

Patricia Schneider-Marin, Christina Dotzler  
Christine Röger, Werner Lang, Jens Glöggler  
Klara Meier, Susanne Runkel

## **Design2Eco**

# **Lebenszyklusbetrachtung im Planungsprozess von Büro- und Verwaltungsgebäuden – Entscheidungsgrundlagen und Optimierungsmöglichkeiten für frühe Planungsphasen**

F 3137

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 978-3-7388-0323-5

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

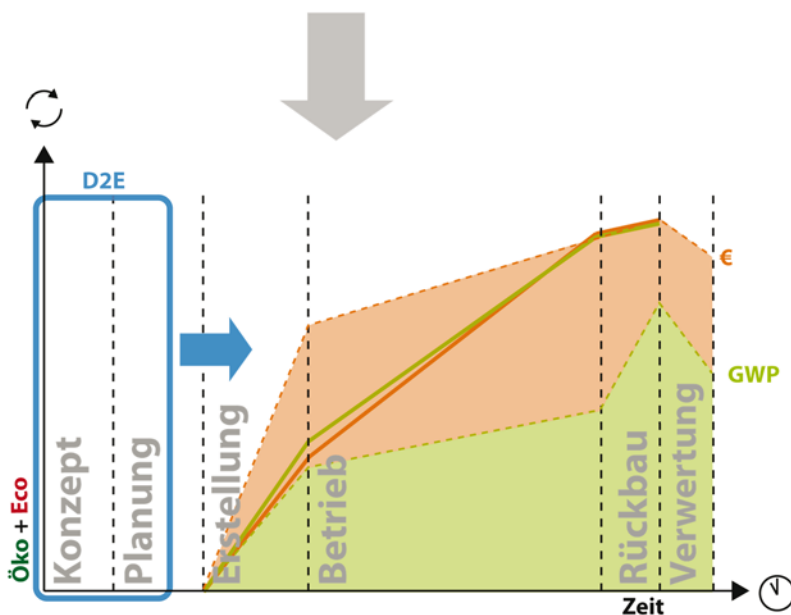
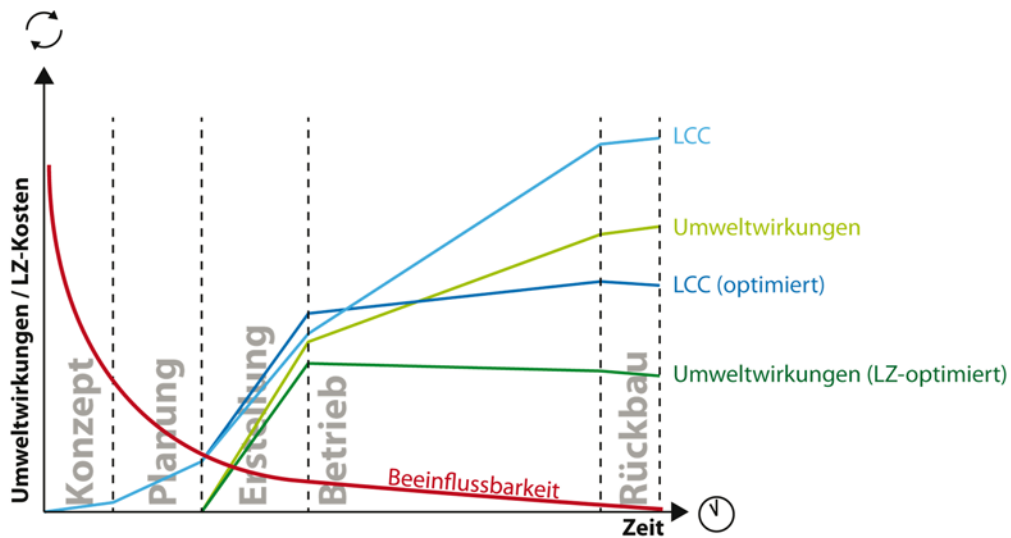
E-Mail [irb@irb.fraunhofer.de](mailto:irb@irb.fraunhofer.de)

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

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

## Design2Eco | Schlussbericht

Lebenszyklusbetrachtung im Planungsprozess von
   
 Büro- und Verwaltungsgebäuden –
   
 Entscheidungsgrundlagen und Optimierungsmöglichkeiten für frühe
   
 Planungsphasen



**Projektzeitraum:** Januar 2017 - November 2018

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert.  
Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren.  
(Aktenzeichen: SWD-10.08.18.7-16.60)

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit dieser Veröffentlichung wird die männliche Sprachform verwendet. Sämtliche Ausführungen gelten natürlich in gleicher Weise für die weibliche.

## Impressum

München, 30.11.2018



Technische Universität München  
Fakultät für Architektur,  
Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt

Lehrstuhl für energieeffizientes und nach-  
haltiges Planen und Bauen  
(Prof. Dr.-Ing. Werner Lang)  
Arcisstraße 21  
80333 München



ATP sustain GmbH  
Karlstraße 66  
80335 München

### **Autoren**

TUM

ATP sustain

Dipl.-Ing. Patricia Schneider-Marin

Dipl.-Ing. Jens Glöggler

Dipl.-Ing. (FH) Christina Dotzler, M. Eng.

Klara Meier, M. Eng.

Dipl.-Ing. Christine Röger

Prof. Dipl.-Ing. Susanne Runkel

Prof. Dr.-Ing. Werner Lang

### **Studentische Mitarbeiter**

Thomas Heiß, M.Sc.

Eva von der Hagen, M.Sc.

Tobias Stoiber, M.Sc.

Elisabeth Faßbender, M.Sc.

### **Betreuer Zukunft Bau**

Dr.-Ing. Michael Brüggemann

### **Langfassung Titel**

Lebenszyklusbetrachtung im Planungsprozess von Büro- und Verwaltungsgebäuden  
Entscheidungsgrundlagen und Optimierungsmöglichkeiten für frühe Planungsphasen

---

## Kurzzusammenfassung

Die Planung von Gebäuden befindet sich seit der Einführung des Nachhaltigkeitsgedankens in das Bauwesen in einem Wandel. Zu den klassischen Anforderungen an Funktionalität, bautechnische Qualität und Ästhetik kommen Energieeffizienz, Ressourcenschonung und die Sicherstellung der Lebensgrundlagen für zukünftige Generationen hinzu. Die entscheidenden Weichen für die Optimierung dieser vielfältigen Ziele werden bereits in frühen Planungsphasen gestellt. Allerdings sind zu diesem Zeitpunkt meist keine lebenszyklusbasierten Informationen über die ökonomischen und ökologischen Qualitäten des Gebäudes verfügbar.

Daher entwickelt das Forschungsprojekt „Design2Eco – Lebenszyklusbetrachtung im Planungsprozess von Büro- und Verwaltungsgebäuden: Entscheidungsgrundlagen und Optimierungsmöglichkeiten für frühe Planungsphasen“ am Beispiel von Bürogebäuden im Neubau eine einfache Systematik zur parallelen Abschätzung von Umweltwirkungen und Kosten über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes. Ziel ist es, den am Bau Beteiligten eine Entscheidungsgrundlage in frühen Planungsphasen zur Verfügung zu stellen.

Zunächst werden für fünf fertiggestellte Beispielprojekte, die jeweils mindestens den Energiestandard der EnEV 2009 erfüllen, detaillierte Lebenszykluskostenberechnungen und Ökobilanzen durchgeführt. Anhand der Ergebnisse werden wichtige Stellschrauben als „strategische Parameter“ identifiziert. Um die Signifikanz verschiedener Parameter, wie zum Beispiel die Länge des Betrachtungszeitraumes, die Bedeutung der Energieerzeuger oder unterschiedlicher Bauteilaufbauten zu zeigen, werden Variantenstudien durchgeführt. Sowohl Ökobilanz als auch Lebenszykluskosten werden in Kostengruppen und funktionale Kategorien gegliedert. Unter den funktionalen Kategorien kristallisiert sich für die Ökobilanz das Tragwerk als ausschlaggebend heraus, während die Lebenszykluskosten am meisten durch den Innenausbau und die damit verbundenen Austausch- und Reinigungskosten beeinflusst werden.

Es wird eine Methodik für frühe Planungsphasen entwickelt, die durch die Bewertung weniger Regelbauteile in Kombination mit den projektspezifischen Flächenberechnungen der Bauteile in der zweiten Kostengruppenebene nach DIN 276-1:2008-12 eine vergleichende Hochrechnung erlaubt. Diese wird anhand der durchgeführten detaillierten Berechnungen validiert und auf ein laufendes Fallbeispiel angewendet. Hier zeigt sich, dass durch die Auswahl entsprechender Bauteile 22 % des Treibhauspotenzials der Konstruktion eingespart werden können, ohne dass dabei Mehrkosten über den Lebenszyklus entstehen.

Abschließend werden, abhängig von strategischen Gebäudemerkmale, vereinfachte Handlungsempfehlungen für die Planung zur Verfügung gestellt. Die Entscheidungen in frühen Phasen des Planungsprozesses, die den größten Einfluss auf die ökologische und ökonomische Gesamtbilanz haben, sind die Wahl der Energieversorgung und des Dämmstandards, die Wahl des Baumaterials für das Tragwerk und die Wahl des Innenausbaukonzeptes.

Weiterer Forschungsbedarf besteht in der Bewertung der End-of-Life Phase in der Ökobilanz und für die Lebenszykluskosten. Große Datenlücken werden hinsichtlich der ökologischen und ökonomischen Bewertung der Gebäudetechnik und damit zusammenhängend der Betriebsphase des Gebäudes festgestellt.

---

## Abstract

Building design is changing due to new considerations regarding the sustainability of the construction industry. In addition to traditional requirements such as functionality, quality of the construction or aesthetics, now projects have to take energy efficiency, safeguarding natural resources and ensuring the livelihood for future generations into account. The decisions that have the greatest influence on the optimization of these various goals are taken in the early design phases of buildings. However, at this stage of the design information about the building's economic and ecological quality for its entire life cycle is generally not available.

Therefore the research project „Design2Eco – Life Cycle Considerations in the design process of office and administration buildings: basis for decisions and optimization potential for early planning phases“ develops a simple system to estimate simultaneously environmental impacts and costs throughout the life cycle of buildings. The project aims to provide stakeholders with a basis for decisions in early design phases.

As a first step, life cycle costs and life cycle environmental indicators are calculated in detail for five completed sample projects, which fulfil at least the energy performance standard EnEV (energy saving ordinance) of 2009. The most influential factors are derived from these calculations and identified as “strategic parameters”. To further analyse the importance of the calculation framework, the overall results are calculated for the variation of parameters such as the length of the considered life cycle period, energy supply for the operation period and a range of materials for important building parts. Both life cycle assessment (LCA) and life cycle costing (LCC) are categorized into cost groups (following DIN 276) and into functional units (structure, interior fit-out, façade etc.). Amongst the functional units the building's structure is found to be the most significant part for the life cycle assessment whereas the interior fit-out with its costs for cleaning and exchanging materials has the highest impact on life cycle costs.

Following this analysis, a methodology for early planning phases is developed, which allows a comparison of various options. The results of LCA and LCC calculations for a small number of building parts is multiplied with their respective total area to forecast the results of detailed calculations. This forecast method is validated using the detailed calculations of the five sample projects. Subsequently, the method is applied to a sample building which is currently being designed. It is shown that by selecting building parts with a low global warming potential (GWP), the overall GWP of the building's construction can be reduced by 22% without increasing the life cycle costs.

Summarizing the results from the previous analyses, simplified recommendations for early design phases are developed dependent on strategic building characteristics. Generally, the choice of energy supply and energy performance standard, the choice of materials for the building's structure, and of the concept for the interior fit-out have the greatest influence on the overall economic and ecological performance.

Further research is required on the evaluation of the end of life phase of buildings both for LCC and LCA. A significant lack of data for the building's MEP and HVAC systems' economic and ecological performance and hence also for the building operation is identified.

---

# Inhalt

Impressum.....	III
Abkürzungsverzeichnis .....	IV
Glossar .....	VI
Kurzzusammenfassung.....	VIII
Abstract .....	IX
Inhalt .....	X
1 Einleitung.....	1
1.1 Projektziel.....	1
1.2 Methodische Vorgehensweise und Aufbau des Projektes .....	4
2 Stand der Forschung und Ausgangssituation des Projektes .....	7
2.1 Kennwerte und Handlungsempfehlungen für frühe Planungsphasen.....	7
2.2 Bewertungsmethoden .....	9
3 Definition der projektspezifischen Rahmenbedingungen.....	15
3.1 Notwendige Projektinformationen .....	15
3.2 Systemgrenzen .....	17
3.3 Randbedingungen und Bewertungstools .....	20
3.4 Auswertung und Darstellungsweisen .....	23
4 Beschreibung der Beispielprojekte .....	25
4.1 Getroffene Annahmen zugunsten der Vergleichbarkeit .....	26
4.2 Vorstellung der Beispielprojekte.....	26
4.3 Zusammenfassung der Projekteigenschaften.....	29
5 Projektergebnisse .....	31
5.1 Ergebnisse der LCA .....	31
5.2 Ergebnisse der LCC.....	46
5.3 Eco-Costs und externe Kosten der Projekte .....	60
6 Detailuntersuchungen und Variantenstudien.....	63
6.1 Differenzbetrachtung Lebensdauer Gesamtgebäude Projekt A.....	63
6.2 Differenzbetrachtung Lebensdauer Teilbereich Projekt A.....	65
6.3 Detaillierte Berechnung der TGA Projekt A.....	75
6.4 Energieversorgung.....	77
6.5 Bauteilvarianten aus den Projekten A, C und E.....	85



---

6.6	Fazit .....	99
7	Entwicklung einer Strategie für frühe Planungsphasen .....	103
7.1	Anteil der funktionalen Kategorien an der Gesamtbilanz .....	103
7.2	Methodik zur Hochrechnung der KG 300 .....	107
7.3	Fallbeispiel Projekt X .....	114
7.4	Strategische Parameter .....	124
7.5	Handlungsempfehlungen .....	129
8	Fazit und Ausblick .....	135
8.1	Fragestellungen und Forschungshypothesen .....	135
8.2	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....	136
8.3	Weiterer Forschungs- bzw. Untersuchungsbedarf .....	138
	Abbildungsverzeichnis .....	142
	Tabellenverzeichnis .....	146
	Literatur- und Quellenverzeichnis .....	148
	Anhang .....	155
	A1 – Gebäudesteckbriefe .....	155
	A1.1 Projekt A .....	156
	A1.2 Projekt B .....	158
	A1.3 Projekt C .....	160
	A1.4 Projekt D .....	162
	A1.5 Projekt E .....	164
	A2 – Übersicht Regelaufbauten Projekte A,C und E .....	166
	A3 – Bauteilaufbauten Projekt X .....	168