
Verbundvorhaben EnOB: MobiDik – Entwicklung einer Mobilen und Digitalen Lernfabrik 4.0 Teilvorhaben: Erforschung und Entwicklung einer phasenübergrei- fenden, ganzheitlichen Gebäudebilanzierung Schlussbericht

Gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages
Förderkennzeichen: 03EN1016E; Dauer: 01.05.2020 bis 31.08.2023

Bernd Franke und Samuel Mahami

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren

Heidelberg, 23.10.2023

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Forschung für
energieoptimierte
Gebäude und Quartiere



1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart Bericht		
3a. Titel des Berichts Verbundvorhaben EnOB: MobiDik - Entwicklung einer Mobilen und Digitalen Lernfabrik 4.0; Teilvorhaben: Erforschung und Entwicklung einer phasenübergreifenden, ganzheitlichen Gebäudebilanzierung			
3b. Titel der Publikation			
4a. Autoren des Berichts (Name(n), Vorname(n)) Franke, Bernd Mahami, Samuel		5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.08.2023	6. Veröffentlichungsdatum 31.08.2023
4b. Autoren der Publikation (Name(n), Vorname(n))		7. Form der Publikation Bericht	
8. Durchführende Institution (Name, Anschrift) ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH Wilckensstraße 3 69120 Heidelberg		9. Ber. Nr. Durchführende Institution	10. Förderkennzeichen 03EN1016E
		11a. Seitenzahl (Bericht): 52	
		11b. Seitenzahl (Publikation)	
13. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) 53107 Bonn		12. Literaturangaben: 14	
		14. Tabellen: 6	
		15. Abbildungen: 30	
16. Zusätzliche Angaben: Anlagen auf CD-ROM			
17. vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)			
18. Kurzfassung: Ziel des vom ifeu durchgeführten Teilvorhabens <i>Energie- und Ressourceneffizienz</i> war die Erforschung und Entwicklung einer phasenübergreifenden, ganzheitlichen BIM-basierten Gebäudebilanzierung, bezogen auf die Faktoren Energieeinsatz, Treibhausgasemissionen und Ressourcenverbrauch. Das Arbeitspaket bestand aus vier Komponenten: (1) Methodenentwicklung, (2) BIM-Schnittstelle für Daten zum Energie- und Ressourcenverbrauch, (3) Szenariorechnungen und (4) Auswertung der Pilotprojekte. Im Gegensatz zu betriebsbedingten Treibhausgasemissionen, die kontinuierlich anfallen und im Laufe der gesamten Lebensdauer eines Gebäudes reduziert werden können, sind die „grauen“ Emissionen durch den Bau eines Gebäudes nahezu festgesetzt. Die Erfassung dieses verkörperten, „grauen Anteils“ ist daher von entscheidender Bedeutung. Hierzu gibt es derzeit keine Festlegungen im Gebäudeenergiegesetz. Eine BIM-basierte THG-/Ökobilanz der Baumaterialien auf Grundlage der EPDs aus ÖKOBAUDAT und anderen Datenquellen ist im Prinzip mit vertretbarem Aufwand möglich. Voraussetzung dafür ist v.a. eine vollständige und präzise Beschreibung der Materialien und der richtige Export der IFC. Im Vorhaben wurden verschiedene Software-Optionen genutzt (z.B. Nutzung des Materialkatalogs in ArchiCAD, Link via IFC zu One Click LCA). Dafür wurden die von den Partnern BLB und dem Kreis Viersen bereitgestellten IFC-Dateien für die Erstellung von Ökobilanzen für drei Projekte genutzt. Für den Bilanzrahmen (A1-A4, B4-B5, C1-C4 nach DIN EN 15804) wurden die spezifischen Treibhausgasemissionen für die BLB-Projekte THINK und INCYTE bei 722 kg bzw. 712 kg CO ₂ e/m ² NGF berechnet. Beim Projekt „Kreisarchiv Viersen“ mit hohem Anteil an Holz, Recyclingmaterialien und erneuerbaren Ressourcen wie Lehm wurden 224 kg CO ₂ e/m ² NGF ermittelt. Bei allen Projekten lag der Anteil von Beton und Stahl bei 70 % bis 80 % der gesamten THG-Emissionen. Aufgrund der unvollständigen und z.T. fehlerhaften Beschreibung der Bauteile waren zeitaufwändige Anfragen an Planer und Architekten notwendig. Aufbauend auf diesen Erfahrungen wurde ein <i>Leitfaden zur IFC-basierten Erstellung von Ökobilanzen für Gebäude</i> erstellt. Bei zukünftigen Projekten sollten vor Auftragserteilung an Planer und Architekten die Anforderungen zur BIM-Modellierung klar spezifiziert werden.			
19. Schlagwörter: Stoffstromanalyse von Gebäuden, Umweltauswirkungen von Gebäuden, BIM-basierte Ökobilanz			
20. Verlag: ifeu		21. Preis: -	

1. ISBN oder ISSN	2. Type of Report Report
3a. Report Title Joint project of a Mobile and Networked Digital Training Factory in the Craft Sector 4.0 Subproject: Research and Development of a comprehensive modelling of a building life-cycle	
3b. Titel of Publication	
4a. Authors of the Report (Family name, first Name(s)) Franke, Bernd Mahami, Samuel	5. End of Project 31.08.2023
4b. Authors of the Publication (Family name, first Name(s))	6. Publication Date 31.08.2023
	7. Form of Publication Report
8. Performing Organisation (Name, Address) Institut für Energie- und Umweltforschung gGmbH (ifeu) Wilckensstraße 3 69120 Heidelberg, Germany	9. Originator's Report No.
	10. Reference No. 03EN1016E
	11a. No. of Pages (Report): 52 11b. No. of Pages (Publication)
13. Sponsoring Agency (Name, Address) Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) 53107 Bonn	12. No. of References: 14
	14. No. of Tables: 6
	15. No. of Figures: 30
16. Supplementary Notes: CD-ROM with supplemental reports	
17. presented at (Title, Place, Date)	
18. Abstract: The aim of the 'Energy and Resource Efficiency' sub-project carried out by ifeu was to research and develop a phase-spanning, holistic BIM-based building balance sheet, based on the factors of energy use, greenhouse gas emissions and resource consumption. The work package consisted of four components: (1) method development, (2) BIM interface for data on energy and resource consumption, (3) scenario calculations and (4) evaluation of the pilot projects. In contrast to operational greenhouse gas emissions, which occur continuously and can be reduced over the life of a building, the "grey" emissions from the construction of a building are almost fixed. Capturing this embodied "grey part" is therefore crucial. There are currently no specifications for this in the Building Energy Act. A BIM-based GHG/life cycle assessment of the building materials based on the EPDs from ÖKOBAUDAT and other data sources is in principle possible with reasonable effort. The prerequisite for this is, above all, a complete and precise description of the materials and the correct export of the IFC. Various software options were used in the project (e.g. use of the material catalog in ArchiCAD, link via IFC to One Click LCA). The IFC files provided by the partners BLB and Kreis Viersen were used for the creation of life cycle assessments for three projects. For the balance framework (A1-A4, B4-B5, C1-C4 according to DIN EN 15804), the specific greenhouse gas emissions for the BLB projects THINK and INCYTE were calculated at 722 kg and 712 kg CO ₂ e/m ² NFA. In the Kreisarchiv Viersen project with a high proportion of wood, recycling materials and renewable resources such as clay, 224 kg CO ₂ e/m ² NFA were determined. In all projects, concrete and steel accounted for 70 % to 80 % of the total GHG emissions. Due to the incomplete and sometimes incorrect description of the components, time-consuming inquiries to planners and architects were necessary. Based on this experience, a <i>Guideline for IFC-based creation of life cycle assessments for buildings</i> was created. For future projects, the requirements for BIM modeling should be clearly specified before the order is placed with planners and architects.	
19. Keywords Life cycle assessment of buildings, BIM-based LCA	
20. Publisher: ifeu	21. Price: -

Inhaltsverzeichnis

1 Zusammenfassung der Ergebnisse	1
1.1 Aufgabenstellung	1
1.2 Planung und Ablauf des Vorhabens	1
1.3 Ergebnisse	3
2 Spezifische Ergebnisse	4
2.1 THG-Emissionen von Gebäuden (Bau und Betrieb)	4
2.2 Gesetzliche Regelungen zu „grauen THG-Emissionen“ von Gebäuden	7
2.3 BIM-basierte Ökobilanz von Bauprojekten	8
2.4 Ökobilanz	11
2.5 Praxistests	12
2.5.1 Praxistest THINK (BLB)	13
2.5.2 Praxistest INCYTE (BLB)	16
2.5.3 Praxistest „Kreisarchiv Viersen (Landkreis Viersen)“	20
2.5.4 Vergleichendes Benchmarking	21
2.6 Festlegung von Grundregeln und LCA-Anforderungen für IFC-Dateien	23
2.7 BIM-unterstützte Energiebedarfsrechnung	26
2.8 Schlussfolgerungen und Empfehlungen	27
3 Verwendung der Fördermittel	29
4 Literaturverzeichnis	30
Anhang A: Dokumentenliste	32
Anhang B: Leitfaden zur IFC-basierten Erstellung von Ökobilanzen für Gebäude	33

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1	Struktur des Forschungsvorhabens MobiDik	1
Abbildung 1.2	Verbundpartner	2
Abbildung 1.3	Ziele der Energie- und Ressourcenmodellierung im Projekt MobiDik (Arbeitspaket 9)	3
Abbildung 2.1	THG-Emissionen im Lebenszyklus von Gebäuden	4
Abbildung 2.2	Lebenszyklus eines Gebäudes und Möglichkeiten zur Verbesserung der Ökobilanz	5
Abbildung 2.3	Normierte Phasen und Module eines Lebenszyklus eines Gebäudes	6
Abbildung 2.4	Lebenszyklusabschnitte in der Umweltdeklaration von Bauprodukten nach DIN EN 15804	7
Abbildung 2.5	Indikatoren zur Umweltdeklaration von Bauprodukten nach DIN EN 15804	7
Abbildung 2.9	Dekarbonisierungseffekt der betrachteten nationalen Systeme	8
Abbildung 2.7	BIM-basierte THG-/Ökobilanz in Projektphasen	9
Abbildung 2.8	Praxistest: IFC -> One Click LCA	9
Abbildung 2.9	Prozessschritte für eine BIM-basierte Ökobilanz	10
Abbildung 2.11	Gebäude für den Praxistest zur Modellierung der Ökobilanz aus BIM-Daten	12
Abbildung 2.12	BLB THINK: THG-Emissionen nach Lebenszyklusphasen und Strukturen	13
Abbildung 2.13	BLB THINK: THG-Emissionen nach Bauprodukten (Angaben in t CO ₂ e)	14
Abbildung 2.14	BLB THINK: Szenarien für 50 Jahre Nutzungszeit	15
Abbildung 2.15	BLB Incyte: THG-Emissionen nach Bauprodukten	18
Abbildung 2.16	BLB Incyte: „Graue Energie“ nach Bauprodukten	18
Abbildung 2.17	Ökobilanz: Baumaterialien vs. Betrieb	19
Abbildung 2.18	Kreisarchiv Viersen: THG-Emissionen nach Bauprodukten	20
Abbildung 2.19	Kreisarchiv Viersen: Weitere Details zu den THG-Emissionen	21
Abbildung 2.20	Kreisarchiv Viersen: THG-Emissionen nach Lebenszyklusphasen und Strukturen	21
Abbildung 2.21	CO ₂ e-Benchmarking der drei Gebäude im Vergleich zu 205 Bürogebäuden in Westeuropa (Q3/2021)	22
Abbildung 2.22	Hauptanforderungen an eine IFC-Datei für eine erfolgreiche LCA-Erstellung	23
Abbildung 2.23	LCA-Erstellung beginnt mit Projektanfang	24
Abbildung 2.24	Integration des LCA-IFC-Workflows in die Projektplanung	24
Abbildung 2.25	LCA-Erstellung im späteren Projektverlauf	25
Abbildung 2.26	Checkliste zur Überprüfung der IFC und Vorbereitung auf eine LCA-Erstellung	25
Abbildung 2.27	Einschränkungen der untersuchten IFC-Klassen nach Schweregrad und Ursache	26
Abbildung 2.27	Einschränkungen der untersuchten IFC-Klassen nach Schweregrad und Ursache	27

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.1	Arbeitspakete im Projekt MobiDik (Projektleitung jeweils fettgedruckt)	2
Tabelle 2.1	Grenzwerte für „graue Emission“ von Treibhausgasen in Frankreich (RE 2020)	8
Tabelle 2.3	Einwohnerdurchschnittswerte (EDW) für die Wirkungskategorien der Ökobilanz	12
Tabelle 2.5	Ökobilanz der Baumaterialien für das Projekt THINK (A1-A4, B1-B5, C1-C4)	15
Tabelle 2.5	Ergebnis der Energie- und THG-Bilanz aus dem ArchiCAD-Modell für INCYTE (Lebenswegabschnitte A1-A3)	17
Tabelle 2.6	Ökobilanz der Baumaterialien für das Projekt Kreisarchiv Viersen (A1-A4, B1-B5, C1-C4)	22

1 Zusammenfassung der Ergebnisse

1.1 Aufgabenstellung

Das Verbundprojekt MobiDik wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms gefördert, die Laufzeit war von Mai 2020 bis August 2023. Ziel des Verbundprojekts *MobiDik – Entwicklung einer Mobilen und Digital vernetzten Lernfabrik im Handwerk 4.0. (MobiDik)* ist die Realisierung energieoptimierter, klimaneutraler Gebäude entlang des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes, sowie die eigentlich zusammenhängende Wertschöpfungskette von der Planung über die Herstellung, den Bau und Betrieb, die Instandhaltung und Modernisierung bis hin zum Recycling. Die mobile Lernfabrik stellt den Planern, Handwerkern und sonstigen Lieferanten und Dienstleistern für ihre jeweiligen Tätigkeiten die modernsten, digitalen Geräte und Werkzeuge zur Erprobung und Schulung zur Verfügung, während entsprechend geschulte Instrukturen und Coaches den Lern-, Gestaltungs- und Akzeptanzprozess aktiv begleiten.

Die Forschungspartner IGA-Ingenieurgesellschaft für Automatisierung und Rationalisierung mbH, mpool Consulting GmbH, NUCE Consulting GmbH, RIF Institut für Forschung und Transfer e.V. und das ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH unterstützen die Praxispartner Bau- und Liegenschaftsbetriebe (BLB) NRW und die Kreishandwerkerschaft Dortmund und Lünen in konkreten Projekten: beim BLB der Neubau der Forschungsgebäude THINK der Ruhr-Universität Bochum und INCYTE der Universität Siegen, beim Kreis Viersen der Neubau des Kreisarchivs Viersen.



Abbildung 1.1 Struktur des Forschungsvorhabens MobiDik

1.2 Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Arbeitspaket 9, welches das ifeu leitet, teilt sich in verschiedene Projektphasen auf und verfolgt das Ziel der Erforschung und Entwicklung einer phasenübergreifenden, ganzheitlichen Gebäudebilanzierung, bezogen auf die Faktoren Energieeinsatz, Treibhausgasemissionen und Ressourcenverbrauch. Da der Fokus obiger Arbeitsergebnisse auf die Zielsetzung der Energie- und Ressourceneffizienz von Gebäuden zielt und bis dato nur unzureichendes

Wissen darüber vorliegt, in welchen Phasen der Objektentstehung und der damit verbundenen Wertschöpfungsprozessen die erzielten Effekte erreichbar und/ oder messbar gemacht werden können, werden die nachfolgend beschriebenen Projektphasen parallel zu den oben beschriebenen Arbeitspaketen durchgeführt sowie in enger Abstimmung mit den jeweiligen Projektpartnern getestet und optimiert.



Praxispartner



Kreishandwerkerschaft
Dortmund und Lünen



Abbildung 1.2 Verbundpartner

Tabelle 1.1 Arbeitspakete im Projekt MobiDik (Projektleitung jeweils fettgedruckt)

AP	Bearbeitung	Beschreibung
0	IGA	Projektmanagement und Transfer
1	IGA , mpool, RIF, NUCE	Ganzheitliche System-, Anwendungs- und Umfeldanalyse, Anwenderorientierte Konzeptentwicklung sowie Systembeschreibung
2	IGA , mpool, RIF, NUCE	Modellierung und technische Konzeptentwicklung
3	NUCE , IGA, RIF, mpool	Entwicklung von Software-Modulen und Software-Schnittstellen sowie Systemintegration
4	RIF , IGA, NUCE	Entwicklung und Integration der mobilen, digitalen Lernfabrik zu einem System
5	mpool , IGA, RIF, NUCE	Entwicklung modularer, multimedialer Lernmodule für die BIM-Technologie-Plattform und das Handwerk 4.0
6	IGA , RIF, mpool, NUCE	Realisierung und Systemintegration der mobilen, digitalen Lernfabrik im Handwerk 4.0
7	IGA , RIF, mpool, NUCE	Test und Optimierungsphase I-II
8	Circular Building , IGA	Gesetze, Normen, Richtlinien und Anforderungen BIM, Energieoptimiertes Bauen und Kreislaufwirtschaft
9	ifeu	Energie- und Ressourceneffizienz
10	RIF , IGA, mpool, NUCE	Kommunikation und Transfer

1.3 Ergebnisse

Im Teilprojekt wurde eine Methode zur Energie- und Ressourcenmodellierung in MobiDik erforscht und entwickelt. Im ersten Schritt wurden Anforderungen aus den gesetzlichen Regelungen analysiert. In der zweiten Projektphase wurde eine BIM-Schnittstelle für Datenübertragung und den Datenabgleich zum Energie- und Ressourcenverbrauch erforscht und entwickelt. Im Ergebnis wurden die aufbereiteten Daten zum Energie- und Ressourcenverbrauch im Bau, in der Nutzungsphase und im Recycling nach Rückbau zusammengestellt.

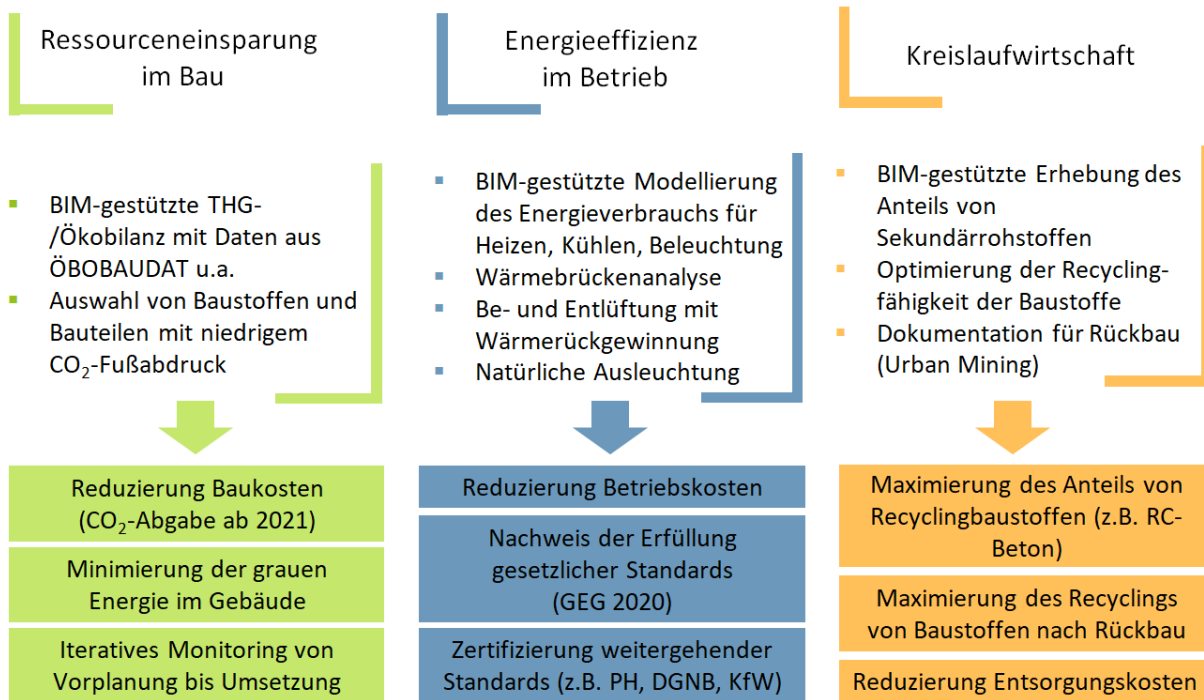


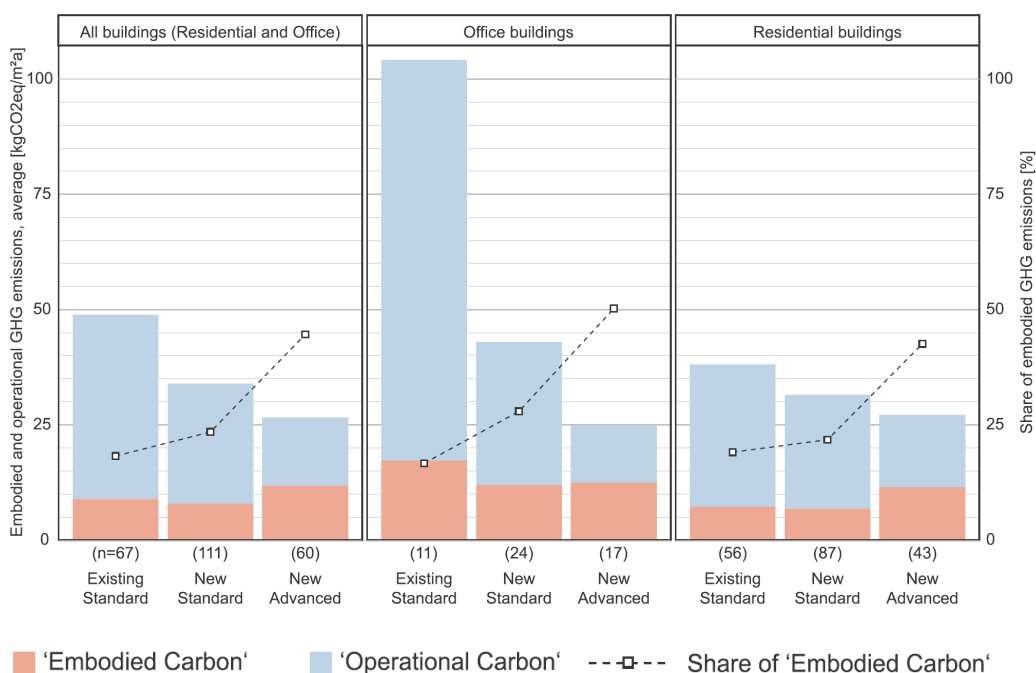
Abbildung 1.3 Ziele der Energie- und Ressourcenmodellierung im Projekt MobiDik (Arbeitspaket 9)

Aufbauend auf obige Projektphasen erfolgte die Durchführung von Berechnungen für die Pilotprojekte, so dass diese im F&E-Team interdisziplinär ausgewertet und Prozesse optimiert werden konnten. Im Ergebnis wurden Vorschläge zur Optimierung der Methoden und erarbeitet.

2 Spezifische Ergebnisse

2.1 THG-Emissionen von Gebäuden (Bau und Betrieb)

Der Energiebedarf eines Gebäudes setzt sich vereinfacht zusammen aus der notwendigen Energie, das Gebäude zu errichten (graue Energie) sowie es zu betreiben (Betriebsenergie). Die Betriebsenergie ist in diesem Zusammenhang der Energiebedarf von Geräten und Anlagen im Gebäude, also i.d.R. für Heizung, Warmwasser sowie Hilfs- und Nutzerstrom. Als *graue Energie* wird im allgemeinen Sprachgebrauch die Primärenergie bezeichnet, welche für die Herstellung, den Transport, die Lagerung, den Verkauf und die Entsorgung eines Produktes benötigt wird; *graue Emissionen* sind die daraus resultierenden Emissionen von Treibhausgasen. Speziell auf das Bauwesen bezogen versteht man unter grauer Energie diejenige „zum Gewinnen von Materialien, zum Herstellen und Verarbeiten von Bauteilen, zum Transport von Menschen, Maschinen, Bauteilen und Materialien zur Baustelle, zum Einbau von Bauteilen im Gebäude sowie zur Entsorgung“. Dies bezieht neben der Neuerrichtung auch die Instandhaltung (inkl. Ersatzteilversorgung), Modernisierung, den Umbau sowie Rückbau des Gebäudes während seiner Lebenszeit mit ein. In einer Analyse auf Basis von 656 Fallstudien ermittelten Röck et al. [2020] die in Abbildung 2.1 dargestellten Mittelwerte. Der mittlere Anteil der grauen Emissionen (embodied carbon) im Vergleich zu den gesamten Emissionen über den Lebenszyklus eines neuen und energieeffizienten Gebäudes (new advanced) liegt bei Bürogebäuden bei ca. 50 %, bei Wohngebäuden bei ca. 42 %.



Quelle: Röck et al. [2020]

Abbildung 2.1 THG-Emissionen im Lebenszyklus von Gebäuden

Graue Energie wird bei Gebäuden i.d.R. in Megajoule bzw. Kilowattstunde pro Quadratmeter (MJ/m^2 bzw. kWh/m^2) angegeben. Die Treibhausgasemissionen, welche durch den Bedarf an grauer Energie und deren Bereitstellung entstehen, werden auch *graue Emissionen* genannt. Eine gesetzlich festgelegte Definition für die beiden Begriffe existiert jedoch nicht. Die Einheit dieser Treibhausgasemissionen ist üblicherweise Masse der CO_2 -Äquivalente pro Quadratmeter ($\text{kg CO}_2\text{eq}/\text{m}^2$). Flächenabgaben beziehen sich in der Regel auf die Nettogrundfläche (NGF). Wenn die Gesamtemissionen einschließlich der Nutzungsphase angegeben werden, sind die Einheiten $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ und $\text{kg CO}_2\text{eq}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ üblich, wobei *graue Emissionen* über die Nutzungszeit (meist 50 Jahre) abgeschrieben werden. In dem Fall sind auch die Emissionen durch Wartung und Instandhaltung zu betrachten.

Im Gegensatz zu betriebsbedingten Treibhausgasemissionen, die geschätzt werden, kontinuierlich anfallen und im Laufe der gesamten Lebensdauer eines Gebäudes reduziert werden können, sind die grauen Emissionen durch den Bau eines Gebäudes nahezu festgesetzt. Daher ist die Erfassung dieses verkörperten, grauen Anteils von entscheidender Bedeutung für eine nachhaltige Bauwirtschaft. Den Lebenszyklus eines Gebäudes und die Möglichkeiten zur Verbesserung der Ökobilanz zeigt Abbildung 2.2.



Abbildung 2.2 Lebenszyklus eines Gebäudes und Möglichkeiten zur Verbesserung der Ökobilanz

Die normierten Phasen und Module im Lebenszyklus eines Gebäudes sind in der DIN EN 15978 (Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden - Berechnungsmethode) festgelegt und in Abbildung 2.3 dargestellt.

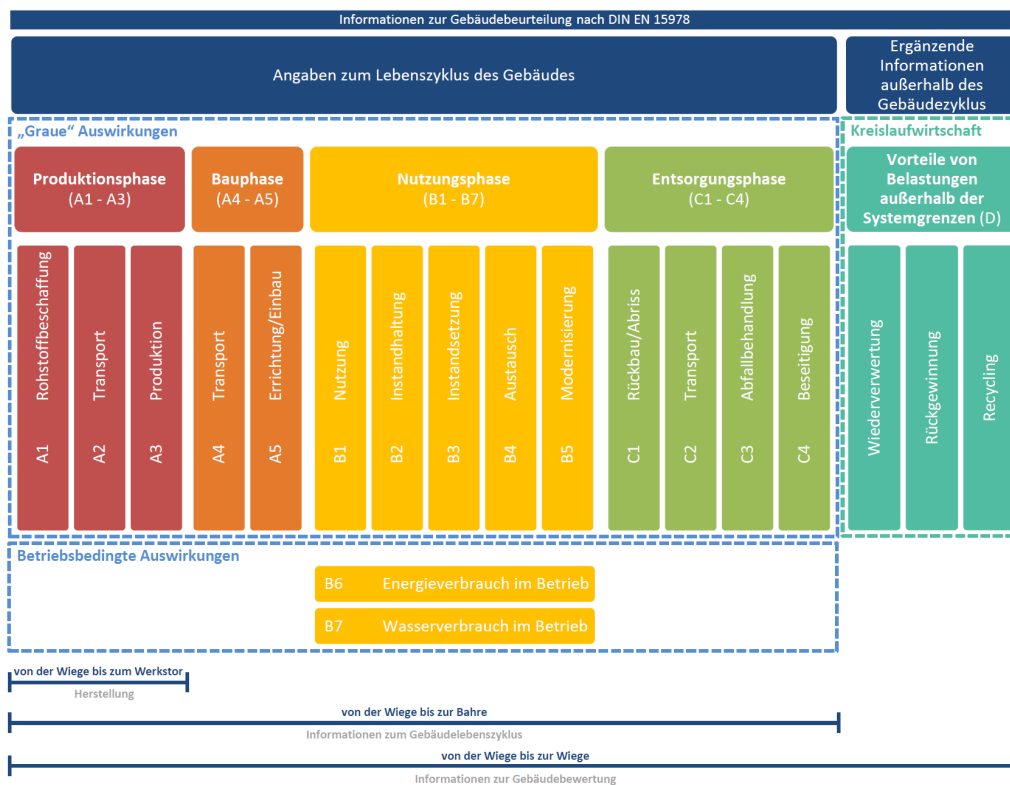


Abbildung 2.3 Normierte Phasen und Module eines Lebenszyklus eines Gebäudes

Ein wichtige Hilfe für die Ökobilanzierung von Bauwerken stellt die Plattform ÖKOBAUDAT des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) dar. Im Zentrum der Plattform steht die Online-Datenbank mit Ökobilanz-Datensätzen zu Baumaterialien, Bau-, Transport-, Energie- und Entsorgungsprozessen. Die Daten unterliegen strengen Qualitätsmerkmalen und können in den unterschiedlichen Gebäudebewertungssystemen eingesetzt werden. Das Datenbanksystem erlaubt über die Such- und Filterfunktionen eine nutzerfreundliche Online-Recherche der Datensätze. In der laufend aktualisierten ÖKOBAUDAT (aktuelle Version 2021-II vom 25.06.2021) werden Datensätze für die relevanten Bauprodukte konform zur DIN EN 15804 bereitgestellt.

Die ÖKOBAUDAT bietet sowohl generische Datensätze als auch firmen- oder verbandsspezifische Datensätze aus Umweltproduktdeklarationen an. Die EPD-Datensätze der ÖKOBAUDAT erfüllen über die EN 15804 hinausgehende Anforderungen („Grundsätze zur Aufnahme von Ökobilanzdaten in die ÖKOBAUDAT“).

Schwerpunkt der Bilanzierung im Projekt MobiDik sind die Lebenswegabschnitte Herstellung (A1-A3), Transport (A4-A5) und Entsorgung (C1-C4). In EN 15804 sind insgesamt 24 Indikatoren für die Umweltdeklaration von Bauprodukten formuliert:

- 7 Indikatoren im Sinne der klassischen Ökobilanz
- 10 Indikatoren mit Bezug zum Ressourcenverbrauch
- Indikatoren zu Abfällen
- Indikatoren Stoff- und Energieflüssen im Output

Im Praxistest wurde das globale Treibhausgaspotenzial als wichtigster Indikator in den Vordergrund gestellt. Daten zu den anderen Indikatoren können ebenfalls ausgewiesen werden.

Herstellungsphase			Errichtungsphase		Nutzungsphase					Entsorgungsphase				Vorteile und Belastungen außerhalb der Systemgrenze	
Rohstoffbereitstellung	Transport	Herstellung	Transport	Bau/Einbau	Nutzung	Instandhaltung	Reparatur	Ersatz	Umbau/Erneuerung	Abbruch	Transport	Abfallbewirtschaftung	Deponierung		
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3		C4
						B6	Betriebl. Energieeinsatz								
						B7	Betriebl. Wassereinsatz								

Abbildung 2.4 Lebenszyklusabschnitte in der Umweltdeklaration von Bauprodukten nach DIN EN 15804

Indikatoren Umweltwirkung	
Globales Treibhauspotenzial (GWP)	Abbaupotenzial der stratosphärischen Ozonschicht (ODP); Versauerungspotenzial (AP); Eutrophierungspotenzial (EP); Potenzial zur Bildung für troposphärisches Ozon (POPC); Potenzial für den abiotischen Ressourcenabbau - Elemente für nicht-fossile Ressourcen (ADP Stoffe); Potenzial für den abiotischen Ressourcenabbau - fossile Brennstoffe (ADP fossile Energieträger)
Indikatoren Ressourceneinsatz	
Einsatz erneuerbarer Primärenergie ohne die als Rohstoff verwendeten erneuerbaren Energieträger (PERE); Einsatz der als Rohstoff verwendeten erneuerbaren Primärenergieträger (stoffliche Nutzung) (PERM); Gesamteinsatz erneuerbarer Primärenergie (PERT); Einsatz nicht erneuerbarer Primärenergieträger ohne die als Rohstoff verwendeten nicht erneuerbaren Primärenergieträger (PENRE); Einsatz der als Rohstoff verwendeten nicht erneuerbaren Primärenergieträger (stoffliche Nutzung) (PENRM); Gesamteinsatz nicht erneuerbarer Primärenergie (PENRT); Einsatz von Sekundärstoffen (SM); Einsatz von erneuerbaren Sekundärbrennstoffen (RSF); Einsatz von nicht erneuerbaren Sekundärbrennstoffen (NRSF); Einsatz von Süßwasserressourcen (FW)	
Indikatoren anfallende Abfälle	
Gefährliche Abfälle zur Deponierung (HWD); Entsorgung nicht gefährlicher Abfall (NHWD); Entsorgung radioaktiver Abfall (RWD)	
Indikatoren Output Stoff- und Energieflüsse	
Komponenten für die Weiterverwendung (CRU); Stoffe zum Recycling (MFR); Stoffe für die Energierückgewinnung (MER); Exportierte Energie (EE + Medium)	

Abbildung 2.5 Indikatoren zur Umweltdeklaration von Bauprodukten nach DIN EN 15804

2.2 Gesetzliche Regelungen zu „grauen THG-Emissionen“ von Gebäuden

Die Zahl der nationalen Vorschriften und freiwilligen Zertifizierungssysteme, die Kohlenstoff in den Bauprodukten und Gebäuden betreffen, ist in den letzten Jahren in Europa schnell

gewachsen. In einer Übersichtsarbeit [One Click LCA 2022] wurden Richtlinien, Vorschriften und freiwillige Zertifizierungssysteme in allen Ländern der Europäischen Union, Norwegen, Island, der Schweiz und dem Vereinigten Königreich sowie Anforderungen wie EU-Taxonomie und EPBD verglichen (Abbildung 2.9). Als die drei führenden Methoden wurden die dänischen und finnischen Regulierungsmethoden und der London Plan/ Part Z aus dem Vereinigten Königreich identifiziert, die nach Einschätzung der Autoren eine ausgewogene Mischung aus Best Practices, Offenheit und Wirksamkeit der Dekarbonisierung darstellen. Demgegenüber zeichnen sich die niederländischen und französischen Vorschriften mit der höchsten Dekarbonisierungswirkung aller untersuchten Vorschriften aus. In Deutschland gibt es bislang keine gesetzlichen Systeme, jedoch liegt dort mit der ÖKOBAUDAT eine nahezu vollständige Datenbank für die Ökobilanz von Bauprodukten vor.

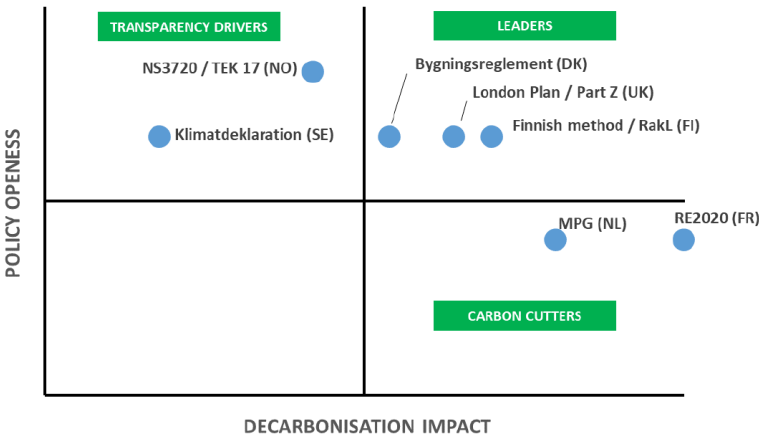


Abbildung 2.6 Dekarbonisierungseffekt der betrachteten nationalen Systeme

In Frankreich trat im Juli 2021 die neue Umweltverordnung für Neubauten [RE 2020] in Kraft. Darin sind europaweit erstmalig Mindestanforderungen für die „grauen CO₂e-Emissionen“ für Gebäude festgelegt worden. Es ist möglich, dass in Zukunft auch das deutsche Gebäudeenergiegesetz Anforderungen zu „grauen CO₂e-Emissionen“ enthalten wird.

Tabelle 2.1 Grenzwerte für „graue Emission“ von Treibhausgasen in Frankreich (RE 2020)

Grenzwerte für „graue Emissionen“ in der RE 2020 (Mittelwerte der acht geographischen Regionen Frankreichs)				
Gebäude	Grenzwert für „graue Emission“ des Gebäudes in kg CO ₂ e/m ²			
	2022-2024	2024-2027	2028-2030	Ab 2031
Einfamilienhaus/Reihenhaus	640	530	475	415
Mehrfamilienhaus	740	650	580	490
Sonstige Gebäude	in Vorbereitung			

2.3 BIM-basierte Ökobilanz von Bauprojekten

Die BIM-Methode und das IFC-Datenformat bieten ein großes Potenzial, die Erstellung von Gebäudeökobilanzen deutlich effizienter zu gestalten. Indem die für die Berechnung notwendigen Informationen früher, strukturierter und einfacher zugänglich sind, ist im Prinzip

eine nahezu voll automatisierte Gebäudeökobilanz möglich. Dabei werden Ökobilanzdaten innerhalb der digitalen Gebäudemodelle abrufbar sein müssten. Eine frühzeitige Bilanz bereits in den Konzept- und Designphasen ist angeraten, um Optimierungspotenziale zu erkennen und durch Änderungen in der Planung umzusetzen. Die grundsätzlichen Arbeitsschritte sind in Abbildung 2.7 dargestellt.

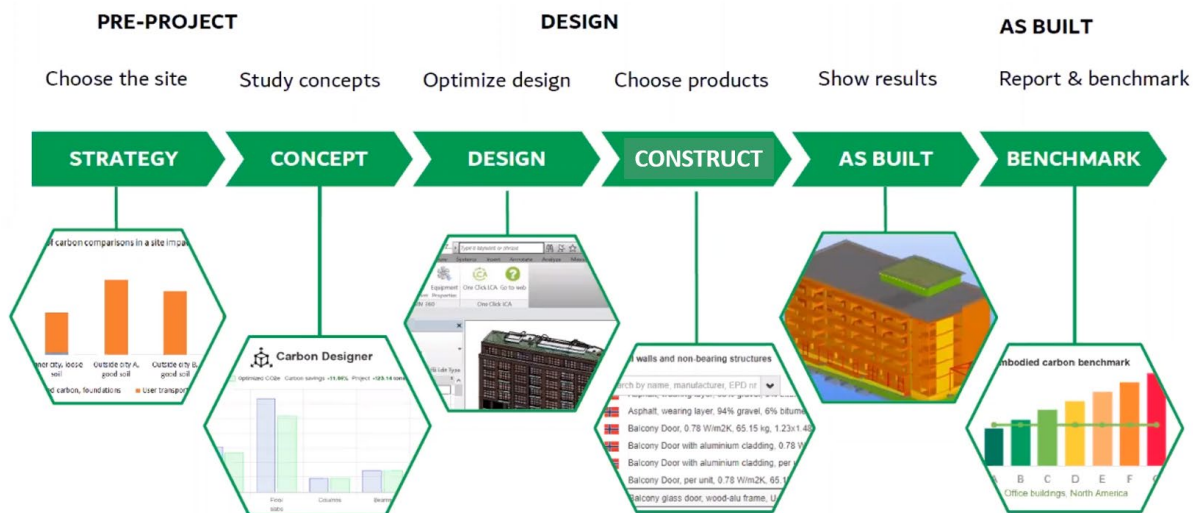


Abbildung 2.7 BIM-basierte THG-/Ökobilanz in Projektphasen

Für den Praxistest im Projekt MobiDik wurde die IFC-Schnittstelle (IFC2x3 bzw. IFC4) genutzt. Dabei wurden die Daten mit dem openBIM-Tool Simplebim geladen und über Plug-in in das webbasierte Modell One Click LCA importiert (siehe Abbildung 2.8). Eine simplifizierte Darstellung des Vorgehens zeigt Abbildung 2.9.

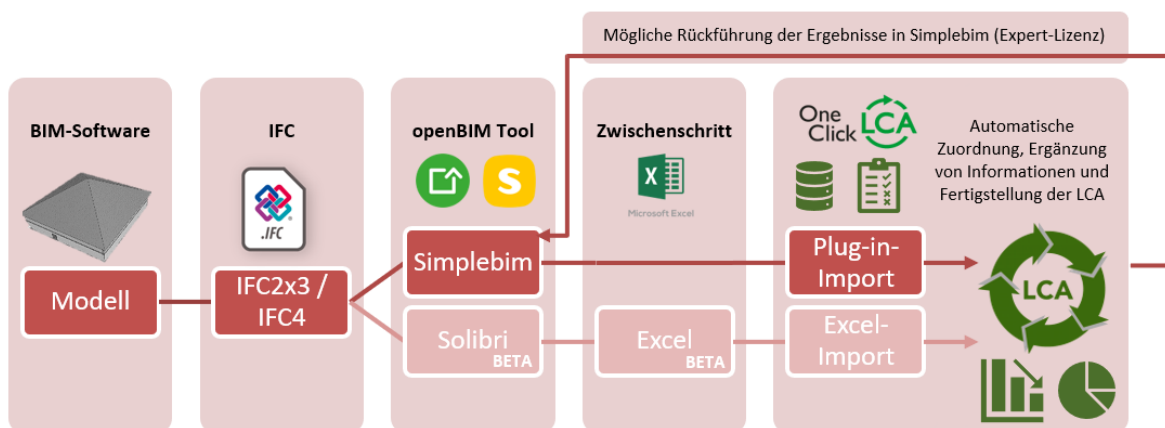


Abbildung 2.8 Praxistest: IFC -> One Click LCA

Bei dem von One Click LCA Ltd. aus Finnland vermarkteten Tool One Click LCA¹ handelt es sich um eine cloudbasierte Web-Lösung, welche im Rahmen des Forschungs- und Innovationsprogramms Horizon 2020 der Europäischen Union seit 2016 für zwei Jahre gefördert

¹ <https://www.oneclicklca.com/>

wurde. Der Anspruch des Projekts war, einen Wandel in der Bauindustrie durch automatisierte, erschwingliche und skalierbare Lösungen zur Bewertung und Verbesserung der Umweltauswirkungen von Bauprojekten und -produkten zu erreichen (Cordis 2018).

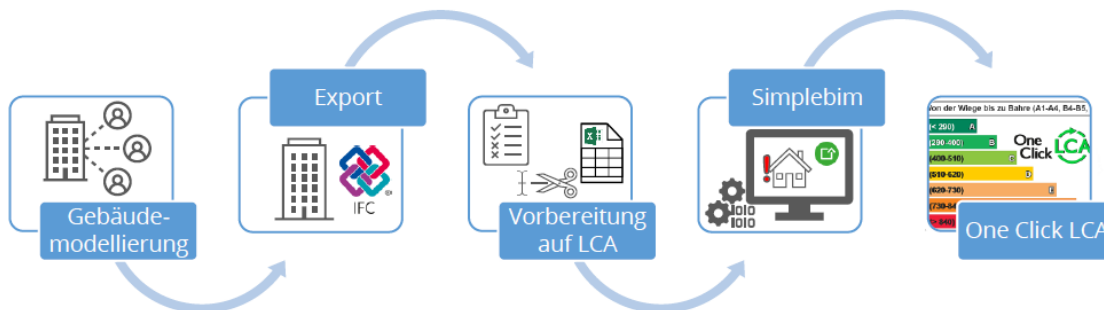


Abbildung 2.9 Prozessschritte für eine BIM-basierte Ökobilanz

Aus dem Projekt entstand schließlich ein marktreifes Produkt. One Click LCA wirbt damit, dass es sich um ein Tool handelt, mit welchem Lebenszyklusanalysen und -kosten, das Materialkreislaufpotenzial und weitere Umweltauswirkungen dank einer anwenderfreundlichen Automatisierung der Mengen- und Materialerfassung innerhalb weniger Minuten durchgeführt und berechnet werden können. Für den Gebäudesektor bietet das Tool fertige Vorlagen für über 20 Zertifizierungssysteme einschließlich BREEAM, LEED und DGNB an. Dazu berücksichtigt das Tool eine Vielzahl von LCA-relevanten Datenbanken auf der ganzen Welt. Bezogen auf Europa, liegen zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit insgesamt 33 europäische Datenbanken vor, davon 4 Datenbanken aus Deutschland (ÖkobaDat (inkl. generischer Datensätze, IBU, Kiwa BCS, ift Rosenheim).

Das LCA-Tool ist mit dem Anspruch entwickelt worden, theoretisch in jeder Leistungsphase und damit bei jedem Detaillierungsgrad des Modells genutzt werden zu können. In sehr frühen Phasen eines Projekts liegen häufig nicht genügend Daten für eine LCA vor. Dies löst das Tool durch ein Ausweichen auf die beiden Bezugsgrößen Stückzahl (Unit) und Fläche, statt Materialmassen aus dem Volumen zu ermitteln. Beispielsweise werden dafür Wände in das Web-Tool importiert, dort die Fläche als Bezugsgröße ausgewählt und anschließend die hinterlegten Komplett-Standardaufbauten („Constructions“) von Wänden anstatt von einem einzelnen Material zugeordnet. Ebenso können benutzerdefinierte Konstruktionen erstellt und in diesem Stadium zugewiesen werden. Die aus der Gebäudeplanung benötigten Bauteilinformationen kann das Tool automatisiert aus Berichten, beispielsweise in Form einer Microsoft Excel- oder gbXML-Datei, extrahieren. Außerdem existiert die Möglichkeit, die Informationen an das LCA-Tool über verschiedene BIM-Softwares zu senden. Dazu wird entweder die Funktion als Plug-in in der BIM-Software integriert (wie z.B. bei Autodesk Revit) oder ein Zwischenschritt mit IFC- oder Excel-Dateien eingebaut.

2.4 Ökobilanz

Mithilfe von Ökobilanzen ist es möglich, komplexe Stoffströme zu erfassen, die potenziell verursachten Umweltbeeinflussungen abzubilden und auf diese Weise eine Aussage über die Umweltrelevanz des Untersuchungsgegenstandes über den gesamten Lebensweg zu erhalten. Nicht nur Produkte, sondern auch Verfahren, Dienstleistungen und Verhaltensweisen können Gegenstand der Untersuchungen sein. Dabei werden die Ergebnisse der Sachbilanz in Wirkungskategorien zusammengefasst. Im Praxistest wurden Daten zu den o.g. Wirkungskategorien gewonnen.

Treibhausgase (t CO₂-Äquivalente)

Das Schutzziel der Wirkungskategorie Klimawandel ist die Vermeidung vielfältiger Folgewirkungen aufgrund der globalen Erwärmung. Der Wirkungskategorie-Indikator ist das Treibhauspotenzial GWP100 kg CO₂e gemäß IPCC (2013).

Terrestrische Eutrophierung (t PO₄-Äquivalente)

Schutzziel der Wirkungskategorie Eutrophierung und Sauerstoffzehrung ist die Aufrechterhaltung des standortangepassten aeroben Zustands in Gewässern und der standortangepassten Nährstoffsituation in terrestrischen Ökosystemen. Betrachtet wird das Eutrophierungspotenzial. Berücksichtigt werden Emissionen von Stickstoffverbindungen in die Luft.

Versauerung (t SO₂-Äquivalente)

Das Schutzziel der Wirkungskategorie Versauerung ist als die Verhinderung der fortschreitenden Versauerung von terrestrischen und aquatischen Ökosystemen definiert. Betrachtet wird das maximale Versauerungspotenzial; dabei werden Emissionen in Luft, Wasser und Boden berücksichtigt.

Sommersmog (t Ethen-Äquivalente)

Schutzziel der Wirkungskategorie Photochemische Oxidantienbildung/ Sommersmog ist die Vermeidung vielfältiger Folgewirkungen durch Bildung von Photooxidantien. Als Hauptverursacher gelten leichtflüchtige organische Verbindungen (VOC), die den durch Stickstoffoxide bedingten Zyklus von Bildung und Abbau bodennahen Ozons unterbrechen.

Stratosphärischer Ozonabbau (kg CFC11-Äquivalente)

In der Wirkungskategorie Stratosphärischer Ozonabbau ist das Schutzziel als die Vermeidung vielfältiger Folgewirkungen aufgrund abnehmender Ozonkonzentration in der Stratosphäre definiert.

Kumulierter erneuerbarer und nicht erneuerbarer Energieaufwand (MJ)

Bei der Ressourcenbeanspruchung werden Energierohstoffe als Inputressourcen zusammengefasst.

Abiotischer Ressourcenverbrauch (g Antimon Äquivalente)

Das Charakterisierungsmodell basiert auf Reserven und der Rate der Entakkumulation, wobei der Indikator die Erschöpfung der endgültigen Reserve im Verhältnis zur jährlichen Nutzung ausdrückt. Nichtenergetische werden im Vergleich zu Ressource Antimon bewertet.

Wasserverbrauch (m³)

Das definierte Schutzziel der Wirkungskategorie Wasserverbrauch ist eine geringe Wasserbeanspruchung im Sinne der Süßwasserbeanspruchung (volumetrisch-quantitativ) unter dem Aspekt vielfältiger ökologischer Wirkungen aufgrund von Wasserverknappung.

Für die Bewertung wurden die Einwohnerdurchschnittswerte für die Wirkungskategorien erhoben, d.h. die jährlich auf einen Einwohner Deutschlands statistisch entfallenden Umweltwirkungen. Die Daten sind Tabelle 2.3 zu entnehmen.

Tabelle 2.2 Einwohnerdurchschnittswerte (EDW) für die Wirkungskategorien der Ökobilanz

Wirkungskategorie	Einheit	EDW	Bezugsjahr
Treibhausgase	t CO ₂ -e	9,2	2021
Ozonschichtabbaupotenzial	kg CFC11-e	0,0031	2012
Versauerungspotenzial	t SO ₂ -e	0,0322	2012
Überdüngungspotenzial	t PO ₄ -e	0,0052	2012
Ozonbildungspotenzial	t Ethen-e	0,015	2012
Abiotischer Ressourcenverbrauch (stofflich)	kg Sb-e	k.A.	
Erneuerbare Primärenergie	TJ	0,020	2012
Nichterneuerbarer Primärenergiebedarf	TJ	0,142	2012
Wasserverbrauch	m ³	61	2012

2.5 Praxistests

Für die Modellierung wurden in Zusammenarbeit mit den Praxispartnern des Verbundprojekts drei Vorhaben bilanziert:

Praxispartner: Bau- und Liegenschaftsbetriebe des Landes Nordrhein-Westfalen (BLB)

- Zentrum für Theoretische und Integrative Neuro- und Kognitionswissenschaft (THINK) der Ruhr-Universität Bochum
- Interdisziplinäres Forschungszentrum für Nanoanalytik, Nanochemie und cyber-physische Sensortechnologien (INCYTE) der Universität Siegen

Praxispartner: Kreis Viersen

- Kreisarchiv des Kreises Viersen

Die Kenndaten zu den Vorhaben sind Abbildung 2.11 zu entnehmen.



THINK (Ruhr-Universität Bochum)

Bauherr: BLB
NGF: 9.119 m²
BIM-Software: REVIT
THG-Bilanz mit One Click LCA



INCYTE (Universität Siegen)

Bauherr: BLB
NGF: 9.888 m²
BIM-Software: ArchiCAD
THG-Bilanz mit ArchiCAD



Kreisarchiv Viersen

Bauherr: Kreis Viersen
NGF: 5.069 m²
BIM-Software: ArchiCAD
THG-Bilanz mit One Click LCA

Abbildung 2.10 Gebäude für den Praxistest zur Modellierung der Ökobilanz aus BIM-Daten

2.5.1 Praxistest THINK (BLB)

Zentrale Erkenntnisse des Praxistests für das Projekt THINK werden von [Patyna 2021] wie folgt beschrieben:

Das BIM-Modell wurde mit dem IFC2x3 Coordination View 2.0 als Basis-MVD exportiert. Komplexe Bauteile wurden hauptsächlich als Mono-Material-Elemente einer spezifischen Bauteilkategorie modelliert; somit handelt es sich um ein Modell der Bauweise 2. Es besteht aus über 12.000 Elementen, wovon nicht alle für die Ökobilanz benötigt werden. Dies betrifft Elemente wie Möbelobjekte oder Hilfsobjekte, die als Aussparungen dienen. Nach der Filterung mit dem originalen One-Click-LCA-Template werden ca. 8.500 Elemente als relevant gekennzeichnet. Die TGA ist nicht mit enthalten. [...]

In Simplebim konnte LCA-relevanten Bauteilen (23 Stück) kein Material zugeordnet werden, obwohl im Revit-Modell alle Materialien hinterlegt sind. Dies ist überwiegend darauf zurückzuführen, dass einige Bauteile in der IFC-Datei in keiner direkten Beziehung zu einem Material stehen, sondern das Material ausschließlich indirekt über seinen Bauteiltyp zugeordnet wird. Eine solche Zuordnung wird vom Plug-in nicht als zugehöriges Material erkannt. Begleitet wird dieses Phänomen vom Volumenübertragungsfehler, welcher bei Objekten ohne Material erscheint. Bei Wänden und Decken können allein dadurch ca. 740 m³ Bausubstanz nicht in das LCA-Tool mit übertragen werden. [...]

Hauptgrund für die Nicht-Erkennung des Materials bei diesem Modell ist die verwendete Namensgebungskonvention des Materials. Die Materialien, welche durch die Modellierer hinzugefügt wurden, beinhalten die Präfixe „ARC_“ oder „A_“ (z.B. A_Beton; ARC_Edelstahl, gebuerstet). Ein solches Vorgehen wird vom Mapping-Algorithmus nicht berücksichtigt und ist somit maschinell nicht lesbar. [...]

Ein weiteres Problem stellen die für eine LCA unzureichend präzise angegebenen Materialbezeichnungen dar. Bezeichnungen wie „Verkleidung“, „Bausubstanz“ oder „Dämmstoff“ geben zu wenig Auskunft sowohl für ein automatisches als auch für ein manuelles Material-Mapping.

Mit diesen Einschränkungen konnten die THG-Emissionen nach Lebenszyklusphasen und Strukturen ermittelt werden (Abbildung 2.12).

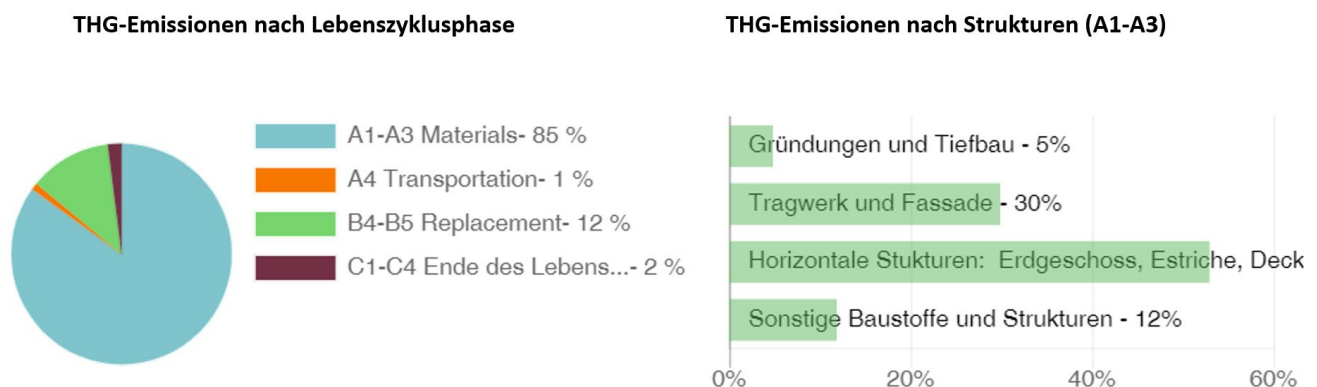


Abbildung 2.11 BLB THINK: THG-Emissionen nach Lebenszyklusphasen und Strukturen

Die gesamten THG-Emissionen für die bilanzierten Bauprodukte betragen 6.600 t CO₂e (Abbildung 2.13). Davon entfallen 62 % auf Beton und 17 % auf Metall. Hier liegt erfahrungsgemäß das größte Optimierungspotenzial.

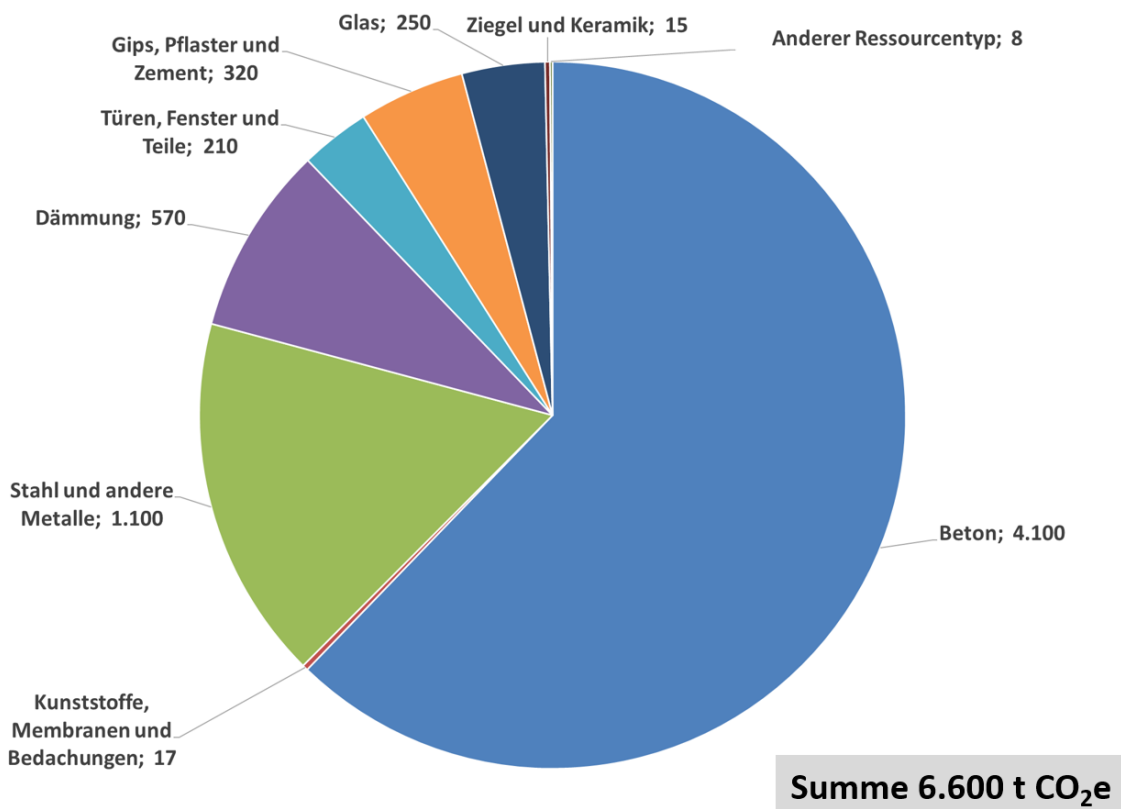


Abbildung 2.12 BLB THINK: THG-Emissionen nach Bauprodukten (Angaben in t CO₂e)

Die Relevanz der THG-Emissionen in Bauprodukten im Vergleich zu den THG-Emissionen durch den Betrieb des Gebäudes über eine Nutzungszeit von 50 Jahren zeigt Abbildung 2.14. Dabei wurden folgende Szenarien verglichen:

- Fernwärme, Fernkühlung und elektrischer Strom wie im Referenzjahr 2020
- Lineare Absenkung der CO₂e-Emissionen durch Fernwärme, Fernkühlung und elektrischer Strom bis zum Jahr 2050
- Zusätzlich: Reduktion des Energieverbrauchs durch bessere Dämmung um 30 %
- Zusätzlich: Reduktion der „grauen Energie“ in Baumaterialien um 50 %

Die Berechnungen illustrieren, dass ein signifikanter Beitrag zur Senkung der THG-Emissionen über die Lebenszeit eines Gebäudes durch Optimierung der Baumaterialien möglich ist. Das ist aber nur dann der Fall, wenn gleichzeitig die Dekarbonisierung der Energieversorgung und die Optimierung des Energieverbrauchs des Gebäudes sichergestellt ist.

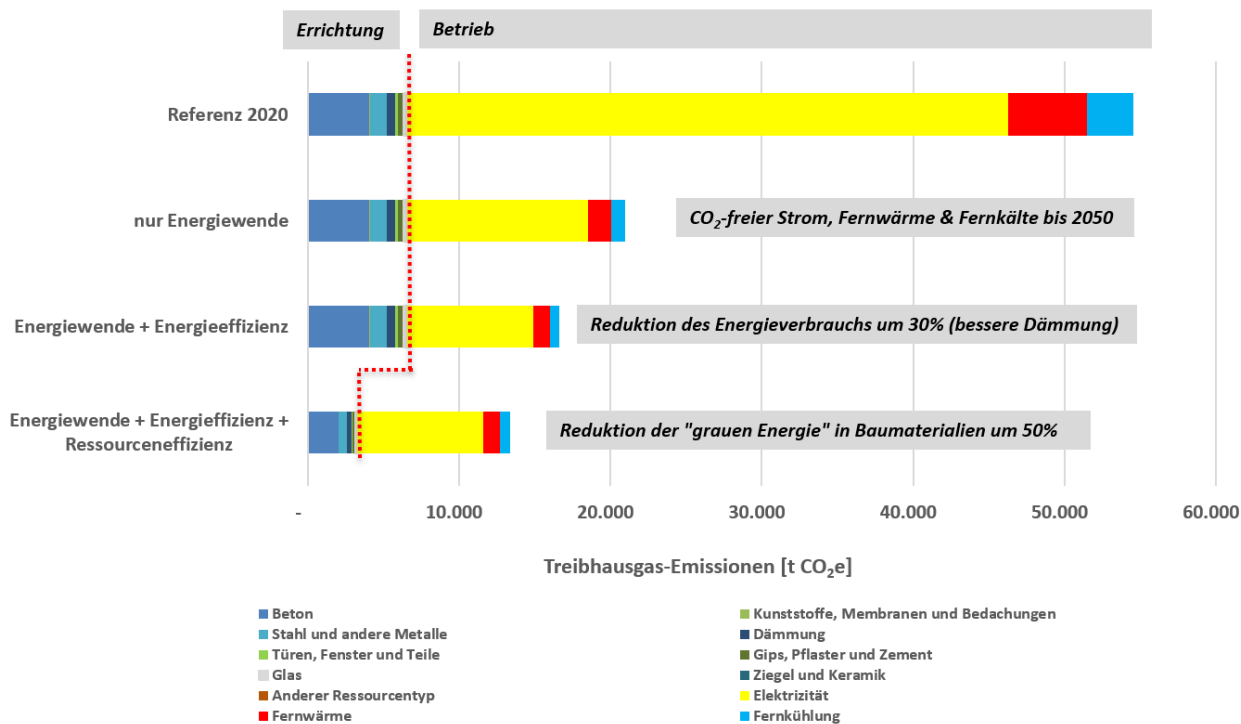


Abbildung 2.13 BLB THINK: Szenarien für 50 Jahre Nutzungszeit

Die Ergebnisse zur Ökobilanz der Baumaterialien sind Tabelle 2.4 zu entnehmen. Dabei liegen die in Einwohnerdurchschnittswerten (EDW) ausgewiesenen Wirkungen im Bereich von 93 bis 720 EDW, d.h. die durch die Baumaterialien verursachten Umweltwirkungen entsprechen denen, die von wenigen Hundert Menschen in einem Jahr verursacht werden. Nur beim Wasserverbrauch wurden 6.700 EDW errechnet.

Tabelle 2.3 Ökobilanz der Baumaterialien für das Projekt THINK (A1-A4, B1-B5, C1-C4)

Kategorie	Einheit	Wert	EDW
Treibhausgase	t CO ₂ -e	6.600	720
Ozonschichtabbaupotenzial	kg CFC11-e	0,29	93
Versauerungspotenzial	t SO ₂ -e	20	620
Überdüngungspotenzial	t PO ₄ -e	2,8	540
Ozonbildungspotenzial	t Ethen-e	2,9	190
Abiotischer Ressourcenverbrauch (stofflich)	kg Sb-e	40	k.A.
Erneuerbare Primärenergie	TJ	8,9	440
Nichterneuerbarer Primärenergiebedarf	TJ	62	440
Wasserverbrauch	m ³	410.000	6.700

2.5.2 Praxistest INCYTE (BLB)

Zentrale Erkenntnisse des Praxistests für das Projekt INCYTE werden von [Patyna 2021] wie folgt beschrieben:

Das vorliegende Gebäudemodell wurde vom Architektenbüro Kreisings Architektur mit der ArchiCAD-Version 24 erstellt und als IFC4 mit der Basis-MVD Design Transfer View exportiert. Komplexe Elemente wurden größtenteils in untergeordnete Teil-Elemente (IfcBuildingElementPart) aufgespalten (Bauweise 3). Es besteht aus über 18.000 Elementen inklusive der Möbel, Sonnenschutzelemente und weiterer Hilfsobjekte. Nach der Filterung mit dem originalen One-Click-LCA-Template werden ca. 15.500 Elemente als relevant gekennzeichnet. Die TGA ist nicht mit enthalten. (...) Die Plug-in-interne Modellprüfung zeigt an, dass 918 Elemente kein Material besitzen. Da die Sonnenschutzklasse IfcShadingDevice bisher nicht vom Workflow unterstützt wird, wird diese hierbei außen vor gelassen. Eine umfangreiche Stichprobe¹ führte zum Ergebnis, dass lediglich knapp 1/3 der Materialangaben im IFC-Modell tatsächlich nicht hinterlegt sind. Über 2/3 der fehlenden Materialien sind auf eine Zuordnung des Materials zu Entitäten der Klasse IfcMaterialConstituentSet in der IFC zurückzuführen. Obwohl das Gebäude in der Bauweise 3 modelliert bzw. exportiert wurde und jedes Element nur einem Material zugeordnet ist, wurden manche Einzelmateriale beim Export trotzdem Constituent Sets zugeordnet. Dadurch werden sie außerhalb der Plug-in-Ansicht in Simplebim zwar gelesen, in der Plug-in Ansicht sind sie jedoch nicht sichtbar und werden nicht in die Material-Liste übertragen.

Ein fundamentales Problem der Datei lag darin, dass unabhängig von der Gruppierungseinstellung die 400-Datenpunkte-Grenze überschritten wurde und somit zunächst keine Ökobilanz mit dem LCA-Tool möglich war. Der Grund dafür lag in zahlreichen (über 1000) kleinen Aluminium-Fassadenelementen der Klasse IfcCurtainWall, die einen Unit-Bezug hatten, da selbst nach einer entsprechenden Ergänzung im Template das Volumen durch Simplebim nicht berechnet werden konnte. Sie wurden nicht summiert, da als Name eine individuelle ID für jedes Element hinterlegt war. Nur Bauteile mit gleichem Namen werden im Falle eines Unit-Bezugs (Stückzahl) zusammengefasst. (...)

Für die gänzlich ausbleibende automatische Materialerkennung wurden folgende Gründe ermittelt, von welchen insbesondere die letzten beiden im weiteren Verlauf näher ausgeführt werden:

1. *Ein Großteil der Bauteilklassifizierung wird von One Click LCA ungenügend interpretiert (z.B. die Building Element Parts), was das automatische Mapping erschwert und mit ein Grund für fehlende Kostengruppen-Zuordnungen ist.*
2. *Die Materialnamen beinhalten nicht relevante Zusätze.*
3. *Einige Materialnamen sind nicht aussagekräftig genug.*

Eine automatisierte LCA mit One Click LCA war somit nicht möglich. Nach Anfrage wurde durch das Architekturbüro *kreisings architektur GmbH* eine weitere IFC-Datei mit angepasster Struktur zur Verfügung gestellt (in diesem Fall eine IFC4-Datei). Um jedoch eine schnelle und zuverlässige Ökobilanz zu erzielen, sollten solche Informationen in der Beschreibung des Bauteils untergebracht werden und die Materialspalte lediglich eine präzise Materialbezeichnung wie „Beton C25/30“ oder „Aluminiumprofil beschichtet“ beinhalten. Aus der IFC4-Datei nach Export aus ArchiCAD konnten Daten für 260 Materialien aus 24 Materialkategorien, allerdings nur für die Lebenswegabschnitte A1 bis A3 ermittelt werden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2.5 zusammengefasst.

Die gesamten THG-Emissionen für die bilanzierten Bauprodukte betragen 7.044 t CO₂e (Abbildung 2.15), die „graue Energie“ 81.4018 GJ (Abbildung 2.16). Dabei dominieren wie bei THINK Bauteile mit Beton und Metall, wenngleich eine stoffspezifische Zuordnung aufgrund inadäquater Beschreibung nicht möglich war.

Eine komplette Ökobilanz der Baumaterialien wie beim Projekt THINK war nicht möglich, da die dafür erforderlichen Daten im ArchiCAD-Modell nicht enthalten sind.

Tabelle 2.4 Ergebnis der Energie- und THG-Bilanz aus dem ArchiCAD-Modell für INCYTE (Lebenswegabschnitte A1-A3)

Übersetzung der IFC Klasse	Bauteilkategorie	Graue Energie [GJ]	THG-Potenzial [t CO ₂ e]
Wand (einschichtig)	Wall	2.922	286
Balken / Unterzug	Beam	1.781	150
Teil eines (komplexen) Bauelements	Building Element Part	58.575	4.817
Bauteil / Bauelement - beliebig	Building Element Proxy	196	11
Stütze / Pfeiler	Column	638	63
Bekleidung / Belag	Covering	2.624	212
Vorhangfassade	Curtain Wall	391	23
Türen	Door	0,3	0,04
Fundament / Flachgründung	Footing	1.004	104
Stab / Stabträger	Member	2	0.1
Platte / Paneel	Plate	5	0.3
Geländer	Railing	42	3
Rampe	Ramp	140	15
Dach	Roof	3.891	404
Decke / Dachfläche / Bodenplatte	Slab	9.208	957
Summe		81.418	7.044

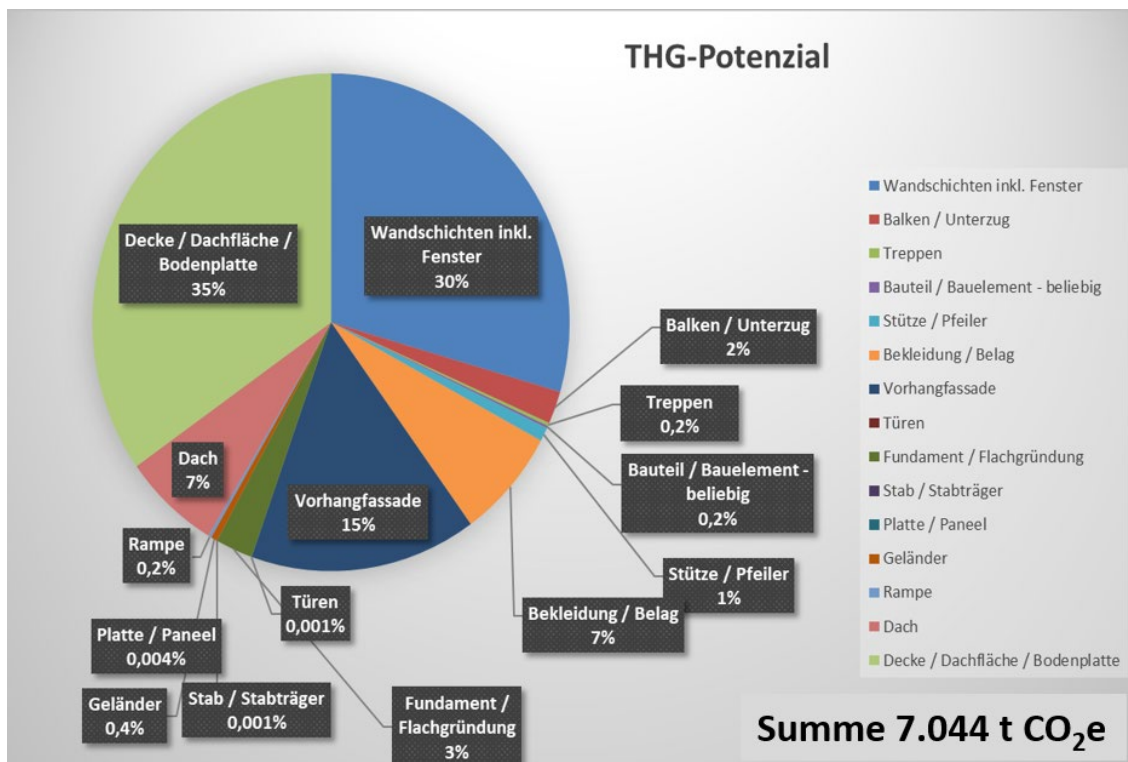


Abbildung 2.14 BLB Incyte: THG-Emissionen nach Bauprodukten

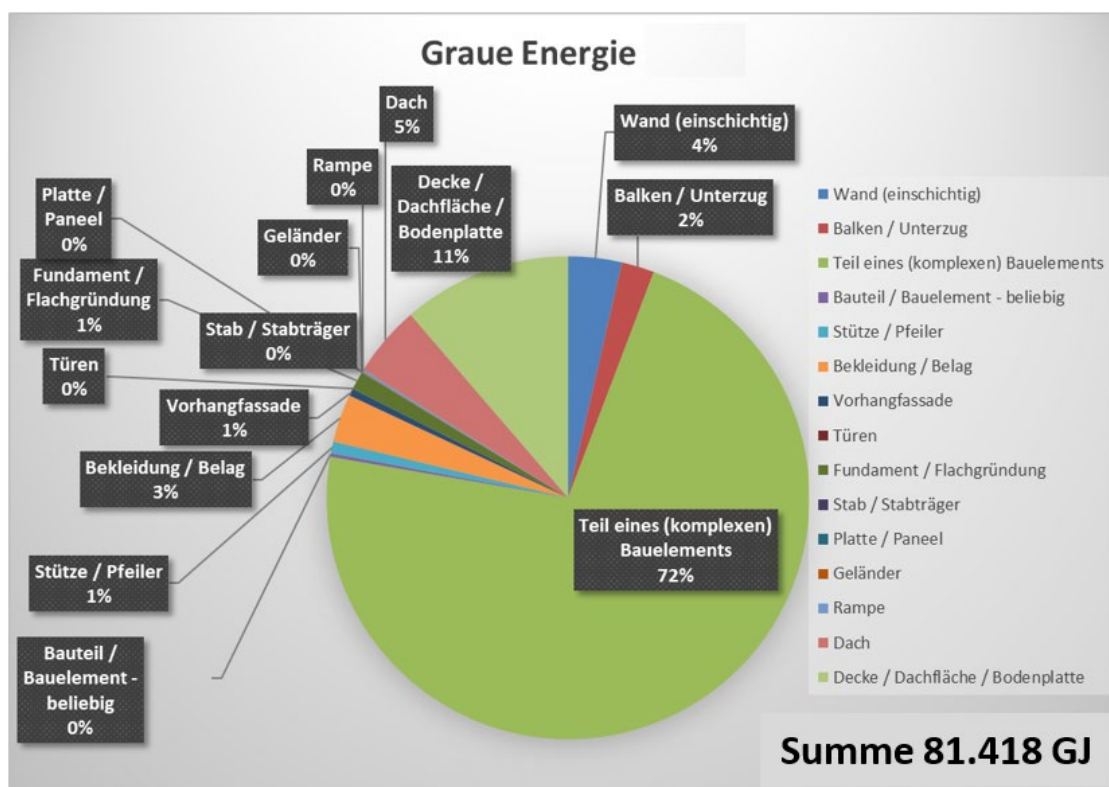


Abbildung 2.15 BLB Incyte: „Graue Energie“ nach Bauprodukten

Für das Projekt INCYTE liegt ein Nachweis des Energiebedarfs nach Energieeinsparverordnung EnEV 2016 vor [MÜLLER-BBM 2020, Potthoff [2019]. Danach war zu dem Zeitpunkt vorgesehen, ein erdgasbetriebenes BHKW zur Versorgung mit Wärme und zur teilweisen Versorgung mit elektrischem Strom einzusetzen.

Dazu wurden aus Potthoff [2019] die folgenden Varianten verglichen:

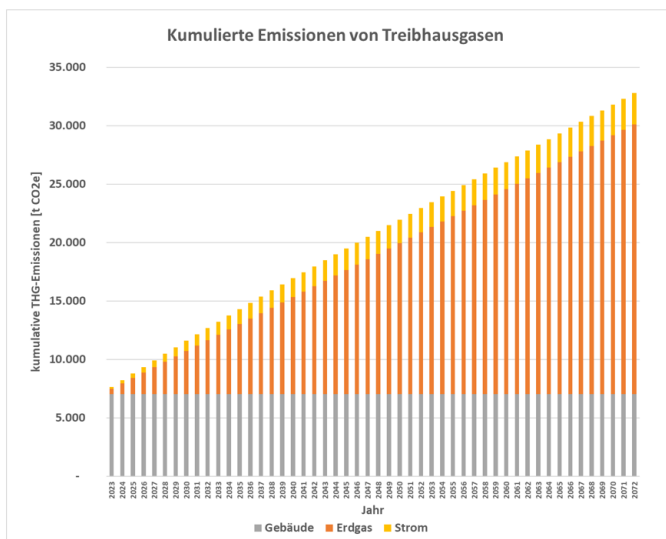
- Variante 3 (Gaskessel): Erdgas 1.519 MWh/a, externer Strombezug 686 MWh/a
- Variante 4 (BHKW): Erdgas 1.871 MWh/a, externer Strombezug 341 MWh/a

Da während der Betriebszeit des Gebäudes in den kommenden Jahrzehnten eine kontinuierliche Versorgung mit Erdgas aus fossilen Quellen aufgrund zunehmender CO₂-Kosten unwahrscheinlich ist, wurde als Variante eine Wärmepumpe mit einer JAZ von 3,5 berücksichtigt. Der externe Strombedarf beträgt in dem Fall in der Summe 1.120 MWh/a. Für alle Varianten ist dabei die Produktion von Strom aus der PV-Anlage mit einem Jahresstromertrag von 53,6 MWh/a bereits eingerechnet. Für die THG-Emissionen aufgrund externen Strombezugs wurden die Festlegungen in [Walter 2019] angesetzt.

Die in Abbildung 2.17 dargestellten Ergebnisse illustrieren wie schon in Abbildung 2.14 für das Projekt THINK, dass ein signifikanter Beitrag zur Senkung der THG-Emissionen über die Lebenszeit eines Gebäudes durch Optimierung der Baumaterialien möglich ist. Die Dekarbonisierung der Energieversorgung und Optimierung des Energieverbrauchs des Gebäudes sind prioritär.

Mit voranschreitender Energiewende nimmt der Anteil der Baumaterialien an den THG-Emissionen über den Lebenszyklus des Gebäudes zu. Im Betrieb sind erneuerbare Energien von Vorteil. Die Minimierung der THG-Emissionen durch Baumaterialien muss in den ersten Planungsphasen erfolgen.

Erdgas/BHKW: 33.000 t CO₂e über 50 Jahre davon Baumaterialien 21%



Wärmepumpe: 16.000 t CO₂e über 50 Jahre davon Baumaterialien 44%

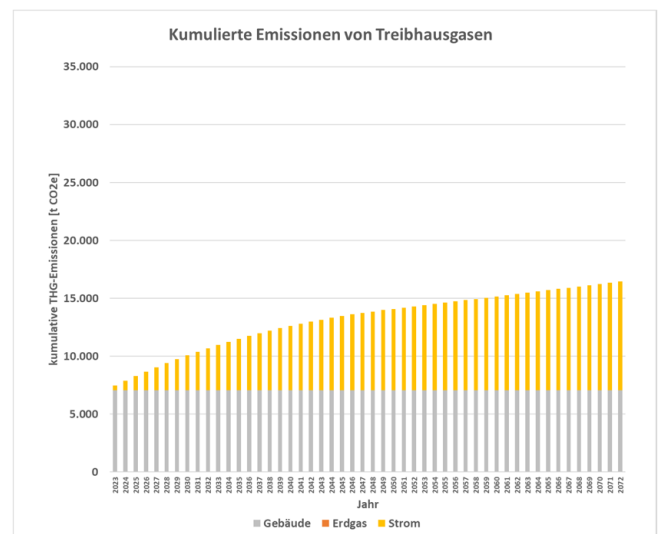


Abbildung 2.16 Ökobilanz: Baumaterialien vs. Betrieb

2.5.3 Praxistest „Kreisarchiv Viersen (Landkreis Viersen)“

Für das Kreisarchiv Viersen wurde bereits in der Planungsphase auf die Reduktion von Stahl und Beton bei gleichzeitiger Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen Holz und Stroh sowie Einsatz von Lehmbauweise und Recycling von Ziegeln Wert gelegt. Die Ökobilanz wurde mit One Click LCA auf der Basis der IFC4-Datei erstellt.

Fast das gesamte Gebäude ist der Klasse Building Element Parts zugeordnet. Das bewirkt, dass diese keiner Klasse in One Click LCA zugeordnet werden können und gleichzeitig auch kein Material automatisch zugeordnet werden kann. Anpassungen an das One Click LCA Template waren notwendig, um Informationen aus übergeordneten Klassen sichtbar zu machen.

Manuelle Ergänzungen waren für diejenigen Bauteile notwendig, die nicht automatisch in One Click LCA übertragen wurden. Weitere Informationen zu Materialien waren notwendig und wurden bei den Architekten über BCFs über die im Projekt MobiDik erstellte Plattform KISS BIM erfragt, die dabei ihre Praxistauglichkeit unter Beweis stellte.

Das Ergebnis der THG-Bilanz ist in Abbildung 2.18 dargestellt. Weitere Daten sind Abbildung 2.19 und Abbildung 2.20 zu entnehmen. Auch im Praxisfall dominieren die THG-Emissionen aus dem Einsatz von Beton und Metall.

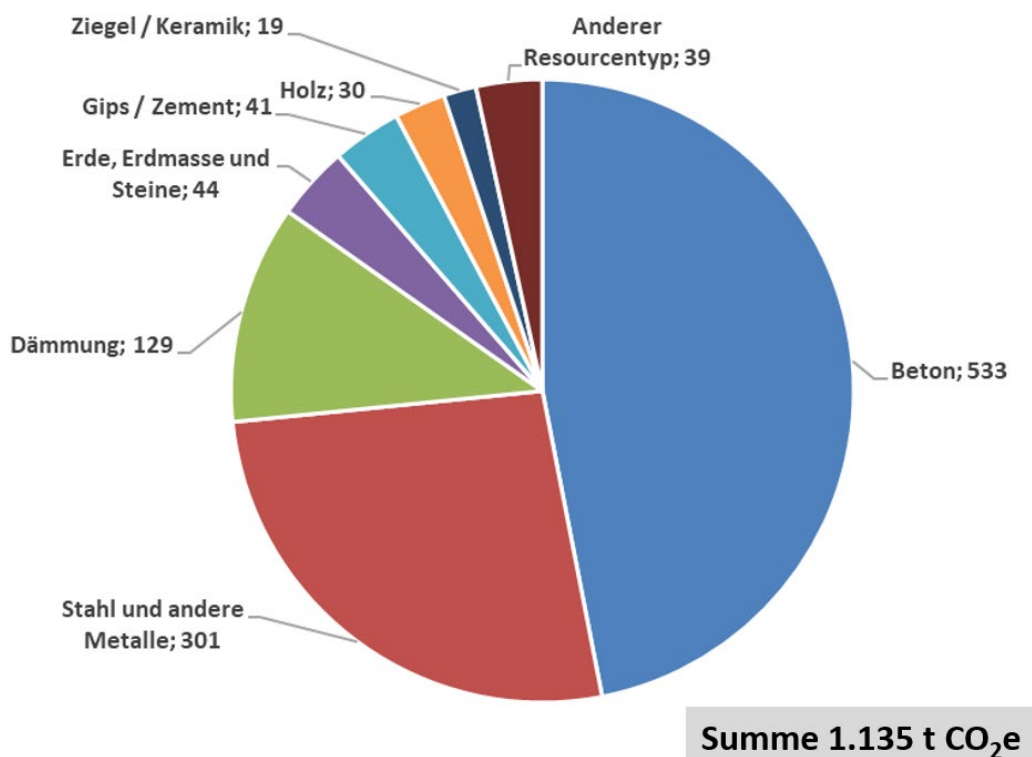
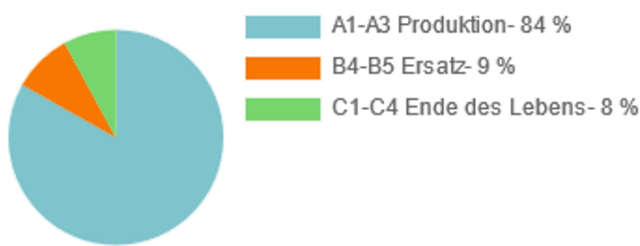


Abbildung 2.17 Kreisarchiv Viersen: THG-Emissionen nach Bauprodukten



Abbildung 2.18 Kreisarchiv Viersen: Weitere Details zu den THG-Emissionen

THG-Emissionen nach Lebenszyklusphase



THG-Emissionen nach Strukturen (A1-A3)

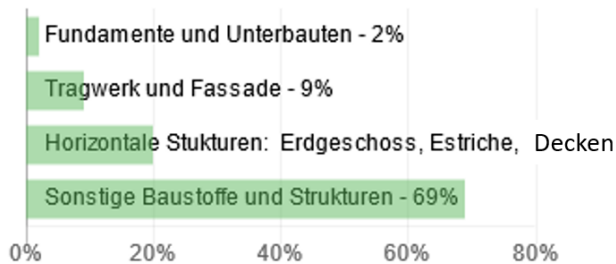


Abbildung 2.19 Kreisarchiv Viersen: THG-Emissionen nach Lebenszyklusphasen und Strukturen

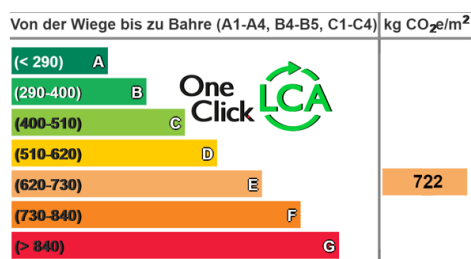
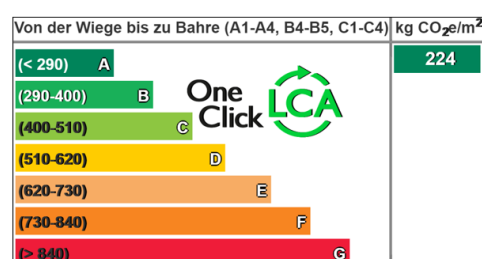
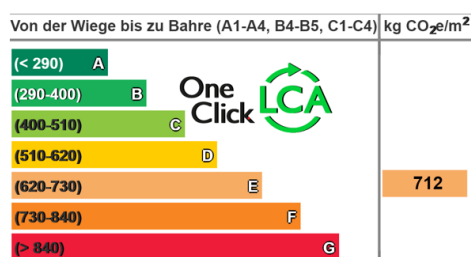
Die Ergebnisse zur Ökobilanz der Baumaterialien sind Tabelle 2.6 zu entnehmen. Dabei liegen die in Einwohnerdurchschnittswerten (EDW) ausgewiesenen Wirkungen im Bereich von 5 bis 150 EDW, d.h. die durch die Baumaterialien verursachten Umweltwirkungen entsprechen denen, die von wenigen Hundert Menschen in einem Jahr verursacht werden. Nur beim Wasserverbrauch wurden 1.200 EDW errechnet.

2.5.4 Vergleichendes Benchmarking

Die errechneten THG-Emissionen für die drei Praxisbeispiele lassen sich bei Normierung auf die Nettogrundfläche miteinander vergleichen. Für diesen Vergleich wurden die in One Click LCA verfügbaren Daten zu 205 Bürogebäuden in Westeuropa im 3. Quartal 2021 angesetzt. Das Ergebnis zeigt Abbildung 2.21. Als Einschränkung ist zu beachten, dass die Berechnung für das Projekt INCYTE nur für die Lebenswegabschnitte A1 bis A3 erfolgte. Im Projekt THINK entfallen 85 % der THG-Emissionen des Bilanzraums (A1-A4, B4-B5, C1-C4) auf die Abschnitte A1 bis A3. Es ist davon auszugehen, dass dies bei INCYTE ähnlich ist, die THG-Emissionen über den gesamten Bilanzraum deshalb nicht 712 kg CO₂e/m², sondern ca. 840 kg CO₂e/m² betragen.

Tabelle 2.5 Ökobilanz der Baumaterialien für das Projekt Kreisarchiv Viersen (A1-A4, B1-B5, C1-C4)

Kategorie	Einheit	Wert	EDW
Treibhausgase	t CO ₂ -e	1.135	120
Ozonschichtabbaupotenzial	kg CFC11-e	0,016	5
Versauerungspotenzial	t SO ₂ -e	4,7	150
Überdüngungspotenzial	t PO ₄ -e	0,67	130
Ozonbildungspotenzial	t Ethen-e	0,48	32
Abiotischer Ressourcenverbrauch (stofflich)	kg Sb-e	6,3	k.A.
Erneuerbare Primärenergie	TJ	0,74	36
Nichterneuerbarer Primärenergiebedarf	TJ	18	130
Wasserverbrauch	m ³	72.000	1.200

THINK**Kreisarchiv Viersen****INCYTE**

Das CO₂-e Benchmarking ist ein sinnvolles Bewertungstool. Ein Problem stellt jedoch die Datenbasis für die Vergleichsbauten dar.

Zudem fehlen standardisierte Vorgaben von Seiten des Gesetzgebers.

Abbildung 2.20 CO₂e-Benchmarking der drei Gebäude im Vergleich zu 205 Bürogebäuden in Westeuropa (Q3/2021)

Grundsätzlich ist einschränkend anzumerken, dass standardisierte Vorgaben seitens des Gesetzgebers zur Berechnungsmethodik fehlen, sodass ein verlässliches Benchmarking z.Zt. nicht möglich ist.

2.6 Festlegung von Grundregeln und LCA-Anforderungen für IFC-Dateien

Aus dem Praxistest wurden detaillierte Grundregeln und LCA-Anforderungen für IFC-Dateien abgeleitet und in einem Leitfaden beschrieben, der Anhang B zu diesem Bericht darstellt.

Das IFC-Datenmodell ist auf eine Art und Weise aufgebaut, welche den Anwendern einen gewissen Modellierungsspielraum ermöglicht. Den Vorteilen seiner Flexibilität und seines umfassenden Abbildungspotenzials steht die Herausforderung zur Berücksichtigung aller Möglichkeiten bei der Implementierung in IFC-unterstützender Software gegenüber. Dies führt nicht selten dazu, dass die Kompatibilität der Softwarelösungen untereinander darunter leidet.

Mit dem Leitfaden wurde eine Vorgehensweise entwickelt, um die Schwierigkeiten bei der Erstellung einer IFC-basierten Ökobilanz mit One Click LCA und Simplebim zu minimieren. Ziel ist es, den Arbeitsaufwand durch methodisches Vorgehen zu reduzieren und damit den Automatisierungsgrad zu erhöhen, ohne die Zuverlässigkeit der Ergebnisse zu beeinträchtigen. Im Leitfaden werden zwei Szenarien betrachtet:

1. Die Erstellung einer Ökobilanz ist ab Projektanfang geplant. Hierbei steht die Definition der Anforderungen an ein IFC-Modell im Fokus, welche von den Projektbeteiligten berücksichtigt werden sollen.
2. Erst nach der Modellierung (z.B. in LP 5 oder LP 6) wird eine Ökobilanz in Auftrag gegeben. Dieser Abschnitt beschäftigt sich damit, wie ein zufriedenstellendes Ergebnis mit einem für die LCA-Erstellung nicht optimal geeigneten IFC-Modell erreicht werden kann.

Die drei Hauptanforderungen an eine IFC-Datei für eine erfolgreiche LCA-Erstellung sind in Abbildung 2.22 beschrieben.

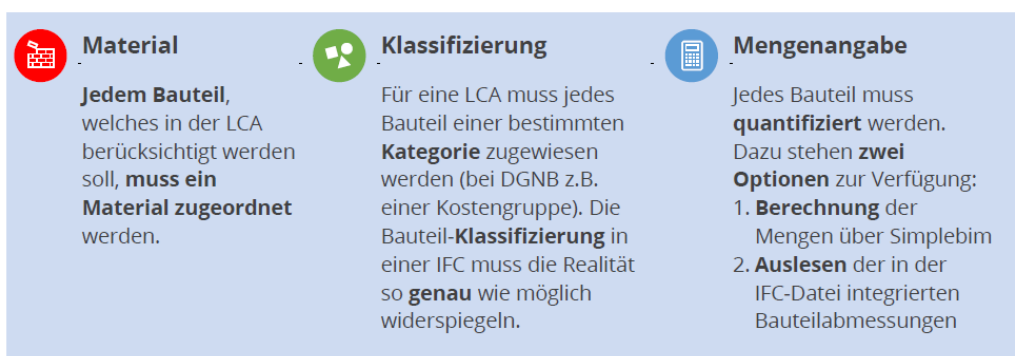


Abbildung 2.21 Hauptanforderungen an eine IFC-Datei für eine erfolgreiche LCA-Erstellung

Bei Projekten, in welchen von Beginn an eine Ökobilanz vorgesehen ist, können die LCA-bedingten Anforderungen an die Modellierung und den IFC-Output in den **AIA** und im **BIM-Abwicklungsplan** berücksichtigt werden. Ein durchdachtes Konzept mit klaren Anforderungen spart Zeit in der eventuellen nachträglichen Problembehebung bei der LCA-Erstellung. Der Arbeitsablauf ist in Abbildung 2.23 dargestellt, die Integration des LCA-IFC-Workflows in die Projektplanung in Abbildung 2.24

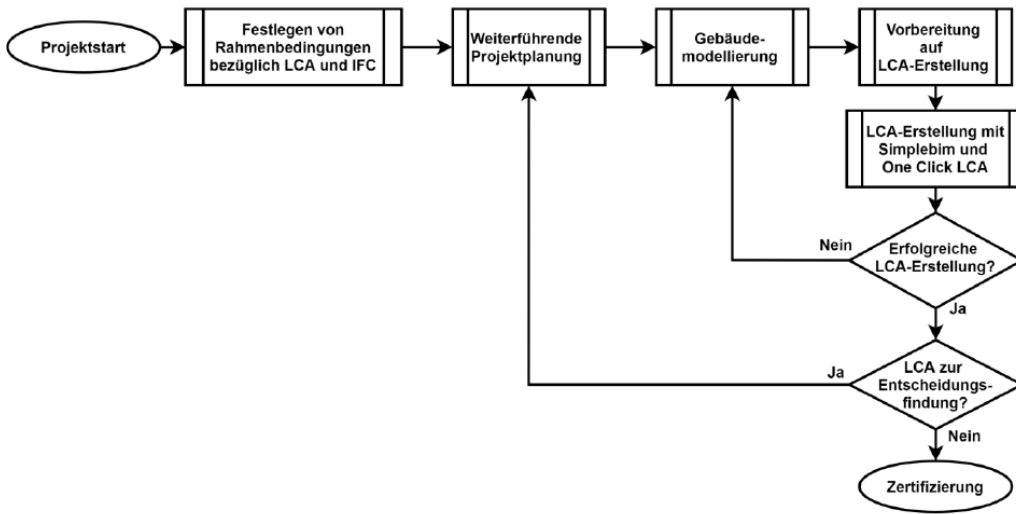


Abbildung 2.22 LCA-Erstellung beginnt mit Projektanfang

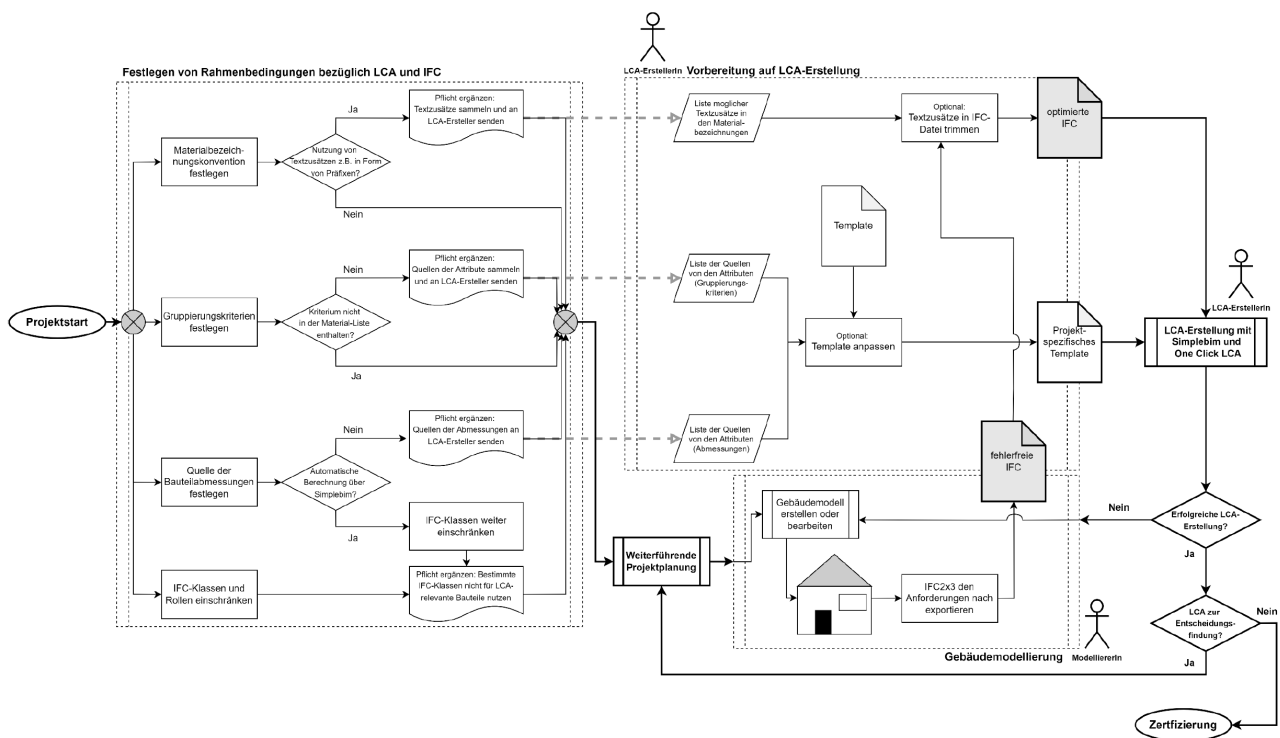


Abbildung 2.23 Integration des LCA-IFC-Workflows in die Projektplanung

Bei Projekten, in welchen eine Ökobilanz im späteren Verlauf erstellt wird, muss eine gründliche Problemanalyse der IFC-Datei durchgeführt werden (siehe Abbildung 2.25). Ein IFC-Modell, welches den Anforderungen an den Workflow nicht gerecht wird, kann schnell zu unvollständigen oder fehlerhaften Ergebnissen führen.




 IFC-Eignungs-Check	 Qualitätskontrolle	 Problembehandlung
Überprüfung der Rahmenbedingungen, ob und in welchem Ausmaß das IFC-Modell für die Nutzung im Workflow geeignet ist.	Genauen Inhalt der Werte in Simplebim untersuchen. Ggf. weitere (kostenlose) Software zum Einsehen der IFC heranziehen.	Lösung der Probleme oder Suche nach alternativen Vorgehensweisen mit dem Vorwissen aus diesem Leitfaden. Siehe auch: FAQ .

Abbildung 2.24 LCA-Erstellung im späteren Projektverlauf

Zur Erleichterung der Durchführung wurde eine Checkliste zur Überprüfung der IFC und die Vorbereitung auf eine LCA-Erstellung erarbeitet (siehe Abbildung 2.26).

Checkliste

Liste 2: Checkliste zur Überprüfung der IFC und Vorbereitung auf eine LCA-Erstellung



ALLGEMEINE VORUNTERSUCHUNG DER IFC: IFC-EIGNUNGS-CHECK 	
1	Ist das Modell in einem IFC2x3-Format exportiert worden? <small>Wenn nicht, die ModelliererInnen um einen Export in diesem Format bitten – möglichst in <i>Bauweise 2</i>.</small>
2	Welche <i>Bauweise</i> besitzt das Modell überwiegend? Einschränkungen bei <i>Bauweisen</i> beachten. <small>Verfolgt die Materialbezeichnung eine bestimmte Konvention mit zusätzlichen Informationen außer der klaren Materialangabe? Kann diese computergestützt einfach entfernt bzw. getrimmt werden (da z.B. Prä- oder Suffix)?</small>
3	<small>Wenn ja, Textzusätze sammeln und anschließend trimmen. Alternativ in Simplebim mit Stapelverarbeitung des Materials Zusätze entfernen.</small>
4	Besitzt jedes Bauteil, welches in der LCA berücksichtigt werden soll, ein Material? <small>Notwendig, um in <i>One Click LCA</i> berücksichtigt zu werden. Verhindert <i>Volumenübertragungsfehler</i>.</small>
5	Enthält das Modell bereits Abmessungsangaben in Form von Property Sets? Wenn ja, sind diese Angaben vollständig? <small>2x Ja → Die Schlüssel dieser Eigenschaften können im Template ergänzt werden, sodass keine große Einschränkung der Klassen vorliegt.</small>
6	Welche Gruppierungskriterien sind gültig? Reicht eine Gruppierung nach IFC-Klasse + Rolle und dem Material aus oder gibt es weitere relevante Kriterien, nach welchen unterschieden werden muss? <small>Ggf. diese im Template aufnehmen, falls noch nicht vorhanden. Siehe z.B. das Hinzufügen der Container Object Class unter <i>Tipps für das Template</i>.</small>
PROBLEMUNTERSUCHUNG IN SIMPLEBIM ONE-CLICK-LCA-PLUG-IN: QUALITÄTSKONTROLLE 	
7	Besitzt jedes LCA-relevante Bauteil ein Material?
8	Ist die Materialbeschreibung präzise genug, um einen LCA-Datenbankeintrag zuordnen zu können? <small>Wenn nicht, müssen die Bauteilinformationen u.U. auf anderem Wege beschaffen werden.</small>
9	Sind die Bauteilklassen realitätsgetreu zugeordnet? Liegen wichtige Bauteile in Klassen, die <i>nicht berücksichtigt werden oder Schwierigkeiten bereiten</i> ? Ist das Ausmaß akzeptierbar?
10	Bei simplebim-interner Abmessungsbestimmung: Fehlen wichtige Abmessungen von LCA-relevanten Bauteilen aufgrund ihrer IFC-Klasse? <small>Siehe dazu Liste 1 und Illustration 2.</small>
11	Bei simplebim-interner Abmessungsbestimmung: Wurden Abmessungen richtig bestimmt? <small>Als Hilfestellung können in der IFC-Datei enthaltene Abmessungsangaben im Template ergänzt werden.</small>
11	Sind die eingestellten Bezugsgrößen (Quantity Type) korrekt?

Abbildung 2.25 Checkliste zur Überprüfung der IFC und Vorbereitung auf eine LCA-Erstellung

Welche Bauteilklassen für LCA-relevante Bauteile in einer IFC genutzt werden dürfen, hängt primär davon ab, ob (a) die Mengen automatisch von Simplebim errechnet werden sollen oder (b) bereits in der IFC-Datei enthalten sind (in Form von Volumen- oder Flächenangaben) und ausgelesen werden sollen. Die Einschränkungen beruhen zum einen darauf, dass Simplebim nicht für jede Klasse alle geometrischen Größen berechnet, zum anderen auf weiterführenden Problemen, welche in Abbildung 2.27 dargestellt sind.

Vermeiden	Problem anfällig	Nicht auffällig
✗ IfcBuildingElementProxy	✗ IfcBuildingElementPart	✓ IfcBeam
✗ IfcRailing	+ IfcCurtainWall	✓ IfcColumn
✗ IfcShadingDevice	✗ IfcDoor	✗ IfcCovering
✓ Zuverlässige Erkennung	✗ IfcMember (ohne Rolle)	✓ IfcFooting
✗ Selten/nie erfolgreiche Kategorisierung in One Click LCA	✗ IfcReinforcingBar	✓ IfcPlate
✗ Manuelle Kategorizuordnung gewisser Rollen dieser Bauteilklassen in One Click LCA erforderlich	+ IfcRoof	✓ IfcRamp
✗ (Eigenständige) Entitäten dieser Klasse werden nicht berücksichtigt	✗ IfcWindow	✓ IfcRampFlight
Betreffen Simplebim-Abmessungsberechnung:		✗ IfcSlab
✗ Selten vorkommende Probleme (in Simplebim prüfen!)		✓ IfcStair
+ Eigenständige Entitäten dieser Klasse sind fehleranfällig		✓ IfcStairFlight
✗ Regelmäßig vorkommende Fehler bei Aussparungsflächenbestimmung		✓ IfcWall(StandardCase)
✗ Einschränkungen schraffierter Klassen nur bei einer automatischen Simplebim-Abmessungsberechnung		

Abbildung 2.26 Einschränkungen der untersuchten IFC-Klassen nach Schweregrad und Ursache

2.7 BIM-unterstützte Energiebedarfsrechnung

IST-Zustand

Die Energiebedarfsrechnung der BLB-Projekte erfolgte bislang auf Basis von 2-D-Plänen.

Option mit BIM: Im Prinzip ist es sinnvoll und möglich, Daten zur Gebäudegeometrie, beheizten Flächen usw. über die IFC-Schnittstelle in Software zur Energiebedarfsrechnung einzulesen.

Praxistest BLB: Die Machbarkeit wurde am Beispiel der BLB-Projekte THINK und INCYTE mit den Tools *Hottgenroth Energieberater 18599 3D* und *bim2PH* des Passivhaus-Instituts Darmstadt geprüft.

Ergebnis: Im Praxistest konnten die IFC-Dateien beider BLB-Projekte nicht in die Software zur Energiebedarfsrechnung eingelesen werden. Der Grund liegt offensichtlich in der großen Komplexität der IFC-Modelle. Die Optionen zur Optimierung der Schnittstelle wurden geprüft. Die standardmäßige Implementierung kann derzeit nicht empfohlen werden.



Abbildung 2.27 Einschränkungen der untersuchten IFC-Klassen nach Schweregrad und Ursache

2.8 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Maßnahmen zur Verbesserung der Ökobilanz von Gebäuden

- Reduktion des Einsatzes von Stahl und Beton z.B. durch Leichtbauweise
- Vermehrter Einsatz von Holz und anderen nachwachsenden Rohstoffen
- Verringerung des CO₂-Fußabdrucks bei der Wahl der Anbieter der Bauprodukte (Umweltproduktdeklarationen in der Ökobaudat)
- Frühzeitige Sensibilisierung aller Beteiligten (Planer, Architekten, Bauherren, Handwerker)

Die CO₂e-Emissionen aus der Produktion von Baumaterialien werden mit der Energiewende zunehmend relevanter. Optimierungspotenziale sind erheblich und sollten in den frühen Planungsphasen erkannt und umgesetzt werden.

Eine BIM-basierte THG-/Ökobilanz der Baumaterialien auf Grundlage der EPDs aus ÖKOBAUDAT und anderen Datenquellen ist mit vertretbarem Aufwand möglich. Dazu gibt es derzeit verschiedene Software-Optionen (z.B. Nutzung des Materialkatalogs in ArchiCAD, Link via IFC zu One Click LCA, Revit-Add-On Tally).

Ein Fachwissen des LCA-Erstellers bezüglich der Gebäude CAD und IFC-Dateien ist notwendig.

Voraussetzung für die Umsetzung ist v.a. eine vollständige und präzise Beschreibung der Materialien und der richtige Export der IFC. Hierzu sollten vor Auftragserteilung an Planer und Architekten die Anforderungen zur BIM-Modellierung klar spezifiziert werden.

Anfragen an Planer und Architekten zur nachträglichen Erstellung von Ökobilanzen sind mit hohem Zeitaufwand verbunden.

Ein qualitätsgesichertes CO₂e-Benchmarking unterstützt die Umsetzung.

Die standardmäßige BIM-basierte Energiebedarfsrechnung kann derzeit nicht empfohlen werden.

Die LCA-Daten ermöglichen auch die Optimierung der **Ressourcenbilanz**. Bei der Wahl der Bauprodukte sind die Ökobilanzdaten der www.oekobaudat.de eine wichtige Grundlage.

3 Verwendung der Fördermittel

Über einen Zeitraum von drei Jahren und vier Monaten erhielt das ifeu eine Gesamtförderung von 119.925 € zu einem Fördersatz von 95 % der erstattungsfähigen Ausgaben. Die verwendeten Fördermittel wurden ausschließlich für Personalkosten verwendet. Auslandsreisen fanden nicht statt. Inländische Reisekosten sind der Personalkostenkalkulation enthalten, dabei wurden ausschließlich Bahnfahrten durchgeführt. Die zugewiesenen Personalkosten waren notwendig und angemessen, um die Projektergebnisse zu erzielen, und haben das interne Auditverfahren des ifeu bestanden. Das folgende Personal trug zum Projekt bei:

- Bernd Franke, Projektleiter (2020 bis 2023)
- Samuel Mahami, LCA-Modellentwicklung (2020 bis 2023)

Frau Magdalena Patyna erstellte parallel zum Projekt ihre Masterarbeit am Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen der Technischen Universität Darmstadt [Patyna 2021]. Die hierbei entstandenen Personalkosten wurden nicht dem Projekt zugerechnet.

4 Literaturverzeichnis

CORDIS (2018): One Click LCA – transforming the construction industry through automated, affordable and scalable solution for assessing and improving the environmental impacts of construction projects and products. Periodic Reporting for period 2 - OneClickLCA. Online verfügbar: <https://cordis.europa.eu/project/id/711303/reporting>

DIN EN 15978 [2021]. Nachhaltigkeit von Bauwerken - Methodik zur Bewertung der Qualität von Gebäuden - Teil 1: Umweltqualität; Deutsche und Englische Fassung prEN 15978-1:2021

Forth, K. [2018]. BIM-integrierte Ökobilanzierung. Masterthesis. München. Online verfügbar unter: https://publications.cms.bgu.tum.de/theses/2018_Forth_Oekobilanzierung.pdf

Fraunhofer ISI, consentec, ifeu [2017]. Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. September 2017. <https://www.ifeu.de/langfristszenarien-fuer-die-transformation-des-energiesystems-in-deutschland/>

Lambertz, M.; Theißen, S.; Höper, J.; Wimmer, R.; Meins-Becker, A. und Zibell, M. [2019]. Ökobilanzierung und BIM im Nachhaltigen Bauen. Endbericht. Online verfügbar unter: <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/zb/Auftragsforschung/2NachhaltigesBauenBauqualitaet/2019/oekobilanz-bim/Endbericht.pdf?blob=publicationFile&v=1>

One Click LCA Ltd. [o.J.]. World's fastest Building Life Cycle Assessment software - One Click LCA. Online verfügbar unter: <https://www.oneclicklca.com/>, letzte Aktualisierung am 23.08.2021, zuletzt geprüft am 04.09.2021.

One Click LCA Ltd. [2020]. [Recorded Webinar] BIM Import Webinar (Customer Survey Reward). Vimeo. Online verfügbar unter: <https://vimeo.com/436144126/5c4613fd92>, letzte Aktualisierung am 21.10.2021

One Click LCA Ltd. [2022]. Construction Carbon Regulations in Europe: Review & Best Practices. Online verfügbar unter: <https://www.oneclicklca.com/construction-carbon-regulations-in-europe/#download-form>, zuletzt geprüft am 09.01.2022

MÜLLER-BBM [2020]. Universität Siegen, Campus Haardter Berg, Neubau Laborgebäude INCYTE. Nachweis nach Energiereinsparverordnung EnEV 2016, Stand LPH3. Bericht Nr. M149850/12. Gelsenkirchen. 18.09.2020

Patyna, M. [2021]. Nutzung von digitalen Gebäudemodellen zur automatisierten Datenerfassung für die integrierte Berechnung von grauer Energie in Lebenszyklusanalysen. Masterarbeit am Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen der Technischen Universität Darmstadt. Darmstadt, November 2021

Potthoff [2019]. Universität Siegen, Campus Haardter Berg, Neubau Laborgebäude INCYTE. Präsentation 29.10.2019 mit Anlagen

Röck, M.; Saade, M. R. M.; Balouktsi, M.; Rasmussen, F. N.; Birgisdottir, H.; Frischknecht, R.; Habert, G.; Lützkendorf, T. und Passer, A. [2020]. Embodied GHG emissions of buildings – The hidden challenge for effective climate change mitigation. Applied Energy 258: 114107. DOI: 10.1016/j.apenergy.2019.114107.

RE2020 [2021]. Ministère de la Transition Écologique, Guide RE2020, Réglementation Environnementale. Éco-construire pour le confort de tous. Paris. https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2021.02.18_DP_RE2020_EcoConstruire_0.pdf

Walter [2019]. Walter K, Meyer R, Schmid M. Ermittlung des Treibhausgasminderungspotentials - Rahmenwerk in der Förderlinie EnEff.Gebäude.2050. Wuppertal/Freiburg 07.06.2019.

https://projektinfos.energiewendebauen.de/fileadmin/user_upload/Rahmenwerk_THG-Minderung.pdf

Anhang A: Dokumentenliste

Nr.	Titel	Jahr	Autoren
Dokumente			
D-1	Nutzung von digitalen Gebäudemodellen zur automatisierten Datenerfassung für die integrierte Berechnung von grauer Energie in Lebenszyklusanalysen. Masterarbeit am Institut für Numerische Methoden und Informatik im Bauwesen der Technischen Universität Darmstadt	11/2021	Magdalene Patyna
D-2	MobiDik - Leitfaden zur IFC-basierten Erstellung von Ökobilanzen für Gebäude	5/2022	Magdalene Patyna, Bernd Franke und Samuel Mahami
Elektronische Produkte			
E-1	Detailergebnisse zur Ökobilanz für das BLB-Projekt THINK, Ruhr-Universität Bochum	03/2023	Bernd Franke, Samuel Mahami
E-2	Detailergebnisse zur Ökobilanz Kreisarchiv Viersen	03/2023	Bernd Franke, Samuel Mahami
Poster			
P-1	MobiDik-Poster für EWB-Konferenz	5/2022	Bernd Franke
P-2	Lernfabrik-Poster Ökobilanz von Gebäuden mit BIM	8/2022	Bernd Franke, Samuel Mahami
Präsentationen bei Workshops und Konferenzen			
W-1	Präsentation zur Auftakt-Workshop mit BLB	11/2020	Bernd Franke, Corvin Veith
W-2	Präsentation zum Statusbericht 2021	10/2021	Bernd Franke
W-3	Präsentation beim Workshop mit dem BLB Dortmund	11/2022	Bernd Franke, Samuel Mahami
W-4	Präsentation im Lerncontainer auf der THINK-Baustelle des BLB in Bochum	05/2023	Bernd Franke, Samuel Mahami

Download aller Dokumente in ZIP-Format durch diesen [Link](#).

Anhang B: Leitfaden zur IFC-basierten Erstellung von Ökobilanzen für Gebäude

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG



Leitfaden zur IFC-basierten Erstellung von Ökobilanzen für Gebäude

EnOB/BMWi: MobiDik - Entwicklung einer Mobilen und Digitalen Lernfabrik
für das Handwerk 4.0

Teilvorhaben: Erforschung und Entwicklung einer phasenübergreifenden,
ganzheitlichen Gebäudebilanzierung (Förderkennzeichen: 03EN1016E)

Magdalena Patyna, Bernd Franke und Samuel Schlecht

Heidelberg, 15. Februar 2022



Leitfaden zur IFC-basierten Erstellung von Ökobilanzen mit One Click LCA

Anforderungen an das IFC-Format und Handlungsempfehlungen für einen reibungslosen Ablauf

Das IFC-Datenmodell ist auf eine Art und Weise aufgebaut, welche den Anwendern einen gewissen Modellierungsspielraum ermöglicht. Den Vorteilen seiner Flexibilität und seines umfassenden Abbildungspotenzials steht die Herausforderung zur Berücksichtigung aller Möglichkeiten bei der Implementierung in IFC-unterstützender Software gegenüber. Dies führt nicht selten dazu, dass die Kompatibilität der Softwarelösungen untereinander darunter leidet.

Mit diesem Leitfaden wurde eine Vorgehensweise entwickelt, um die Schwierigkeiten bei der Erstellung einer IFC-basierten Ökobilanz mit **One Click LCA** und **Simplebim** zu minimieren. Ziel ist es, den Arbeitsaufwand durch methodisches Vorgehen zu reduzieren und damit den Automatisierungsgrad zu erhöhen, ohne die Zuverlässigkeit der Ergebnisse zu beeinträchtigen.

In diesem Leitfaden werden zwei Szenarien betrachtet:

1. Die Erstellung einer Ökobilanz ist [ab Projektanfang geplant](#).
 - Hierbei steht die Definition der Anforderungen an ein IFC-Modell im Fokus, welche von den Projektbeteiligten berücksichtigt werden sollen.
2. Erst [nach der Modellierung](#) (z.B. in LP 5 oder LP 6) wird eine Ökobilanz in Auftrag gestellt.
 - Dieser Abschnitt beschäftigt sich damit, wie ein zufriedenstellendes Ergebnis mit einem für die LCA-Erstellung nicht optimal geeigneten IFC-Modell erreicht werden kann.

Dieser Leitfaden ist gültig für die Simplebim-Version 9.0 SR2 inkl. [Plug-in von One Click LCA](#). Er dient als Ergänzung zum [BIM-Leitfaden der One Click LCA Ltd.](#) und bezieht sich explizit auf die Verwendung von IFC-Modellen (IFC2x3) als Datenquelle und die Bilanzierungsregeln nach DGNB.

Inhaltsverzeichnis

Glossar	2
Grundregeln und LCA-Anforderungen	4
Gebäudemodellierung und Export.....	5
Bauweisen.....	5
Export.....	7
Simplebim und One Click LCA.....	7
Bauteilklasseneinschränkung	7
Bauteilabmessungen automatisch bestimmen – Einschränkungen	9
Szenario 1 – Beginnend mit Projektanfang	10
Festlegen von Rahmenbedingungen bezüglich LCA und IFC	11
Vorbereitung auf LCA-Erstellung	11
Szenario 2 – Im späteren Projektverlauf.....	13
Tipps für das Template.....	15
FAQ	17
Weiterführende Links.....	18

Glossar

Attribut	Eigenschaft einer Entität in einer IFC-Datei.
Bauteilklassen	In der IFC-Vererbungshierarchie untergeordnete IFC-Klassen von <i>IfcBuildingElement</i> .
Bauweise 1	Ein Bauteil mitsamt vollständiger Konstruktion wird als eine einzige, eigenständige Entität von einer Bauteilkasse beschrieben. Die Nutzung der verschiedenen Materialien wird als Eigenschaft mit dem Bauteil verknüpft.
Bauweise 2	Jede Materialschicht und jedes Konstruktionselement werden einzeln modelliert. Jede Komponente des Bauteils ist eine eigenständige Entität einer Bauteilkasse.
Bauweise 3	Das Bauteil mitsamt vollständiger Konstruktion wird zwar als eine Entität beschrieben, jedoch ist diese nicht eigenständig und wird somit in Einzelteile aufgespalten, welche der Klasse <i>IfcBuildingElementPart</i> angehören. Die Teil-Ganzes-Beziehung ist über die Relation <i>IfcRelAggregates</i> miteinander verknüpft.

Bezugsgröße	Größe, auf welche sich der LCA-Datenbankeintrag bei der Kartierung beziehen soll. In One Click LCA sind drei Bezugsgrößen möglich: die Fläche, das Volumen oder die Stückzahl (Unit) eines Bauteils.
Eigenständige Entität	Diese Entität besitzt keine Teil-Ganzes-Beziehung mit weiteren, ihr untergeordneten Entitäten (von <i>IfcBuildingElementPart</i> oder weiteren Bauteilklassen) über die Relation <i>IfcRelAggregates</i> .
Entität	Gespeichertes bzw. erstelltes Objekt in einer IFC-Datei.
Kartierung	Zuordnung eines LCA-Datenbankeintrags (EPD oder generischer Datensatz) zu einem Bauteil.
LCA	Lebenszyklusanalyse (für ein IFC-Gebäudemodell).
Mono-Material-Bauteil	Eigenständiges IFC-Bauteilobjekt, welches aus einem einzelnen Material besteht.
Multi-Material-Bauteil	Eigenständiges IFC-Bauteilobjekt, welches aus mehreren Materialien besteht (z.B. durch die Zuordnung einer <i>IfcMaterialLayer</i> -Entität).
Property Set	Zusätzlicher Eigenschaftssatz, welcher das Standard-IFC-Schema erweitert (IFC-Klasse <i>IfcPropertySet</i>).
Quantity Set	Zusätzlicher Mengensatz, welcher das Standard-IFC-Schema erweitert und physikalische Eigenschaften darstellt (nur in IFC4 möglich; IFC-Klasse <i>IfcElementQuantity</i>).
Rolle	Ergänzende Eigenschaft einer IFC-Bauteilkategorie. Nicht jede Bauteilkategorie besitzt sie. Spezifiziert die Kategorie des Bauteils näher. Wird von One Click LCA zur Kategorisierung genutzt. Klassen-Attribut im IFC-Datenmodell: <i>PredefinedType</i> .
Schlüssel	Jede Eigenschaft hat in Simplebim einen zugehörigen Schlüssel, um sich auf diese im Template zu beziehen. Das ist sozusagen ein Eigenschaftspfad, der vom Bauteil aus gehend beschreibt, worunter der Wert einer Eigenschaft zu finden ist. Unterschiedliche Bauteilklassen können dieselben Schlüssel verwenden, wenn die Eigenschaften gleich benannt sind, siehe Liste 3 .
Template	Eine Konfigurationsdatei für die Kommunikation zwischen Simplebim und One Click LCA.



GebäudemodelliererIn



LCA-ErstellerIn



Projektbeteiligte



Template

Grundregeln und LCA-Anforderungen



Die drei **Hauptanforderungen** an eine IFC-Datei für eine erfolgreiche LCA-Erstellung sind:



Material

Jedem Bauteil, welches in der LCA berücksichtigt werden soll, **muss ein Material zugeordnet** werden.



Klassifizierung

Für eine LCA muss jedes Bauteil einer bestimmten **Kategorie** zugewiesen werden (bei DGNB z.B. einer Kostengruppe). Die Bauteil-**Klassifizierung** in einer IFC muss die Realität so **genau** wie möglich widerspiegeln.



Mengenangabe

Jedes Bauteil muss **quantifiziert** werden. Dazu stehen **zwei Optionen** zur Verfügung:

1. **Berechnung** der Mengen über Simplebim
2. **Auslesen** der in der IFC-Datei integrierten Bauteilabmessungen



Zum Ausschöpfen des Automatisierungspotenzials bei der Kartierung der Bauteilmaterialien:

- **Klar und präzise:** Bezeichnung muss das Material ausreichend beschreiben sowie gleichzeitig einfach und eindeutig gehalten werden.
- **Besser zu ausführlich als zu ungenau:** Im Zweifelsfall ist eine ausführlichere Beschreibung vorzuziehen, auf Basis welcher eine manuelle, eindeutige Kartierung sichergestellt werden kann.
- **Keine verzichtbaren Sonderzeichen:** Sonderzeichen oder sonstige, für die Kartierung nicht notwendige Zusätze behindern die Funktion der automatischen Zuordnung.
- Bei einer Namensgebungskonvention mit regulär vorkommenden, zusätzlich enthaltenden Informationen (z.B. in Form von Präfixen mit Etage oder Bauteilnamen) die verwendeten Formulierungen sammeln und dokumentieren, um im Nachgang diese in der IFC-Datei trimmen zu können.

Weitere Informationen dazu im [BIM-Leitfaden der One Click LCA Ltd.](#)



Jedem LCA-relevanten Bauteil muss ein Material bereits im IFC-Modell zugeordnet sein!

Sonst wird dem Bauteil in Simplebim kein Volumen zugewiesen (Volumenübertragungsfehler). Bei nach wie vor fehlender Materialangabe beim Import in One Click LCA wird das Bauteil nicht berücksichtigt.



Die automatische **Bauteil-Klassifizierung** in *One Click LCA* resultiert aus IFC-Informationen. Dazu gehören:

- **Bauteilklasse** (z.B. *IfcWall*)
- **Rolle** (IFC-Attribut *PredefinedType*)
- Definition, ob **Außen-/Innenbauteil** (IFC-Attribut *IsExternal*)

Diese Attribute sollten stets ausgefüllt werden.

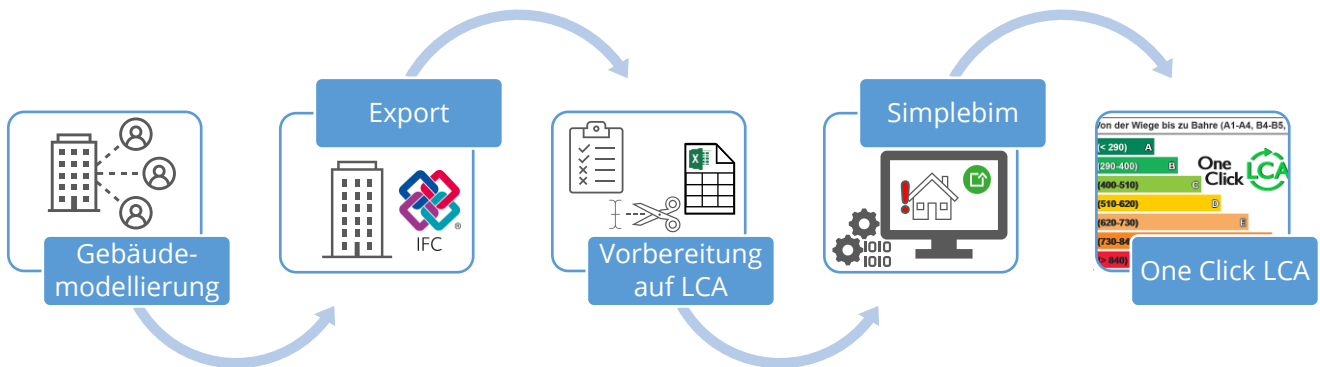


Grundsätzlich ist das Auslesen der in der IFC-Datei integrierten Bauteilabmessungen zu empfehlen, sofern die Werte vorliegen. Die Wahl einer Option aus den o.g. Punkten (Berechnung und Auslesen) wirkt sich darauf aus, welche Bauteilklassen für LCA-relevante Bauteile verwendet werden dürfen.

Weitere Informationen dazu im Abschnitt [Bauteilklasseneinschränkung](#).



Um eine Ökobilanz aus einem Gebäudemodell mit *One Click LCA* zu erstellen, müssen bestimmte Prozessschritte durchlaufen werden. Die Anforderungen an die hier gezeigten Schritte werden im weiteren Verlauf des Kapitels erläutert. Die Vorbereitung auf die LCA-Erstellung unterscheidet sich darin, zu welchem Zeitpunkt die Erstellung erfolgen soll (siehe [Szenario 1](#) und [Szenario 2](#)).



Gebäudemodellierung und Export



Allgemeine Regeln beim Modellieren:

- Vereinbarungen zur [Materialbenennung](#) und [Bauteilklasseneinschränkung](#) einhalten
- Material mit Bauteil [korrekt verknüpfen](#)
- Bauteilnamen von gleichen Bauteilen, welche zahlreich verwendet werden (z.B. 40 cm lange Aluminiumleisten), möglichst gleich halten
- Angaben zu Bauteilklassen und zugehörigen Rollen realitätsgetreu tätigen

Bauweisen

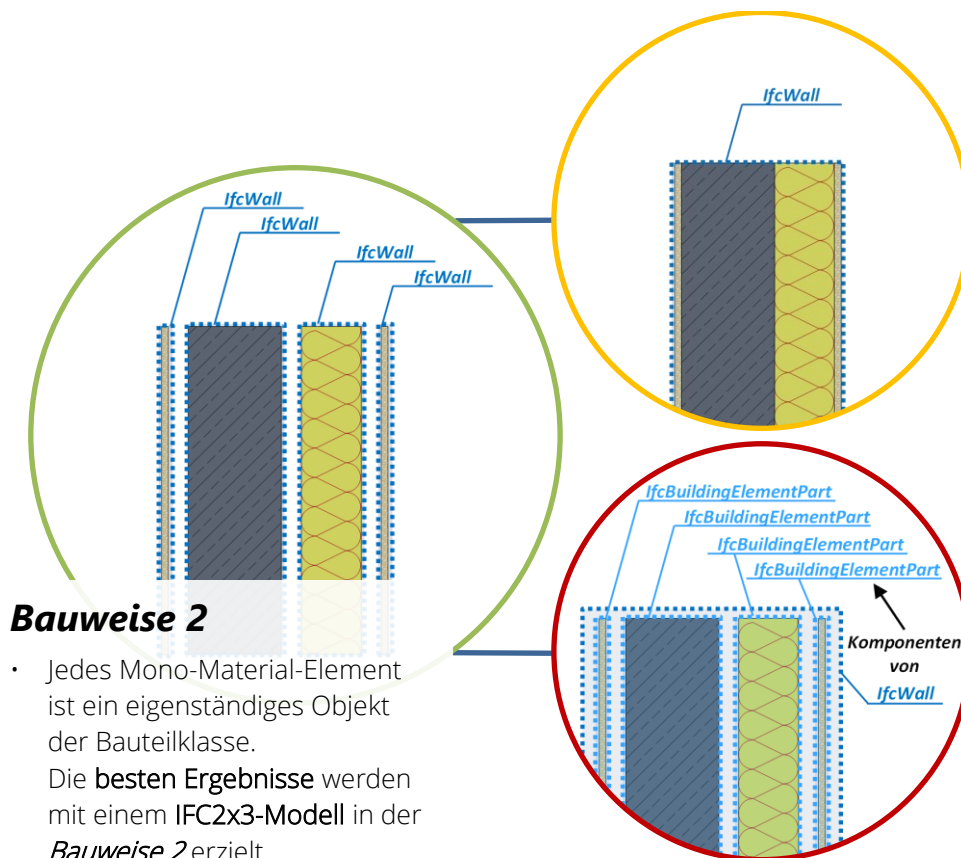
In diesem Leitfaden werden drei Arten der Bauteilmodellierung voneinander unterschieden, wobei *Bauweise 2* stets die geeignetste Modellierung ist. Bei *Bauweise 1* und *Bauweise 3* ist ein höherer manueller Aufwand zu erwarten. Jedoch fallen je nach Gebäudemodell die [Nachteile](#) unterschiedlich ins Gewicht. Die *Bauweise* ist durch den Modellierungsvorgang im CAD-Programm und die programm-internen Export-Einstellungen beeinflussbar.



Soll zwischen *Bauweise 1* und *3* entschieden werden, muss eine individuelle Einschätzung und Gegenüberstellung der Vor- und [Nachteile](#) für das spezifische Modell erfolgen. Tendenziell erweist sich die *Bauweise 3* als aufwendiger.



Obwohl eine bestimmte *Bauweise* beim Modellieren verfolgt wurde, kommt es oft vor, dass sich Elemente anderer *Bauweisen* nach dem Export in der IFC-Datei wiederfinden lassen. Es lässt sich z.B. bei Fenstern und Türen nur schwer verhindern, dass diese in der *Bauweise 1* ausgeführt werden. In der Regel reicht es jedoch aus, dass der Großteil der Bauteile in einer bestimmten *Bauweise* vorliegt, um entsprechend dem Leitfaden zu folgen.



Bauweise 1

Besitzt **Multi-Material-Bauteile**. Materialzuordnung muss eingeschränkt werden auf:

- *IfcMaterialLayerSet*
- *IfcMaterial*
- ggf. *IfcMaterialList*
→ erfordert jedoch evtl. **manuelle Aufspaltung** in Einzelmateriale und **manuelle Kartierung**, da die Liste keine eindeutige Mengenaufteilung besitzt.

Bauweise 3

Enthält vermehrt Bauteile der Klasse *IfcBuildingElementPart*.

Es muss davon ausgegangen werden, dass bei diesen Bauteilen **keine automatische Kartierung sowie Zuordnung zu Kostengruppen** erfolgt. Diese müssen stets manuell durchgeführt werden.

Illustration 1: Darstellung der möglichen Modellierungsweisen der Bauteile (*Bauweisen*) in einem IFC-Modell und der daraus resultierenden Einschränkungen für die LCA-Erstellung.



Verwendung von *IfcMaterialList*:

Grundsätzlich wird in IFC2x3-Modellen Multi-Material-Bauteilen, welche nicht homogen schichtenartig aufgebaut sind (z.B. Türen oder Fenster), das Material in Form von Entitäten der Klasse *IfcMaterialList* zugeordnet. Jedoch besitzt die Liste an Materialien keine Informationen darüber, welche Menge von dem jeweiligen Material im Bauteil enthalten ist. So kann auch *One Click LCA* die Mengenanteile nicht ermitteln und fasst die Materialien zu einer Bezeichnung (mit dem Trennzeichen „|“) und einem Datenpunkt zusammen.

Nachteile davon sind:

- Datenpunkte müssen ggf. in *One Click LCA* nachträglich aufgeteilt werden.
- Die Kartierung muss oft manuell erfolgen.
- Die Anzahl der Datenpunkte steigt, wodurch das Limit (400) ggf. nicht eingehalten werden kann.



Verwendung von *IfcBuildingElementPart*:

Manche CAD-Programme besitzen in den IFC-Export-Einstellungen die Möglichkeit, Multi-Material-Bauteile in Teilkomponenten der Klasse *IfcBuildingElementPart* aufzuteilen. Dadurch kann jedoch *One Click LCA* die ursprüngliche Bauteilklasse (ob die Komponente die eines Daches oder einer Wand ist) nicht ermitteln. Nachteile davon sind:

- Die Kostengruppe wird nicht automatisch zugeteilt und muss nach dem Importprozess nachträglich eingetragen werden.
- Im Schritt *Kombinieren* in *One Click LCA* muss die Kategorie „Container Object Class“ ausgewählt werden, die zunächst im Template ergänzt werden muss (siehe [Liste 4](#) in [Tipps für das Template](#)).
- Die Kartierung muss oft manuell erfolgen.

Export



Grundsätzlich ist der Export als **IFC2x3-Datei (Coordination View 2.0)** und eine Modellierung in **Bauweise 2** (siehe [vorheriges Kapitel](#)) ausdrücklich zu empfehlen.

Folgende Regeln gelten für die Zuweisung von Materialinformationen:

- Materialzuweisungen über **IfcMaterialList** sollten **vermieden** werden.
- Jedes Bauteil muss über die Relation **IfcRelAssociatesMaterial** mit einer Materialbeschreibung in Beziehung stehen.



Simplebim und One Click LCA



Die Funktionen von Simplebim sind unter anderem:

- Die Automatische Bauteilabmessung
- Die Bearbeitung von Werten aus dem IFC-Modell und Ergänzung von Informationen
- Template-Ausführung auf IFC-Modell (projektspezifische Template-Anpassung möglich)



Stellschraube für die Kommunikation zwischen Simplebim und dem Web-Tool *One Click LCA* ist das sogenannte **Template**. Es vereint Funktionen wie:

- **Hinzufügen** von relevanten Attributen zur Übergabe an *One Click LCA*,
- **Einstellung** des Informationsfilters (Einschränkung von Klassen, Attributen),
- **Textverarbeitung** (automatisches Trimmen, Kopieren usw.),
- **Aufstellung** von Validierungsregeln, ...



Das **Template** wird mit der Installation des One-Click-LCA-Plug-ins für Simplebim auf das Gerät übertragen und kann nach Bedarf projektspezifisch angepasst werden (weitere Informationen unter: [Tipps für das Template](#)). Es definiert, welche Eigenschaften aus der IFC-Datei und aus *Simplebim* in *One Click LCA* übertragen werden.

Bauteilklasseneinschränkung

Welche Bauteilklassen für LCA-relevante Bauteile in einer IFC genutzt werden dürfen, hängt primär davon ab, ob

1. die Mengen **automatisch von Simplebim errechnet** werden sollen oder
2. bereits in der **IFC-Datei enthalten** sind (in Form von Volumen- oder Flächenangaben) und ausgelesen werden sollen.


Die Einschränkungen beruhen zum einen darauf, dass Simplebim nicht für jede Klasse alle geometrischen Größen berechnet → [siehe Liste 1](#) und zum anderen auf weiterführenden Problemen, welche in [Illustration 2](#) dargestellt sind.

Vermeiden	Problemmanfällig	Nicht auffällig
✗ IfcBuildingElementProxy	✳ IfcBuildingElementPart	✓ IfcBeam ✳
✗ IfcRailing	✳ IfcCurtainWall	✓ IfcColumn
✗ IfcShadingDevice	✳ IfcDoor	✳ IfcCovering
✓ Zuverlässige Erkennung	✳ IfcMember (ohne Rolle)	✓ IfcFooting
✳ Selten/nie erfolgreiche Kategorisierung in <i>One Click LCA</i>	✳ IfcReinforcingBar	✓ IfcPlate
✳ Manuelle Kategorizuordnung gewisser Rollen dieser Bauteilkasse in <i>One Click LCA</i> erforderlich	✳ IfcRoof	✓ IfcRamp
✗ (Eigenständige) Entitäten dieser Klasse werden nicht berücksichtigt	✳ IfcWindow	✓ IfcRampFlight
Betreffen Simplebim-Abmessungsberechnung:		✳ IfcSlab ✳
✳ Selten vorkommende Probleme (in Simplebim prüfen!)		✓ IfcStair
✳ Eigenständige Entitäten dieser Klasse sind fehleranfällig		✓ IfcStairFlight
✳ Regelmäßig vorkommende Fehler bei Aussparungsflächenbestimmung		✓ IfcWall(StandardCase)
✳ Einschränkungen schraffierter Klassen <u>nur</u> bei einer automatischen Simplebim-Abmessungsberechnung		

Illustration 2: Einschränkungen der untersuchten IFC-Klassen nach Schweregrad und Ursache.

Schraffierte Flächen werden nur bei einer automatischen Abmessungsberechnung über Simplebim eingeschränkt (Probleme mit Kategorienzuordnung in One Click LCA bleiben!).

i Die Klasse *IfcBuildingElementProxy* eignet sich sehr gut für Objekte, die nicht in einer LCA berücksichtigt werden sollen. Dazu gehören Platzhalter-Elemente, Leerräume, Möbel und Durchbrüche.




! Statt die Rollen **JOIST** (*IfcBeam*) und **BASESLAB** (*IfcSlab*) zu verwenden, eine Zuordnung zu:

↓ Rolle **BEAM**

↓ Klasse *IfcFooting*

im IFC-Modell umsetzen.




! Falls die Rollen **JOIST** (*IfcBeam*) oder **BASESLAB** (*IfcSlab*) verwendet wurden, zu:

↓ Kategorie **Beam**


↓ Kategorie **Foundation**

in One Click LCA zuordnen.



! Den Klassen *IfcReinforcingBar* und *IfcBuildingElementPart* muss stets manuell eine Kategorie in *One Click LCA* zugewiesen werden. Um eine korrekte, eindeutige Kategorisierung zu ermöglichen, erfordern diese Klassen ergänzende Informationen.

- *IfcBuildingElementPart*: Attribut siehe [Liste 4 in Tipps für das Template](#).
- *IfcReinforcingBar*: Zusatzinformationen können im Material oder einem zusätzlichen Attribut, welches ins Template mit aufgenommen wird, enthalten sein.




Bauteilabmessungen automatisch bestimmen – Einschränkungen

Liste 1: Tabelle mit den voreingestellten Bezugsgrößen im One-Click-LCA-Template für Simplebim


	Volumen	Fläche	Nur Stückzahl
IfcBuildingElementPart	✓	✓ **	
IfcBuildingElementProxy	✗	✗	✗
IfcColumn	✓		
IfcBeam	✓		
IfcCovering	✓	✓ **	
IfcCurtainWall			✓
IfcDoor		✓ (opening)	
IfcFooting	✓	✓ (sides)	
IfcMember	✓		
IfcPile	✓		
IfcPlate	✓	✓ **	
IfcRailing			✓
IfcRamp	✓	✓ (top)	
IfcRampFlight	✓	✓ (top)	
IfcReinforcingBar	✓		
IfcReinforcingMesh	✓		
IfcRoof	(✓)*	✓ **	
IfcSlab	✓	✓ **	
IfcStair	✓		
IfcStairFlight	✓		
IfcWall	✓	✓ **	
IfcWindow		✓ (opening)	


** (Largest netto surface) → Größte zusammenhängende Fläche in einer Ebene.

* Kann im Template ergänzt werden, siehe [Tipps für das Template](#)




Die Berechnung der Fläche „**Largest netto surface**“ führt zu **falschen** Ergebnissen, wenn die betroffenen Objekte **nicht** aus einer zusammenhängenden, in einer Ebene liegenden Fläche bestehen. Ist dies bei eigenständigen Entitäten dieser Bauteilklassen der Fall, sollten sie stets aufgeteilt werden.
Beispiel: Ein einfaches Satteldach kann aufgeteilt werden in zwei eigenständige Entitäten von *IfcPlate*, welche der Dach-Entität zugewiesen sind.
Volumenberechnungen sind davon **nicht** betroffen.





Für die Klasse *IfcBuildingElementPart* existiert kein Template-Eintrag für die Fläche. Dennoch wird standardmäßig die Fläche „Largest netto surface“ berechnet. Dies kann nicht verändert werden.



Szenario 1 - Beginnend mit Projektanfang



Bei Projekten, in welchen von Beginn an eine Ökobilanz vorgesehen ist, können die LCA-bedingten Anforderungen an die Modellierung und den IFC-Output in den **AIA** und im **BIM-Abwicklungsplan** berücksichtigt werden. Ein durchdachtes Konzept mit klaren Anforderungen spart Zeit in der eventuellen nachträglichen Problembehebung bei der LCA-Erstellung.



Es bietet sich an, bereits zu Beginn der Modellierung einen **Testlauf** mit einem Beispiel-Modell durchzuführen. Dadurch können eventuelle Probleme direkt erkannt, Konfigurationen angepasst und alternative Lösungen gefunden werden.

Das nachstehende Flussdiagramm stellt einen beispielhaften Projektablauf im Hinblick auf die Einbindung der LCA-bezogenen Anforderungen dar.

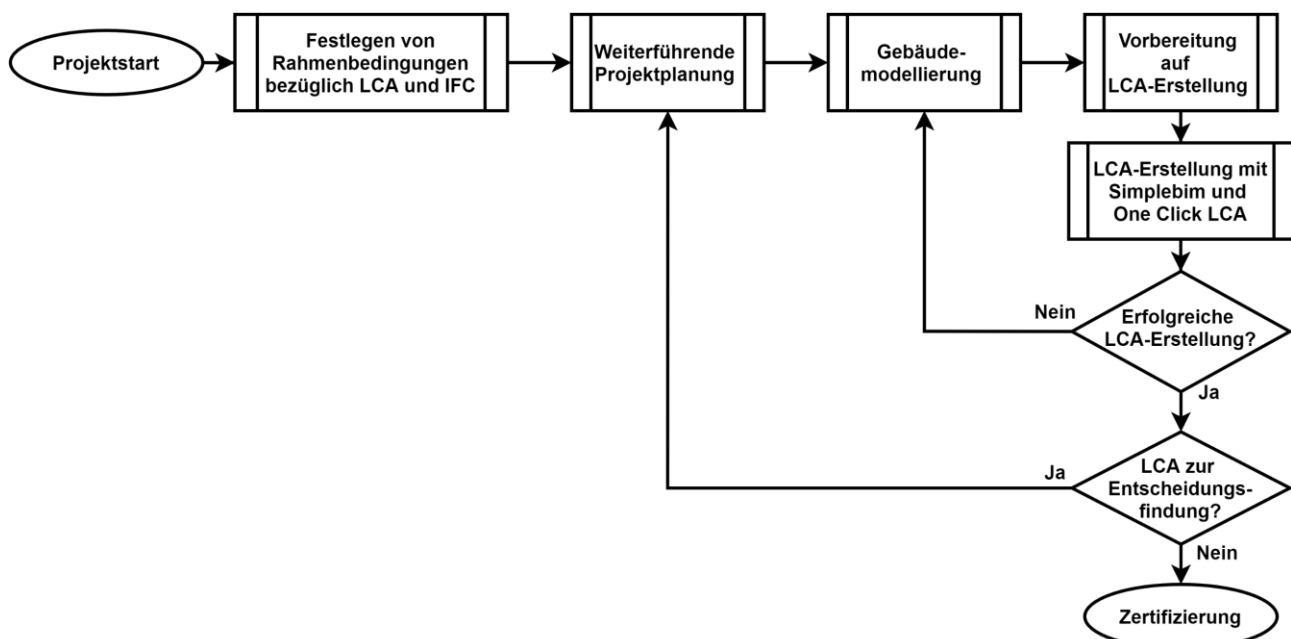


Illustration 3: Übersicht über den Vorgang der Integration der LCA-IFC-Workflow-bedingen Anforderungen in den Projektplanungsprozess.

Bei dieser Grafik handelt es sich um die Arbeitsweise ausgehend davon, dass eine Gebäude-LCA entweder zum Zweck der Entscheidungsfindung während der Planung (z.B. Abwägen zweier Konstruktionsmöglichkeiten) oder für eine Zertifizierung (z.B. DGNB) durchgeführt wird. Die einzelnen Schritte werden im weiteren Verlauf erläutert. Eine ausführliche Version des Vorgangs ist in [Illustration 4](#) vorfindbar.

Festlegen von Rahmenbedingungen bezüglich LCA und IFC

Dieser Prozess umfasst vier wichtige Schritte:

- **Materialbezeichnungskonvention festlegen:** Um effektiv in einem Team arbeiten zu können, ergänzen manche ModelliererInnen die Materialbezeichnung mit Zusatzinformationen z.B. über den Bauteilort mit dem Material („Erdgeschoss | Mauerwerk“). Diese Textzusätze sollten vor der LCA-Erstellung in der IFC-Datei entfernt werden, um eine möglichst automatische Materialerkennung zu erreichen. In anbetracht dessen sollte sich auf eine einfach zu entfernende Konvention geeinigt werden. Damit dies schnell und automatisch durchgeführt werden kann, wird eine Liste aller Textzusätze weitergereicht.
- **Gruppierungskriterien festlegen:** Insbesondere bei Großprojekten mit vielen Datenpunkten sollten Regeln festgelegt werden, nach welchen Attributen zwischen LCA-relevanten Bauteilen unterschieden werden soll. Dazu können auch neue Attribute in das Template mit aufgenommen werden (analog zu Container Object Class in [Tipps für das Template](#)), nach welchen in *One Click LCA* im Schritt *Kombinieren* gruppiert werden kann.
- **IFC-Klassen und Rollen einschränken:** Beachte [Illustration 2](#) (nicht schraffierte Klassen).
- **Quelle der Bauteilabmessung festlegen + IFC-Klassen und Rollen weiter einschränken:** Die Einschränkungen auf die IFC-Klassen, welche sich aus einer automatischen Ermittlung der Bauteilabmessung ergeben, sind in [Illustration 2](#) dargestellt. Derzeit können bei einer automatischen Abmessungsberechnung in Simplebim die in [Liste 1](#) dargestellten geometrischen Größen übertragen werden.
Wenn **nicht** die automatische Berechnung über Simplebim gewählt wird (**empfohlen**), muss sichergestellt werden, dass die benötigten Größen (je nach Bedarf Flächen, Volumina, Dicken) für alle relevanten Bauteilklassen vollständig in der IFC-Datei (in Form von *Property* oder *Quantity Sets*) vorliegen werden. Dadurch werden die Einschränkungen der schraffierten Bauteilklassen in [Illustration 2](#) aufgehoben.

Vorbereitung auf LCA-Erstellung

- **Template:** Eventuelle Listen von Attributen werden in ein Template integriert. Dieses ersetzt das Original-Template, siehe Abschnitt [Tipps für das Template](#).
- **Materialbezeichnung trimmen:** Eventuelle Listen von entfernbarer Zusatzinformationen in den Materialbezeichnungen werden in ein Trimm-Programm eingefügt. Die IFC-Datei wird für die Weiterverarbeitung korrigiert.



Mit „Quellen von Attributen“ sind die Bezeichnungen und Zugehörigkeiten von den jeweiligen Standard-Attributen oder *Property Sets* gemeint.



Bei der erstmaligen LCA-Erstellung aus einem bestimmten IFC-Modell ist eine **Problemprüfung der IFC** in Simplebim (Fokus auf Material, Abmessungen, Bauteilkategorien; Orientierung an [Checkliste](#) möglich) und ein **manueller Durchgang** aller Prozessschritte in One Click LCA stets zu empfehlen.

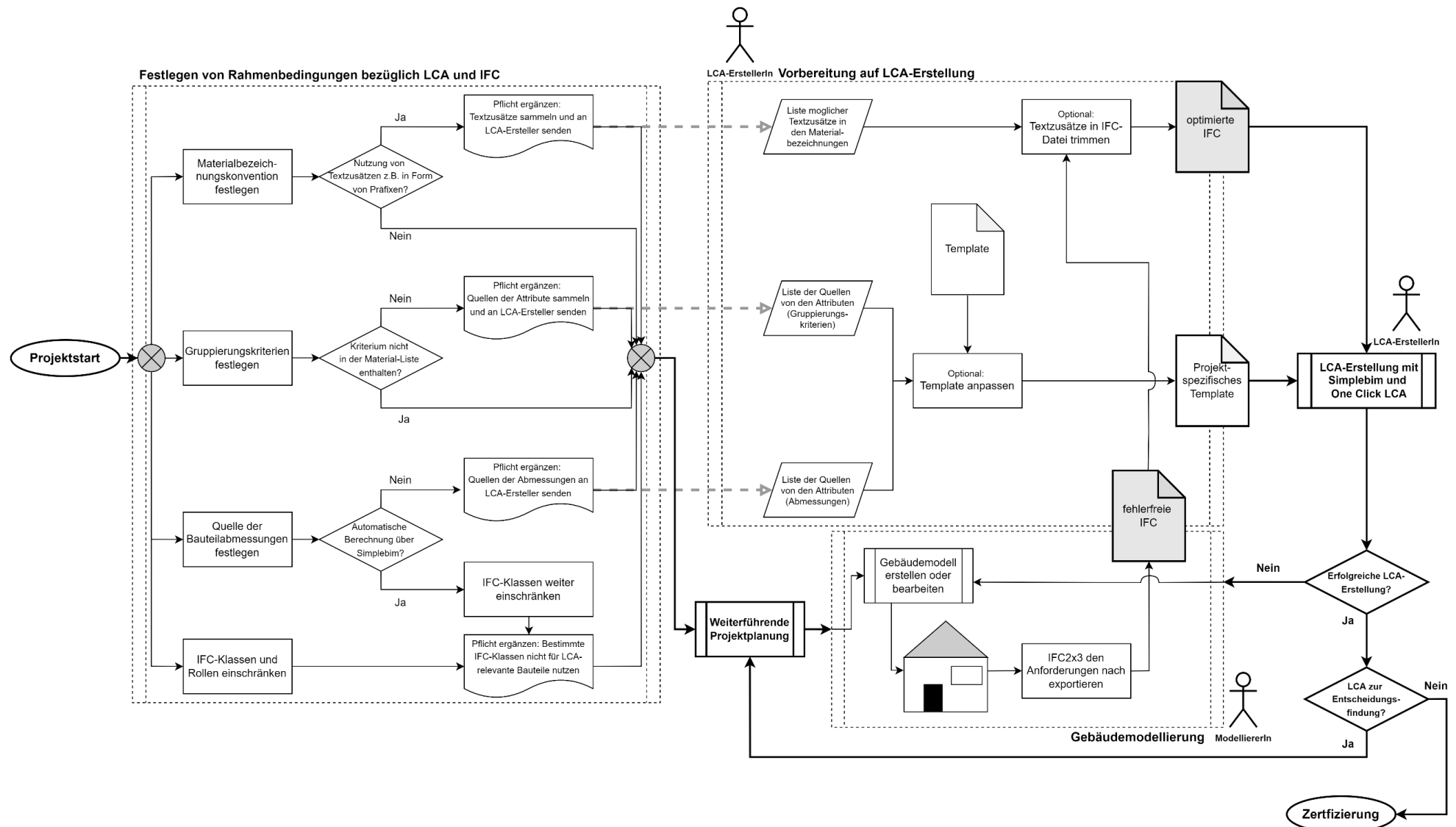


Illustration 4: Detailliertes Schaubild für die Integration der LCA-IFC-Workflow-bedingten Anforderungen in den Projektplanungsprozess.

Szenario 2 - Im späteren Projektverlauf





Ein IFC-Modell, welches den Anforderungen an den Workflow nicht gerecht wird, kann schnell zu unvollständigen oder fehlerhaften Ergebnissen führen. Da zu dem gegebenen Zeitpunkt keine Veränderung des Gebäudemodells mehr vorgesehen ist, muss eine gründliche Problemanalyse der IFC-Datei durchgeführt werden. Die Vorbereitung für die LCA-Erstellung erfolgt in drei Schritten:

	IFC-Eignungs-Check Überprüfung der Rahmenbedingungen, ob und in welchem Ausmaß das IFC-Modell für die Nutzung im Workflow geeignet ist.		Qualitätskontrolle Genauen Inhalt der Werte in Simplebim untersuchen. Ggf. weitere (kostenlose) Software zum Einsehen der IFC heranziehen.		Problembehandlung Lösung der Probleme oder Suche nach alternativen Vorgehensweisen mit dem Vorwissen aus diesem Leitfaden. Siehe auch: FAQ .
--	---	--	--	--	---

Auf der nächsten Seite befindet sich eine Checkliste, welche dabei helfen soll, die Schwachstellen und wichtigsten Fehlerquellen des Modells zu untersuchen.

Checkliste

Liste 2: Checkliste zur Überprüfung der IFC und Vorbereitung auf eine LCA-Erstellung

ALLGEMEINE VORUNTERSUCHUNG DER IFC: IFC-EIGNUNGS-CHECK		
1	Ist das Modell in einem IFC2x3-Format exportiert worden? Wenn nicht, die ModelliererInnen um einen Export in diesem Format bitten – möglichst in <i>Bauweise 2</i> .	<input type="checkbox"/>
2	Welche <i>Bauweise</i> besitzt das Modell überwiegend? Einschränkungen bei Bauweisen beachten.	<input type="checkbox"/>
3	Verfolgt die Materialbezeichnung eine bestimmte Konvention mit zusätzlichen Informationen außer der klaren Materialangabe? Kann diese computergestützt einfach entfernt bzw. getrimmt werden (da z.B. Prä- oder Suffix)? Wenn ja, Textzusätze sammeln und anschließend trimmen. Alternativ in Simplebim mit Stapelverarbeitung des Materials Zusätze entfernen.	<input type="checkbox"/>
4	Besitzt jedes Bauteil, welches in der LCA berücksichtigt werden soll, ein Material? Notwendig, um in <i>One Click LCA</i> berücksichtigt zu werden. Verhindert Volumenübertragungsfehler .	<input type="checkbox"/>
5	Enthält das Modell bereits Abmessungsangaben in Form von Property Sets? Wenn ja, sind diese Angaben vollständig? 2x Ja → Die Schlüssel dieser Eigenschaften können im Template ergänzt werden, sodass keine große Einschränkung der Klassen vorliegt.	<input type="checkbox"/>
6	Welche Gruppierungskriterien sind gültig? Reicht eine Gruppierung nach IFC-Klasse + Rolle und dem Material aus oder gibt es weitere relevante Kriterien, nach welchen unterschieden werden muss? Ggf. diese im Template aufnehmen, falls noch nicht vorhanden. Siehe z.B. das Hinzufügen der Container Object Class unter Tipps für das Template .	<input type="checkbox"/>
PROBLEMUNTERSUCHUNG IN SIMPLEBIM ONE-CLICK-LCA-PLUG-IN: QUALITÄTSKONTROLLE		
7	Besitzt jedes LCA-relevante Bauteil ein Material?	<input type="checkbox"/>
8	Ist die Materialbeschreibung präzise genug, um einen LCA-Datenbankeintrag zuordnen zu können? Wenn nicht, müssen die Bauteilinformationen u.U. auf anderem Wege beschaffen werden.	<input type="checkbox"/>
9	Sind die Bauteilklassen realitätsgetreu zugeordnet? Liegen wichtige Bauteile in Klassen, die nicht berücksichtigt werden oder Schwierigkeiten bereiten ? Ist das Ausmaß akzeptierbar?	<input type="checkbox"/>
10	Bei simplebim-interner Abmessungsbestimmung: Fehlen wichtige Abmessungen von LCA-relevanten Bauteilen aufgrund ihrer IFC-Klasse? Siehe dazu Liste 1 und Illustration 2.	<input type="checkbox"/>
11	Bei simplebim-interner Abmessungsbestimmung: Wurden Abmessungen richtig bestimmt? Als Hilfestellung können in der IFC-Datei enthaltene Abmessungsangaben im Template ergänzt werden.	<input type="checkbox"/>
11	Sind die eingestellten Bezugsgrößen (Quantity Type) korrekt?	<input type="checkbox"/>

Tipps für das Template



Das Template (OneClickLCA.xlsx) befindet sich im Installationsordner von Simplebim, z.B. in:

C:\Program Files\Datacubist\Simplebim 9\Add-on Templates\One Click LCA

Vor dem Überarbeiten eines Templates sollte der Schreibschutz im Ordner aufgehoben werden. Außerdem ist zu empfehlen, eine Sicherungskopie des Original-Templates (beispielsweise in einem Unterordner) aufzubewahren.

Grundlagen über den Aufbau und die Arbeitsweise des Templates befinden sich im [Template-Guide](#) von *Simplebim*.

Zur Ergänzung weiterer Eigenschaften im *Template* bietet sich die Vollversion von *Simplebim* an, da aus dieser die *Simplebim*-Schlüssel der jeweiligen Eigenschaften einfach herauskopiert werden können.

Volumenberechnung von Dächern ergänzen (eigenständige Entitäten von IfcRoof):

Liste 3: Template-Ergänzung für das Dachvolumen - *Include/Exclude Property*-Tabelle im Blatt *Model/View* (neue Zeile gelb markiert)

Object [+]	Property [+]	Include	
...	
n Stair Flight	DC:QTO:ALL.VOLUME-NET	Yes	Volume, net (simplebim)
n Roof	DC:QTO:ALL.VOLUME-NET	Yes	Volume, net (simplebim)
n Roof	DC:QTO:ALL.AREA-LARGEST-SURFACE-NET	Yes	Area, largest surface, net (simplebim)
n Site	DC:QTO:ALL.AREA-LARGEST-SURFACE-NET	Yes	Area, largest surface, net (simplebim)

Diagramm zur Tabelle: Ein blauer Pfeil zeigt von der Zeile 'Roof' (DC:QTO:ALL.VOLUME-NET) zu einem Kasten mit der Aufschrift 'Kürzel für IFC-Bauteilkasse'. Ein weiterer blauer Pfeil zeigt von der Zeile 'Roof' (DC:QTO:ALL.AREA-LARGEST-SURFACE-NET) zu einem Kasten mit der Aufschrift 'Simplebim-Schlüssel'.

Auf diese Art und Weise können auch weitere Eigenschaften ergänzt werden. Diese können zwar nicht von *One Click LCA* interpretiert werden, erscheinen jedoch als **Möglichkeit zur Gruppierung** im Reiter Kombinieren und können grundsätzlich bei der Verwaltung der Bauteile eingesehen werden.

In diesem Beispiel wurde die Eigenschaft „**Container Object Class**“ aller Bauteilobjekte zur Übertragung ins Web-Tool *One Click LCA* mit aufgenommen:

Liste 4: Template-Ergänzung für die Eigenschaft ‚Container Object Class‘ - *Include/Exclude Property*-Tabelle im Blatt *Model/View*

Object [+]	Property [+]	Include
n All Objects	DC:CONTAINEDBYTYPE	Yes

Entsprechend erscheint in der Plug-in Ansicht und in *One Click LCA* diese Eigenschaft:

Eigenschaften: Material (1 of 15558)		
Bitte Filter eingeben		
Belongs to Class	Building Element Part	
Composite	No	✓
Container Object Class	Wall	
Description	< keine Werte >	
EPD Number	< keine Werte >	
Full Name One Click LCA	< keine Werte >	
Material	AW Aussenverkleidung BETON GRÜN	✓
Name	AW Aussenverkleidung BETON GRÜN	
Net Area	129,00m2	
Net Area (Calc)	128,90m2	
Net Volume	1,29m3	
Net Volume (Calc)	1,29m3	
Quantity Type	Volume	✓
Solidity %	< keine Werte >	
Solidity as % of bounding box	< keine Werte >	
Structural		
Thickness		
Thickness (Calc)		
Used by Role		
Used by Type		
Warnings		

Abbrechen

Excel herunterladen

Weiter

Wählen Sie, wie ähnliche Datenpunkte kombiniert werden

Einzelne Datenzeilen werden zu einer Datenzeile zusammengefasst (Menge wird aufsummiert), wenn sie in allen ausgewählten Gruppierungskriterienspalten denselben Wert haben. Sie können die folgenden Einstellungen ändern. Wenn Sie sie reduzieren, werden mehr Datenpunkte kombiniert und umgekehrt. Sie können die folgenden Einstellungen ändern. In der Vorschau können Sie auch einzelne Daten auswählen, die nicht kombiniert werden sollen, indem Sie die Box deaktivieren.

Empfohlene Gruppierungskriterien:

- ☒ CLASS
 ☒ IFCMATERIAL
 ☒ QTY_TYPE
 ☐ WARNINGS
 ☒ COMPOSITE
 ☒ TYPE
 ☒ SOLIDITY
- ☒ THICKNESS mm
☐ AREA_M2
 ☐ STRUCTURAL
 ☐ ROLE
 ☐ VOLUME_M3
 ☐ Name
- ☐ Description
 ☒ Container Object Class

FAQ

1. Die Flächen meiner Fenster/Türen (oder anderer Bauteile) werden nicht automatisch berechnet.

Folgende Lösungsansätze gibt es dazu:

1. Wenn ein Zugriff auf das CAD-Modell möglich ist, kann das Modell mit einer alternativen MVD erstellt werden (z.B. IFC2x3 CV2.0).
2. Die einseitige Oberfläche berechnen lassen statt die Aussparfläche. Die zugehörigen Schlüssel, welche im Template eingefügt werden müssen, sind:
 - DC:QTO:WINDOW.AREA-PRODUCT (Fenster)
 - DC:QTO:DOOR.AREA-PRODUCT (Tür)
2. Wert des Volumens taucht in der Plugin-Ansicht von *Simplebim* trotz des korrekt eingetragenen *Schlüssels* im *Template* nicht auf.

Fehlt der Volumenwert und besitzt das Bauteil gleichzeitig kein Material, handelt es sich wahrscheinlich um den Volumenübertragungsfehler. → Bitte ergänzen Sie das Material in der IFC-Datei und laden diese erneut in *Simplebim*.

Fehlt (zusätzlich) die Fläche, könnte es sich wohlmöglich um einen Geometrie-berechnungsfehler des Bauteils handeln. → Ggf. können Sie einen alternative Flächen- oder Volumenwert von *Simplebim* berechnen lassen. Dazu müssen Sie den zugehörigen Schlüssel im Template austauschen.

3. Das Modell hat zu viele Datenpunkte in One Click LCA und die Gruppierung bewirkt fast keinen Unterschied.

Möglicherweise gibt es zu viele gleiche Objekte mit unterschiedlicher Bauteilbenennung, die einen *Unit*-Bezug (Stückzahl) haben, weil beispielsweise weder Fläche noch Volumen ermittelt wurde.

4. Ich habe nur ein IFC4-Gebäudemodell. Kann ich damit trotzdem eine LCA erstellen?

An IFC4 gelten besondere Bedingungen, die erfüllt sein müssen, damit das Programm die Bauteile richtig erkennt.

- Der Export sollte vorzugsweise mit der MVD *Reference View* o.ä. erfolgt sein.
- Das Modell muss in *Bauweise 2* oder *3* vorliegen und darf keine Verknüpfung LCA-relevanter Bauteile mit den Klassen *IfcMaterialConstituentSet* oder *IfcMaterialProfileSet* beinhalten. Zur ersten Einschätzung hilft es bereits, mit der IFC-Datei einen Suchvorgang nach den genannten Klassen im Texteditor durchzuführen, um einen Überblick zu bekommen, wie häufig die Klasse im Modell verwendet wird.

Weiterführende Links

[Simplebim-Template-Guide](#)

<https://simplebim.com/support/simplebim-9-template-guide.html>

[BIM-Leitfaden der One Click LCA Ltd.](#)

<https://oneclicklca.zendesk.com/hc/en-us/articles/360015040039-Detailed-Guide-to-BIM-Modelling-for-LCA-automation>

[Tipps zur Modellierungsweise und LOD für One Click LCA](#)

<https://oneclicklca.zendesk.com/hc/en-us/articles/360016337560-Building-Information-Model-Creation-Guidelines-for-Model-Use-with-One-Click-LCA>

[BIM-Leitfaden als Kurzfassung](#)

<https://www.oneclicklca.com/bim-based-life-cycle-assessment-guidelines/>

[Model Checker in One Click LCA](#)

<https://oneclicklca.zendesk.com/hc/en-us/articles/360015230680-Model-Checker-Ensuring-Data-Qual>