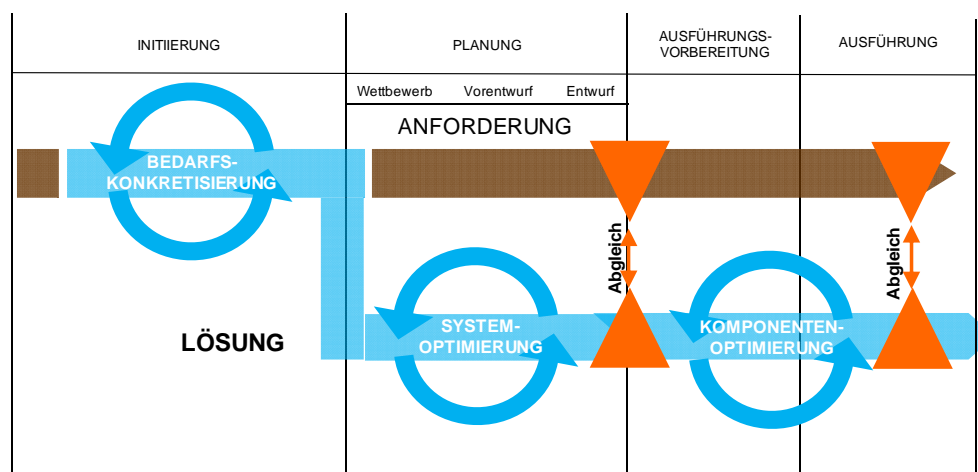


Abb. 2: Einsatzgebiet des LZK-Tools von der Initiierung bis zur Ausführungsvorbereitung (Quelle: Eigene Darstellung)

Für die Modellierung des Gebäudes wurde ein virtuelles Volumenmodell entwickelt. Das Modell basiert auf den Arbeiten und Erfahrung der Fa. M.O.O.CON im Rahmen der Bauherrenberatung für Bürogebäude. Das virtuelle Volumenmodell kann auf Basis des Raum- und Funktionsprogrammes des Bauherrn das Volumen und die Oberfläche des Gebäudes näherungsweise bereits zu einem Zeitpunkt berechnen, wo noch kein Planer Entwürfe für das Objekt vorgelegt hat. In diesem Modell sind Zusammenhänge zwischen den räumlichen und technischen Anforderungen von Seiten des Bauherrn und die Auswirkungen auf die Gebäudemassen enthalten. Beispielsweise wird auf Basis der Anzahl der Planungsraster in der Hauptnutzung und der Art der Räume (z.B. Zellenbüro, Gruppenbüro in Bürogebäuden) die Anzahl der Beleuchtungskörper berechnet. Neben der Berechnung des Volumens, der Flächen und der Massen der Gebäudeelemente kann mit diesem Tool auch die Nutzfläche des Gebäudes optimiert werden. Die Optimierung der Nutzfläche ist einer der wesentlichen Hebel zur Reduktion der Errichtungs- und Betriebskosten. Durch die Reduktion des konditionierten Volumens können auch die Energiekosten gesenkt werden.

Nach Vorliegen eines architektonischen Konzeptes werden die vorhandenen Daten aus dem virtuellen Volumenmodell in den wesentlichen geometrischen Abmessungen (Großflächendaten, Fassade, Gebäudeausrichtung) verändert. Damit können mit wenig Eingabeaufwand die vorhandenen Daten optimal genutzt werden. Nicht vorhandene Daten wie beispielsweise Leitungslängen, Anzahl von Heizkörpern etc. werden weiterhin über ein Gebäudemodell berechnet.

Auf Gebäudeebene wurde der Kosteneinfluss der unterschiedlichen Nutzungsbereiche untersucht. Hier galt es die Auswirkungen der unterschiedlichsten Nutzungen vor allem in den Sonderflächen gegenüber der Hauptnutzung auf die Kosten darzustellen. Wesentliche Nutzung in einem Bürogebäude ist, wie der Name schon sagt, die Büro- und Verwaltungstätigkeit. Ergänzt werden Flächen für diese Haupttätigkeit durch dezentrale Sonderflächen wie Stiegenhäuser, Aufzüge, Sanitärflächen, als auch zentrale Sonderflächen wie Konferenzräume, Foyer, Kantine, Lagerflächen oder Stellplätze. Die wesentlichen Systementscheidungen werden auf Basis der Hauptnutzung getroffen, die wesentlichen Kosten entstehen ebenfalls dort. Folge dessen galt es, die Gebäudeelemente für die Hauptnutzung Bürofläche in einer anderen Detaillierung als für den Nutzungsbereich von Sonderflächen 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, in Beispiel in Abb. 3 „Büro“, wurden kostenrelevante Themen auf der Ebene von Elemente (Definition lt. ÖNORM B 1801-1, 2009) für weniger kostenrelevante Themen oder Planungselemente in weniger kostenrelevanten Nutzungsbereichen auf Ebene von Kostenbereichen (Definition lt. ÖNORM B 1801-1) zusammengestellt.

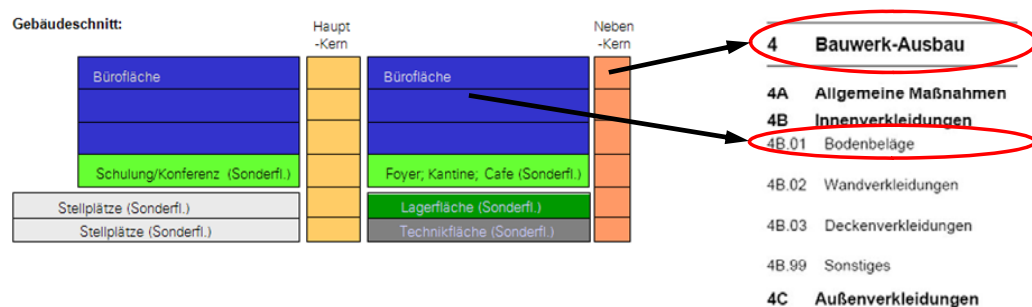


Abb. 3: Gliederung der Kosten für die Hauptnutzung Büro (Quelle: Eigene Darstellung)

Die Gebäudeelemente wurden somit für die relevanten Kostentreiber in den relevanten Nutzungen aus Bottom-Up aggregierten Positionen zusammengesetzt, für weniger relevante Kostenbereiche und Nutzungen Bottom-Up aggregiert und sowie mit Top-Down Kennwerten geprüft, da aufgrund der Relevanz eine entsprechenden Ungenauigkeit toleriert werden kann. Dadurch verringert sich die Anzahl an Elementen und damit Eingaben wesentlich.

Für die Kosteneinschätzung bei den Investitionskosten wurde auf die Erfahrung und Auswertung der AVA-Software eines großen österreichischen Baukonzerns (Fa. Allgemeine Baugesellschaft - A. Porr Aktiengesellschaft), eines großen österreichischen Haustechnikbieters (Fa. Axima Gebäudetechnik GmbH) und eines Planungsbüros (Fa. Allplan GmbH) zurückgegriffen. Bei den Betriebskosten wurde die Angebotsdatenbank des größten österreichischen Gebäudebetreibers (Fa. Axima Gebäudetechnik GmbH) analysiert. Diese Daten wurden in eine eigens für diese Methode entwickelte Datenbank integriert.



Für die Ermittlung der Gesamtkosten der Elemente ist das Massengerüst des Gebäudes erforderlich. Dieses wird auf Basis des virtuellen Volumenmodells oder des architektonischen Konzeptes ermittelt.

Wie bei der Aggregation von Planungselementen, musste auch bei der Berechnung des Massengerüsts zur Ermittlung der Kosten je Planungselement auf ein geringes Datenerfordernis geachtet werden. Hier wurde ebenfalls auf die Ergebnisse der Analyse der Kostentreiber zurückgegriffen und versucht, nur wenige wesentliche Parameter aus den Plänen einlesen zu müssen. Alle anderen Daten sollten auf Basis dieser Eingabe durch Rechenalgorithmen errechnet werden können. Die Algorithmen wurden aus Planungsregeln für Bürogebäude, gesetzlichen Regelungen zum Brandschutz, Arbeitsstättenrichtlinien und jahrelanger Erfahrung aus diversen Projekten von M.O.O.CON abgeleitet. Die wesentlichen Flächeneffizienzparameter wie Achsrasterung, Trakttiefe, und Gebäudestruktur sollten per Eingabe einfach veränderbar sein. In der Phase Initiierung erfolgt die Eingabe über ein von M.O.O.CON verwendetes Raum- und Funktionsprogramm. In den frühen Planungsphasen wird auf Basis, der in diesem Zeitraum in Architektenplänen vorhandenen üblichen Abmessungen gearbeitet.

Auf Basis des Volumenmodells der ausgewählten Gebäudeelemente und nutzerspezifischer Komfortvorgaben kann nun auf Basis einer in wesentlichen Punkten (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. Durch die langjährige Erfahrung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von e7 Energie Markt Analyse GmbH und unter Verwendung von Energiekostendaten von realen Gebäuden sowie detaillierter Daten aus Literatur und Normen konnten sehr realitätsnahe Energieverbrauchsszenarios dargestellt werden. Durch die Programmierung in eine Softwareoberfläche kann die Eingabe des Volumenmodells und der der Planungselemente direkt mit der Berechnung der Energiekosten verknüpft werden, sodass dafür kein zusätzlicher Aufwand erforderlich ist. 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 gerechnet werden.

Die auf Basis der Planungselemente elementweise vorliegenden Investitions- und Betriebskosten sowie der gebäudespezifisch errechneten Energiekosten können nun auf Basis der Kapitalwertmethode oder der Methode der vollständigen Finanzpläne Lebenszykluskosten berechnet werden. Durch die Veränderung wesentlicher Parameter (Inflation, Baukostenindex, Energiekostenindex, Abschreibungszeitraum, Finanzierungsmöglichkeiten, usw.) können die Auswirkungen simuliert werden. Durch Änderungen von Eingabewerten für die Investitionskostenberechnung können Sensitivitätsanalysen durchgeführt werden, Kostenparameter des Gebäudes können durch Änderung im Excel variiert werden. Somit kann eine Risikoanalyse von einzelnen Parametern durchgeführt werden.

#### **4. UMSETZUNG IN EINE LZK SOFTWARE**

Die Verknüpfung der einzelnen Bestandteile zu einem funktionierenden Gesamttool erfolgt mittels einer Software. Eine Fülle an Faktoren beeinflussen die Beziehungen und erkennen die Auswirkungen hochtechnisierter, großer, komplexer Systemkomponenten auf andere. Die

---

Beziehungen entstanden ebenfalls auf Basis von Expertengesprächen mit den Datenlieferanten. Der Softwareoberfläche sind mehrere Excel Tools und eine Kostendatenbank hinterlegt.

Die Errichtungs- und Folgekosten der aggregierten Gebäudeelemente sind in einer Datenbank enthalten, die unabhängig vom LZK Berechnungsprogramm bedient und gewartet werden kann.

Die Ausgabe erfolgt in unterschiedlichen Aggregationstiefen, sodass je nach Optimierungsanspruch sämtliche im Tool verfügbaren Daten übersichtlich sortiert und mit Grafiken versehen, betrachtet werden konnten. Wesentliche Ausgaben sind:

- Errichtungskosten (gesamt/ nach Kostenbereichen/ nach Planungselementen)
- Nutzungskosten (gesamt/ nach Kostenart/ nach Planungselement und Kostenart)
- Bruttogeschossfläche (gesamt/ nach Nutzungsbereich/ nach Raum)
- Energieverbrauch (gesamt/ nach Verursacher (Kälte, Wärme, Beleuchtung, Arbeitsmittel, Sonstiges))
- Lebenszykluskosten über den Verlauf

Es können sowohl Varianten verglichen als auch Kennwerte anderer Projekte als Vergleich dargestellt werden.

## 5. VALIDIERUNG DER ERGEBNISSE

In der abschließenden Testphase wurden anhand von realisierten und sich im Betrieb befindlichen Gebäuden, Kostendaten aus der Investition und aus dem laufenden Betrieb mit den entsprechenden Ergebnissen aus dem Tool verglichen.

Aus diesen Daten konnten einerseits die Algorithmen der Programmierung, als auch die Kostenansätze überprüft und ggf. verändert werden.

Nach der abgeschlossenen Testphase konnte festgestellt werden, dass der gewählte Ansatz einerseits zu extrem kurzen Eingabezeiten führt und andererseits die in diesen frühen Planungsphasen erzielbare Kostensicherheit von +/- 10 bis +/- 20% bei allen bisher simulierten Projekten einhält. Somit konnte gezeigt werden, dass bei ausreichender Kenntnis der wesentlichen Kostentreiber der Simulationsaufwand ohne Einbußen bei der Datensicherheit gering gehalten werden kann.

## 6. AUSBLICK

Nachdem die Methode bei den ersten Anwendungen bei bereits bestehenden Gebäuden Ergebnisse mit hoher Kostensicherheit erzielt hat, wird das Tool nun schwerpunktmäßig beim Neubau von Bürogebäuden eingesetzt. In den bisherigen Anwendungsfällen sind allerdings schon anderen Gebäudekategorie wie beispielsweise Schulen und Pflegeheime berücksichtigt worden. Bei diesen Anwendungen hat sich gezeigt, dass die Methode, die für Bürogebäude entwickelt wurde, auch sehr gut in einer Reihe von anderen Gebäudenutzungen anwendbar ist. Auch die Anwendung zur Bestandsevaluierung und Berechnung von LZK im Anwendungsfall Sanierung sollen abgedeckt werden können. Zusätzlich werden andere Indikatoren in das Tool aufgenommen: Bewertung ökologischer Materialien, Komfort, etc. Die Methode und die Software werden somit in den nächsten Jahren sukzessiv um weitere Aspekte erweitert,

---

sodass in absehbarer Zeit eine gesamte Nachhaltigkeitsbewertung in der frühen Planungsphase mit geringem Aufwand möglich erscheint.

## LITERATUR

- Baukosteninformationszentrum Deutscher Architekten (2010) *Statistische Kostenkennwerte für Gebäude*, [www.baukosten.de](http://www.baukosten.de).
- Bienert, S. et al (2009) *Integration of energy efficiency and LCC into property valuation practice*. paper for the 15th PRRES Conference, January 2009, Sydney. Download at [www.immvalue.org](http://www.immvalue.org).
- Davis Langdon Management Consulting (2007) *Life Cycle Costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: a common methodology*. London.
- Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. (2009) *Deutsches Gütesiegel für Nachhaltiges Bauen, Aufbau – Anwendung – Kriterien*. Issue 3/2009. Stuttgart.
- European Commission, DG Enterprise and Industry (2003) *Task Group 4: Life Cycle costs in Construction*. Brussels.
- Fuerst, F. & McAllister, P. (2008) *Green Noise or Green Value, Measuring the Price Effects of Environmental Certification in Commercial Buildings*. Reading.
- Herzog, K. (2005) *Lebenszykluskosten von Baukonstruktionen – Entwickl. eines Modells u. einer Softwarekomponenten zur ökonomische Analyse und Nachhaltigkeitsbeurteilung von Gebäuden*. Darmstadt.
- IMMOVALUE (2010) *Improving the market impact of energy certification by introducing energy efficiency and life-cycle costs into property valuation practice*, IEE/07/553, [www.immvalue.org](http://www.immvalue.org).
- ISO 15686-5:2008 06 15 (2008) *Buildings and constructed assets -- Service-life planning -- Part 5: Life-cycle costing*. Genf. Can be ordered from [www.iso.org](http://www.iso.org)
- John Lang Lassalle (2009) *Büroebenenkostenanalyse OSCAR 2008*. Berlin.. Can be ordered from [www.joneslanglasalle.de](http://www.joneslanglasalle.de)
- Lechner, R. (2009): *TOTAL QUALITY BAUEN: Ergänzung und Erweiterung des bestehenden Gebäudebewertungssysteme*. Wien.
- LEGEP Software GmbH (2010) *LEGEP Bausoftware, bauen berechnen betreiben; Ein Werkzeug für die integrierte Lebenszyklusanalyse*, [www.legep.de](http://www.legep.de).
- ÖNORM B 1801-1:2009 06 01 (2009) *Bauprojekt- und Objektmanagement - Teil 1: Objektorichtung*. Wien.
- prEN 15643-4:2009-12-31 (working draft) (2009) *Sustainability of construction works — Sustainability assessment of buildings — Part 4: Framework for the assessment of economic performance*. Brussels.
- Riegel, G.W (2004) *Ein softwaregestütztes Berechnungsverfahren zur Prognose und Beurteilung der Nutzungskosten von Bürogebäuden*. Darmstadt.
- Statsbygg: *LCProfit* (2010) [www.lcprofit.com](http://www.lcprofit.com).
-