

Karsten Körkemeyer, Björn-Martin Kurzrock  
Sven O. Krumke, Kristina Heim, Nils-Magnus Wasser  
Dennis Aldenhoff, Michael Holzhauser, Ingo Besenbruch

## **Entwicklung einer Methode zur Simulation von Gebäude- Lebenszykluskosten – LZK-SIM [BAU]**

F 3117

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlussberichtes einer vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2019

ISBN 978-3-7388-0388-4

Vervielfältigung, auch auszugsweise,  
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

**Fraunhofer IRB Verlag**

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

[www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)

[www.irb.fraunhofer.de/tauforschung](http://www.irb.fraunhofer.de/tauforschung)

Endbericht zum Forschungsprojekt:

## Entwicklung einer Methode zur Simulation von Gebäude-Lebenszykluskosten

### - LZK-SIM [BAU]

(SWD - 10.08.18.7-16.18)

„Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) gefördert. (Aktenzeichen: SWD - 10.08.18.7-16.18). Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.“

Autoren: Prof. Dr.-Ing. Karsten Körkemeyer  
Prof. Dr. Björn-Martin Kurzrock  
Prof. Dr. Sven O. Krumke  
Dipl.-Ing. Kristina Heim  
Nils-Magnus Wasser, M.Sc.  
Dennis Aldenhoff, M.Sc.  
Dr. Michael Holzhauser  
Ingo Besenbruch, B.Sc.



Praxispartner GOLDBECK Gebäudemanagement GmbH,  
Ansprechpartner: Gereon Schalk



Kaiserslautern, Juli 2019

## Kurzzusammenfassung

In der Planungsphase von Bauprojekten legen Bauherr, Planer und Architekt die bautechnische Qualität und technische Ausstattung des Gebäudes fest. In der Praxis ist häufig die Höhe der Herstellungskosten der bestimmende Faktor. Nutzungskosten, die sich erst nach und nach manifestieren, werden immer noch eher unterschätzt.

Ziel des Forschungsprojektes LZK-SIM [BAU] war die Entwicklung eines Tools zur Prognose der Lebenszykluskosten (LZK) von Gebäuden auf Basis von statistisch gesicherten Kostenkennwerten zum Zeitpunkt der Planungsphase. Das Tool erlaubt approximativ die Optimierung der Konfiguration von Bauteilen und technischen Anlagen. Bei der Entwicklung wurde von Beginn an die Intention verfolgt, eine praxistaugliche, möglichst einfache Lösung zur Analyse und Optimierung von LZK für Gebäude zu entwickeln. Der Benutzer soll das Tool über eine Webschnittstelle steuern können. Durch Eingabe weniger in der Planungsphase vorliegenden Informationen soll er in die Lage versetzt werden, die LZK eines Gebäudes prognostizieren und durch Änderung der Bauwerkskonfiguration optimieren zu können.

Zur Prognose der LZK wurde ein Standardbürogebäude definiert, um die Standardflächen prozentual darzustellen. Somit wird keine feste Raumanordnung vorgegeben. Durch Verwendung von Standardraumarten können die in Bürogebäuden verwendeten Bauelemente festgelegt und Mengen und Massen ermittelt werden. Für die Berechnung der LZK ist eine Datenbank mit Kostenkennwerten und Lebensdauern für die betrachteten Bauelemente bzw. technischen Anlagen in ihrer jeweiligen Ausführungsart hinterlegt. Die Kostengliederung der Herstellungskosten erfolgt gemäß DIN 276, die Gliederung der Nutzungskosten nach DIN 18960. Bei der Optimierung der LZK werden Herstellungskosten der KG 300 und 400 (DIN 276) und Nutzungskosten der KG 300 und 400 (DIN 18960) berücksichtigt

Eine Besonderheit von LZK-SIM [BAU] besteht darin, dass eine optimale Lösung nicht explizit hergeleitet, sondern durch Variablen, Nebenbedingungen und die Zielfunktion implizit beschrieben wird. Durch diesen in der Mathematik weit verbreiteten Ansatz ist es möglich, ein ganzheitliches Modell unter Berücksichtigung aller relevanten Maßnahmen und Einschränkungen zu erstellen, dessen Lösung eine optimale Auswahl an Entscheidungen impliziert.

Die Prognose der LZK für ein Gebäude vor der eigentlichen Realisierung ist ein richtungsweisender Ansatz, um Zielkonflikte bzw. Optimierungspotenziale frühzeitig zu identifizieren und Planungen hieran anzupassen.

## Abstract

In the planning phase of construction projects, the client, planner and architect determine the structural quality and technical equipment of the building. In practice, the level of production costs is often the determining factor. Usage costs, which only gradually manifest themselves, are still rather underestimated.

The aim of the research project LZK-SIM [BAU] was to develop a tool for predicting the life cycle costs (LCC) of buildings on the basis of statistically proven cost parameters at the time of the planning phase. The tool allows the approximate optimization of the configuration of components and technical systems. Right from the start, the intention was to develop a practical, simple solution for the analysis and optimization of LCC for buildings. The user should be able to control the tool via a web interface. By entering less information available in the planning phase, he should be able to forecast the LCC of a building and to optimize it by changing the building configuration.

A standard office building was defined to forecast the LCC in order to display the standard areas as a percentage. This means that no fixed room arrangement is specified. By using standard room types, the components used in office buildings can be defined and quantities and masses can be determined. For the calculation of the LCC, a database with cost parameters and lifetimes for the considered building elements or technical installations in their respective design type is stored. The cost breakdown of the manufacturing costs is according to DIN 276, the breakdown of the usage costs according to DIN 18960. When optimizing the LCC, the manufacturing costs of cost groups 300 and 400 (DIN 276) and the usage costs of cost groups 300 and 400 (DIN 18960) are taken into account.

A special feature of LZK-SIM [BAU] is that an optimal solution is not explicitly derived but implicitly described by variables, constraints and the objective function. This approach, which is widely used in mathematics, makes it possible to create a holistic model, taking into account all relevant measures and limitations, whose solution implies an optimal selection of decisions.

The forecast of the LCC for a building before the actual realization is novel approach to identify conflicting goals or optimization potentials early on and to adapt planning to them.

## Inhaltsverzeichnis

Kurzzusammenfassung.....	I
Abstract.....	II
I. Abbildungsverzeichnis.....	VI
II. Tabellenverzeichnis.....	VI
III. Abkürzungsverzeichnis.....	VII
1 Einleitung.....	1
1.1 Ziel.....	2
1.2 Methodik.....	3
2 Grundlagen Lebenszykluskosten.....	4
2.1 Lebenszykluskosten.....	5
2.2 Abgrenzung Lebenszykluskosten.....	6
2.3 Analyseverfahren Lebenszykluskosten.....	7
2.4 Einflussfaktoren Lebenszykluskosten.....	8
2.5 Prognoseunsicherheiten Lebenszykluskosten.....	9
2.6 Analyse bestehender LZK-Tools.....	9
2.7 Grundlagen mathematischer Optimierung.....	12
3 Entwicklung LZK-SIM [BAU].....	14
3.1 Vorbemerkung.....	14
3.2 Entwicklung/Ableitung Standardbürogebäude.....	14
3.3 Aufbau Bauteildatenbank.....	23
3.4 Erforderliche Nutzereingaben.....	26
3.5 Ermittlung Lebenszykluskosten.....	28
3.5.1 Herstellungskosten.....	29
3.5.2 Nutzungskosten.....	30
3.6 Optimierung Lebenszykluskosten.....	36
3.7 Deterministische Modelle zur Ermittlung der Lebenszykluskosten.....	37
3.7.1 Variablen.....	39
3.7.2 Nebenbedingungen.....	40
3.7.3 Ausschlussbedingungen.....	40

3.7.4	Präzedenzbeziehungen .....	41
3.7.5	Linearisierung durch Hilfsvariablen.....	41
3.7.6	Modellierung von Optionen.....	43
3.7.7	Komplexität .....	43
3.8	Erweiterung zu stochastischen Modellen .....	45
4	Beschreibung LZK-SIM [BAU].....	47
4.1	Struktur.....	47
4.2	Nutzungsmöglichkeiten .....	52
4.3	Limitation.....	53
5	Fazit und Ausblick .....	54
5.1	Verbesserung der Datengrundlage.....	55
5.1.1	(Automatisierte) Datenbereitstellung durch Nutzer .....	56
5.1.2	Erweiterte Datenbeschaffung .....	57
5.2	Ansätze zur Weiterentwicklung von LZK-SIM [BAU].....	57
5.3	Handlungsempfehlungen.....	58
6	Literaturverzeichnis .....	60
7	Publikationsliste .....	66
8	Veranstaltungsliste .....	66
9	Anhang.....	67
9.1	Parameter / Variablen zur Berechnung von Nutzungskosten.....	67
9.2	Tools zur Berechnung von Lebenszykluskosten für Gebäude .....	77
9.2.1	LZK – Tool.....	77
9.2.2	ILKR <sup>2</sup> .....	77
9.2.3	LCC Tool.....	77
9.2.4	LZK Excel Tool.....	78
9.3	Lebenszykluskostenberechnung von Gebäuden integrierende Tools .....	78
9.3.1	DGNB System /BNB .....	78
9.3.2	eLCA .....	79
9.3.3	LEKOECS .....	79
9.3.4	LEGEP.....	79

9.3.5	LCCA .....	80
9.3.6	GaBi.....	80
9.3.7	Impact Estimator for Buildings.....	81
9.4	Tools zur Berechnung von LZK anderer Bereiche .....	82
9.5	Fragebogen zur Datenerhebung von LZK in der Bau- und Immobilienbranche: .....	83
9.6	Auswertung LZK-Befragung .....	85