

# **IEA Energie in Gebäuden und Kommunen (EBC) Annex 72: Bewertung der von Gebäuden verursachten lebenszyklusbezoge- nen Umweltauswirkungen**

A. Passer, M. Ruschi Mendes Saade,  
T. Potrc Obrecht, N. Alaux, T. Reisinger,  
D. Piazza, M. Ortmann, M. Röck,  
E. Hoxha, G. Cassavia

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**21/2024**

## **Impressum**

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:

Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien

Leiter: DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM

Autorinnen und Autoren: A. Passer, M. Ruschi Mendes Saade, T. Potrc Obrecht, N. Alaux,  
T. Reisinger, D. Piazza, M. Ortmann, M. Röck, E. Hoxha, G. Cassavia

Wien, 2024

# IEA Energie in Gebäuden und Kommunen (EBC) Annex 72: Bewertung der von Gebäuden verursachten lebenszyklusbezogenen Umweltauswirkungen

Alexander Passer, Marcella Ruschi Mendes Saade, Tajda Potrc Obrecht, Nicolas Alaux,  
Theres Reisinger, Daniel Piazza, Michael Ortmann, Martin Röck, Endrit Hoxha, Giovanna Cassavia  
Working Group Sustainability Assessment, Technische Universität Graz

Graz, Juli 2023

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)



## **Vorbemerkung**

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Programm FORSCHUNGSKOOPERATION INTERNATIONALE ENERGIEAGENTUR. Es wurde vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) initiiert, um Österreichische Forschungsbeiträge zu den Projekten der Internationalen Energieagentur (IEA) zu finanzieren.

Seit dem Beitritt Österreichs zur IEA im Jahre 1975 beteiligt sich Österreich aktiv mit Forschungsbeiträgen zu verschiedenen Themen in den Bereichen erneuerbare Energieträger, Endverbrauchstechnologien und fossile Energieträger. Für die Österreichische Energieforschung ergeben sich durch die Beteiligung an den Forschungsaktivitäten der IEA viele Vorteile: Viele Entwicklungen können durch internationale Kooperationen effizienter bearbeitet werden, neue Arbeitsbereiche können mit internationaler Unterstützung aufgebaut sowie internationale Entwicklungen rascher und besser wahrgenommen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements der beteiligten Forschungseinrichtungen ist Österreich erfolgreich in der IEA verankert. Durch viele IEA Projekte entstanden bereits wertvolle Inputs für europäische und nationale Energieinnovationen und auch in der Marktumsetzung konnten bereits richtungsweisende Ergebnisse erzielt werden.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Publikationsreihe und die entsprechende Homepage [www.nachhaltigwirtschaften.at](http://www.nachhaltigwirtschaften.at) gewährleistet wird.

DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM  
Leiter der Abt. Energie und Umwelttechnologien  
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Kurzfassung</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Abstract</b> .....	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>10</b>
	3.1. Projektzusammenfassung für Politiker:innen und Entscheidungsträger:innen .....	10
	3.1.2. Kontext und politische Implikationen.....	11
	3.1.3. Lebenszyklusbezogene Modellierung und Bewertung.....	11
	3.1.4. Lebenszyklusbezogene Umweltdaten und LCA-Datenbank .....	11
	3.1.5. Lebenszyklusbezogene Umwelt-Benchmarks .....	12
	3.1.6. Design tools and building information modelling (BIM) .....	12
<b>4</b>	<b>Ausgangslage</b> .....	<b>13</b>
	4.1. Stand der Technik bzw. Stand des Wissens .....	13
<b>5</b>	<b>Projekthalt</b> .....	<b>15</b>
	5.1. Internationales Vorhaben – Annex 72 .....	15
	5.2. Ziele.....	15
	5.3. Anwendungsbereich und Abgrenzung.....	16
	5.4. Methodologie.....	16
	5.4.2. Subtasks .....	16
	5.5. Österreichischer Beitrag .....	18
	5.5.2. Leitung Subtask 2.....	19
<b>6</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>20</b>
	6.1. Übersicht.....	20
	6.1.2. Deliverables .....	21
	6.1.3. Hintergrundberichte .....	22
	6.1.4. Weitere österreichische Beiträge .....	24
	6.2. Hauptberichte / Main Deliverables des Annex 72 .....	25
	6.2.2. Deliverable A.....	25
	6.2.3. Deliverable B.....	26
	6.2.4. Deliverable C.....	29
	6.2.5. Deliverable D .....	29
	6.2.6. Deliverable E .....	31
	6.2.7. Deliverable F .....	32
	6.2.8. Deliverable G .....	34
	6.2.9. Deliverable I.....	36
	6.2.10. Deliverable J.....	37
	6.3. Ergebnisse der österreichischen Beteiligung .....	40
	6.3.2. Überblick über den Inhalt .....	40
	6.3.3. Speziell für Österreich relevante Ergebnisse.....	41

6.3.4. Berichte mit österreichischem Beitrag .....	51
<b>7 Vernetzung und Ergebnistransfer .....</b>	<b>68</b>
7.1. Auszug aus den Hauptveröffentlichungen.....	70
<b>8 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen.....</b>	<b>76</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>82</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>83</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>87</b>
Journal Publications .....	87
Conference Papers .....	89
Graz Declaration.....	94
Monte Verità Declaration .....	95





# 1 Kurzfassung

Der Bau, die Instandhaltung und der Betrieb von Gebäuden haben erhebliche Auswirkungen auf den Energieverbrauch und die Umwelt. Daher ist es von entscheidender Bedeutung, wirksame Bewertungsmethoden und Planungsinstrumente zu entwickeln, um diese Auswirkungen zu quantifizieren, zu bewerten und abzumildern. Der IEA EBC Annex 72<sup>1</sup>, ein gemeinsames Forschungsprojekt, an dem über 60 Wissenschaftler:innen aus 25 Ländern beteiligt waren, zielte darauf ab, diesen Forschungsbedarf zu decken, indem er sich auf die Lebenszyklusbewertung von Gebäuden konzentrierte.

Die Ziele des Annex 72 waren die Erarbeitung einer harmonisierten Bewertungsmethodik, die Entwicklung von Umweltbenchmarks für verschiedene Gebäudetypen, die Bereitstellung von Richtlinien und Werkzeugen für Entscheidungsträger:innen, die Durchführung von Fallstudien und die Entwicklung von Grundlagen für regionale Ökobilanzdatenbanken, die auf den Bausektor zugeschnitten sind.

Das vorliegende Dokument beschreibt die Ergebnisse des Annex 72 Projekts, das von November 2017 bis Ende 2022 unter österreichischer Beteiligung im Rahmen der IEA-Forschungskooperation lief. Der Bericht beschreibt die erreichten Ergebnisse, hebt den österreichischen Beitrag zum Projekt hervor und gibt Einblicke in die zukünftige Planung und mögliche Richtungen für die Fortführung der Forschung und Zusammenarbeit in diesem Bereich.

Das Annex 72 Projekt baut auf den Forschungsarbeiten des IEA EBC Annex 57 auf. Während sich Annex 57 auf die gebäudebezogenen "grauen" Aspekte einer Ökobilanz konzentrierte, weitet Annex 72 den Anwendungsbereich auf den gesamten Lebenszyklus aus, einschließlich der betrieblichen Auswirkungen der Gebäudenutzung. Ziel des Projekts war es, die lebenszyklusbezogenen Umweltauswirkungen von Gebäuden zu bewerten.

Die Betrachtung mehrerer Umweltindikatoren ermöglicht eine umfassende Bewertung der mit Gebäuden verbundenen Umweltauswirkungen. Die erzielten Forschungsergebnisse sollen Planungsprozesse und Entscheidungsfindungen für neue Gebäude und die Nachrüstung bestehender Gebäude unterstützen und so zur Reduzierung des Energiebedarfs und der Umweltauswirkungen in der bebauten Umwelt beitragen.

Das Projekt befasste sich auch mit den Herausforderungen der methodischen Standardisierung und erleichterte den Wissensaustausch zwischen den Partnerländern. Insbesondere jenen, die nur wenig Erfahrung mit der Anwendung von Ökobilanzansätzen bei Gebäuden haben.

Die Ergebnisse des Annex 72, die in den Abschluss- und Hintergrundberichten veröffentlicht wurden, haben bereits internationale Anerkennung gefunden, wobei eine Veröffentlichung 2022 eine bemerkenswert hohe Zitierhäufigkeit erreichte und auch im letzten IPCC-Bewertungsbericht erwähnt wurde.

---

<sup>1</sup> Weitere Informationen auf <https://annex72.iea-ebc.org>

## 2 Abstract

The construction, maintenance, and operation of buildings have a significant impact on energy consumption and the environment, making it crucial to develop effective assessment methods and design tools to quantify, evaluate, and mitigate these impacts. The IEA EBC Annex 72<sup>2</sup>, a joint research project involving over 60 scientists from 25 countries, aimed to address this need by focusing on life cycle assessment of buildings. The objectives of the Annex were to establish a harmonized assessment methodology, develop environmental benchmarks for different building types, provide guidelines and tools for design decision-makers, conduct case studies, and develop regional life cycle assessment databases tailored to the construction sector.

This document serves as the results report for the Annex 72 project, which has been running since November 2017 until the end of 2022 along with the Austrian participation within the IEA research cooperation. The report outlines the achieved goals, highlights the Austrian contribution to the project, provides insights into future planning and potential directions for the continuation of research and collaboration in this field.

The Annex 72 project builds upon the research conducted in the previous Annex 57. While Annex 57 focused on the building-related "grey" aspects of a life cycle assessment (LCA), Annex 72 expands the scope to encompass the life cycle as a whole, including the operational impacts of building use. The project's objective is to assess the life cycle-related environmental impacts caused by buildings.

In addition to considering primary energy demand and greenhouse gas emissions, Annex 72 takes into account various building types and stages of the life cycle, considering indicators such as primary energy demand, greenhouse gas emissions, acidification, particulate matter impacts, and resource depletion caused by buildings. This broader approach allows for a comprehensive evaluation of the environmental implications associated with buildings. The research outcomes are intended to support planning processes and decision-making for new buildings and for renovations, contributing to the reduction of energy demand and environmental impacts in the built environment.

The project also addressed methodological standardization challenges and facilitated knowledge exchange among partner countries, especially those with limited experience in applying life cycle assessment approaches to buildings.

The results of the Annex, available in the final and background reports, have garnered international recognition, with one publication achieving high citations in 2022 and being referenced in the latest IPCC Assessment Report. The project's achievements were praised by the ExCo in its last meeting, leading to the unanimous decision to continue the collaboration under Austrian leadership in the form of EBC Annex 89. This decision highlights the successful cooperation and underscores the importance and value of the research conducted within the framework of Annex 72.

---

<sup>2</sup> For more information refer to <https://annex72.iea-ebc.org>

# 3 Zusammenfassung

Diese Zusammenfassung basiert auf dem Summary Report des IEA EBC Annex 72<sup>3</sup> und ist frei ins Deutsche übersetzt. Diese Zusammenfassung ist in zwei Teile gegliedert und fokussiert sich hier auf die Zielgruppe der Politiker:innen und Entscheidungsträger:innen.

## 3.1. Projektzusammenfassung für Politiker:innen und Entscheidungsträger:innen

Gebäude und Infrastrukturen dienen der Befriedigung von Grundbedürfnissen und bilden die Grundlage für die soziale und wirtschaftliche Entwicklung. Die Herstellung, der Bau, die Instandhaltung und der Betrieb von Bauwerken sind mit erheblichen Energie- und Materialströmen sowie unerwünschten Auswirkungen auf die globale und lokale Umwelt verbunden.<sup>4</sup>

Ein Schwerpunkt ist die methodische Grundlage für die Quantifizierung und Bewertung von THG-Emissionen im Lebenszyklus von Gebäuden. Diese wirken sich auf die globale Erwärmung aus und tragen mit einem Anteil von etwa 40 % der globalen THG-Emissionen<sup>5</sup> dazu bei, dass das verbleibende THG-Emissionsbudget, das dem 1,5°C-Ziel entspricht, schnell aufgebraucht ist. Es besteht ein dringender Handlungsbedarf.

Um diese Auswirkungen quantifizieren, bewerten und gezielt reduzieren zu können, werden geeignete Bewertungsmethoden und Planungswerkzeuge benötigt. Solche Methoden und Werkzeuge ermöglichen es den Entscheidungsträger:innen, die Auswirkungen auf die Umwelt nicht nur zu erkennen, sondern auch zu beeinflussen, und zwar sowohl in der Entwurfsphase als auch während des gesamten Projekts. Die Weiterentwicklung solcher Bewertungsmethoden und Entwurfshilfen für Gebäude waren einige der Aufgaben des Annex 72. Die von mehr als 60 Wissenschaftler:innen aus 25 Ländern Europas, Amerikas und Asiens erarbeiteten Grundlagen und Handlungsempfehlungen sind nun auf der Annex 72 Website verfügbar.<sup>6</sup>

Die wichtigsten Erkenntnisse sind in den Kapiteln 3.1.2 bis 3.1.6 zusammengefasst.

---

<sup>3</sup> Summary Report «EBC Annex 72: Assessing Life Cycle Related Environmental Impacts Caused by Buildings» Frischknecht et. al., DOI: <https://zenodo.org/record/7468021>

<sup>4</sup> IEA and UN Environment (2018) 2018 Global Status Report: towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector. Global Alliance for Buildings and Construction, Paris.

<sup>5</sup> UN (United Nations), "UN sustainable development goals," 2015. [Online]. Verfügbar unter [https://sdgs.un.org/#goal\\_section](https://sdgs.un.org/#goal_section)

<sup>6</sup> Weitere Informationen auf <https://annex72.iea-ebc.org/publications>

### **3.1.2. Kontext und politische Implikationen**

6. Die „grauen“ THG-Emissionen von Gebäuden und insbesondere von Bauprodukten (etwa 10 % der weltweiten THG-Emissionen) müssen ins Blickfeld gerückt und drastisch reduziert werden.
7. Immer mehr Länder wollen Methoden und Daten der Ökobilanzierung (LCA), Planungsinstrumente und Umweltbenchmarks für die Anwendung in der Baugesetzgebung bereitstellen.
8. Es besteht die Notwendigkeit, rechtlich verbindliche Anforderungen einzuführen, um die lebenszyklusbezogenen THG-Emissionen von Neubauten und Sanierungen bis spätestens 2025 zu begrenzen. Ein Fahrplan, der bis 2035 zu einem Netto-Null-Wert für lebenszyklusbezogene THG-Emissionen führt, ist ebenfalls dringend erforderlich, um die Bauaktivitäten in die richtige Richtung zu lenken.
9. Die mit dem Bau und der Nutzung von Gebäuden verbundenen THG-Emissionen werden in sektoralen Analysen, die sich auf den Betrieb konzentrieren, unterschätzt. Um einen vollständigen Überblick über die von Gebäuden verursachten THG-Emissionen und andere Umweltauswirkungen zu erhalten, ist eine sektorübergreifende Analyse des gesamten Handlungsfelds "Bau, Instandhaltung, Nutzung und Rückbau von Gebäuden" erforderlich.

### **3.1.3. Lebenszyklusbezogene Modellierung und Bewertung**

5. Bei der Bewertung der Umweltauswirkung von Gebäuden muss das gesamte Gebäude in seinem gesamten Lebenszyklus betrachtet werden, einschließlich aller vor- und nachgelagerten Prozesse. Für den Entwurf und die Bewertung werden geeignete Gebäude- und Lebenszyklusmodelle mit einem hohen Maß an Transparenz benötigt, um Unsicherheiten zu veranschaulichen und damit auch reduzieren zu können.
6. Der Hauptindikator für die Quantifizierung möglicher Auswirkungen auf das Klima sind die THG-Emissionen, gemessen in kg THG-Äquivalenten. Die THG-Emissionen sollten mittels Ökobilanzierung ermittelt und vorzugsweise in einen fossilen und einen biogenen Anteil aufgeteilt werden. Der sich daraus ergebende THG-Emissionen-Fußabdruck eines Gebäudes sollte durch Informationen über den biogenen THG-Emissionsgehalt sowie durch andere Indikatoren zur Erfassung der Umweltauswirkung ergänzt werden.
7. Einige Lebenszyklusmodelle sind methodisch anspruchsvoll, und hier sind klare Regeln erforderlich. Beispiele sind der Umgang mit Biomasse, Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energie und zulässige Ansätze zur Kompensation von THG-Emissionen in der Bilanz erforderlich. Annex 72 enthält Empfehlungen für diese Bilanzierungsregeln.

### **3.1.4. Lebenszyklusbezogene Umweltdaten und LCA-Datenbank**

8. Länder, die noch keine LCA-Datenbank für den Bausektor auf nationaler Ebene haben, werden aufgefordert, so bald wie möglich damit zu beginnen.
9. Die LCA-Datenbank sollte Baumaterialien (sowohl allgemeine als auch firmen- bzw. produktspezifische), technische Systeme (z. B. Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage und Photovoltaikanlagen), Energie- und Wasserversorgung, Verkehr sowie Abfallwirtschaft und

Abwasserbehandlung abdecken. Sie sollte die lebenszyklusbedingten THG-Emissionen sowie andere wichtige Umweltauswirkungen wie Feinstaubemissionen, radioaktive Abfälle, die Erschöpfung der Ressourcen und den Verlust der biologischen Vielfalt berücksichtigen.

10. Umfassende Dokumentation, unabhängige Überprüfung und vollständige Datentransparenz werden als Hauptmerkmale angesehen, die zur Gewährleistung einer angemessenen Datenqualität beitragen.

### **3.1.5. Lebenszyklusbezogene Umwelt-Benchmarks**

11. Für die Bewertung der Umweltauswirkung von Gebäuden, insbesondere der THG-Emissionen im Lebenszyklus von Gebäuden, sind geeignete Bewertungsmaßstäbe in Form von Benchmarks und Zielwerten erforderlich. Diese Benchmarks und Zielwerte müssen eine untrennbare, konsistente Einheit mit der jeweiligen Methode und Datengrundlage bilden.
12. Gegenwärtig werden Benchmarks, die auf technischer und/oder wirtschaftlicher Machbarkeit beruhen, zunehmend durch Zielwerte ergänzt, die von den planetaren Grenzen abgeleitet sind und das noch verfügbare Budget für THG-Emissionen berücksichtigen, um die festgelegten Grenzwerte für die globale Erwärmung einzuhalten.
13. Die Benchmarks und Zielwerte, die sich auf den gesamten Lebenszyklus beziehen, können zu Orientierungs- und Kommunikationszwecken unterteilt werden, z. B. in einen grauen- und betriebsbedingten Teil.
14. Mit "(Netto-)Null- THG-Emissionen" liegt der erste universelle Benchmark vor, der für alle Gebäudetypen und Nutzungen in allen Klimazonen geeignet ist.

### **3.1.6. Design tools and building information modelling (BIM)**

15. Die Umweltauswirkungen des Gebäudes sollten während des gesamten Entwurfsprozesses verfolgt und reduziert werden. Es wurde eine Reihe von Leitlinien entwickelt, die Ausblicke und Empfehlungen für die Integration der Ökobilanz in den Entwurfsprozess und die Entwurfswerkzeuge geben, um die am Gebäudeentwurfsprozess beteiligten Akteur:innen zu unterstützen und ihnen wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse zu vermitteln. Weitere Informationen zu den Leitlinien sind in Kapitel [6.3.1 Deliverable C](#) zu finden.
16. Dieser Leitfaden beantwortet systematisch die Fragen, wann und zu welchem Zweck eine Ökobilanz durchgeführt wird, wie die Informationen über das Gebäude aufbereitet werden, damit sie in die Werkzeuge oder den Arbeitsablauf integriert werden können, welche Arbeitsabläufe und Werkzeuge verwendet werden sollten, welche Visualisierung und Kommunikation der Ergebnisse in der Ökobilanz verwendet werden sollte, für wen und wofür die Ökobilanz für jeden Schritt des Entwurfsprozesses benötigt wird.
17. Um das Verständnis und die praktische Anwendung für alle beteiligten Akteur:innen zu verbessern, wurde eine Zusammenfassung dieser Leitlinien und Empfehlungen zur Verringerung der Umweltauswirkungen während des Designprozesses in ein spezielles praxisorientiertes Dokument aufgenommen: the **Design Decision Table**. (siehe Kapitel [6.3.2 The Design Decision Table](#))

# 4 Ausgangslage

## 4.1. Stand der Technik bzw. Stand des Wissens

Die Nachhaltigkeit - d.h. die Anwendung der Prinzipien einer nachhaltigen Entwicklung<sup>7</sup> - nimmt, neben ihrer ökonomischen, gesellschaftlichen und kulturellen Bedeutung, im Bauwesen aufgrund der hohen Stoff- bzw. Energieströme und den damit verbundenen Umweltwirkungen eine Schlüsselrolle ein. Aufgrund des enormen Energieverbrauchs - ca. 40% des weltweiten Verbrauchs, zumeist aus nicht erneuerbaren Energieträgern - kommt diesem Sektor bei der Maximierung der Energieeffizienz oberste Priorität zu. Zur Einschränkung gefährlicher Auswirkungen des Klimawandels wurde auf der Pariser Klimakonferenz (COP21) im Dezember 2015 von „195 Länder die erste umfassende und rechtsverbindliche weltweite Klimaschutzvereinbarung. Die Regierungen haben sich auf das langfristige Ziel geeinigt, den Anstieg der Durchschnittstemperatur weltweit auf deutlich weniger als 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Stand zu beschränken und einen Temperaturanstieg von höchstens 1,5°C anzustreben.“<sup>8</sup> Das Ziel der Internationalen Energieagentur (IEA) und der Europäischen Union (EU) ist daher, eine Reduktion der Emissionen um 80% bis 2050 zu erreichen. Mit der Neufassung der EU Gesamtenergieeffizienzrichtlinie von Gebäuden im Jahr 2010 wurde dazu bereits der Weg in Richtung nahezu Null-Energie-Gebäude eingeschlagen. Im Zuge dieser steigenden Anforderungen an die Gebäudeenergieeffizienz verschiebt sich nun die Bedeutung der umweltbezogenen Auswirkungen von der Nutzungs- auf die Errichtungsphase, weshalb Bauprodukten und den baustoffspezifischen grauen Umweltwirkungen zunehmend mehr – relative und absolute – Bedeutung zukommt.

Das EBC TCP bietet wissenschaftliche Berichte und zusammenfassende Informationen für Entscheidungsträger:innen über integrierte Stadt- und Gebäudeplanung; Gebäude- Energiesysteme; Gebäudehüllen; nutzerorientierte Methoden; sowie Gesamtbetriebsenergie von Gebäuden. Angesichts der nationalen Emissionsziele sind lokale Entscheidungsträger:innen aufgerufen Strategien zu definieren und Programme zur Integration von Energieplanung in die Stadt- und Gebäudeplanung umzusetzen.

Der derzeitige Strategieplan des EBC benennt explizit die Notwendigkeit einer Reduktion des Gesamtenergieverbrauchs und der THG-Emissionen im Gebäudelebenszyklus. Weiter wird auf die Notwendigkeit einer Harmonisierung der Bewertungsmethoden und deren praxistauglicher Anwendung im Planungsprozess hingewiesen.

Die IEA hatte bereits in den Jahren 1996 - 1999 das Forschungsprojekt Annex 31 zum Thema "Energie relevante Umweltwirkungen von Gebäuden" durchgeführt, welches auf der Grundlage der LCA<sup>9,10</sup>

---

<sup>7</sup> UN (United Nations), "UN sustainable development goals," 2015. [Online]. Verfügbar unter: [https://sdgs.un.org/#goal\\_section](https://sdgs.un.org/#goal_section)

<sup>8</sup> "European Commission, COP 21." [Online]. Verfügbar unter: [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/international-action-climate-change/climate-negotiations/paris-agreement\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/international-action-climate-change/climate-negotiations/paris-agreement_en)

<sup>9</sup> CEN, "ÖN EN ISO 14040 2009, Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework.pdf." ASI, Vienna, 2009.

<sup>10</sup> ÖNORM EN ISO 14044: 2006 10 01 – Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen.

(Life Cycle Assessment) aufbaute. Durch den kürzlich abgeschlossenen „IEA EBC Annex 57: Evaluierung der baustoffspezifischen THG- Emissionen und der grauen Energie“<sup>11</sup> konnten im Rahmen der österreichischen Beteiligung bereits wesentliche Schritte zu Bewertungsmethoden für die konstruktionsspezifischen Umweltwirkungen von Bauprodukten erarbeitet werden. Während der Annex 57 dabei auf die „graue Energie“ (Primärenergiebedarf) und die mit den Baumaterialien verbundenen THG-Emissionen fokussierte, gibt es in der Bewertung des gesamten Lebenszyklus unter Berücksichtigung mehrerer Umweltindikatoren noch erheblichen Abstimmungs- und Harmonisierungsbedarf.

Gerade auch auf europäischer Ebene sind generelle Zielvorgaben an die Mitgliedsländer hinreichend definiert worden (EU 2020/2050 Ziele, neue Bauprodukteverordnung<sup>12</sup>, Arbeiten des CEN/TC 350<sup>13</sup>, Strategie der Europäischen Kommission, PEF<sup>14</sup>, etc.), die nationale Umsetzung bedarf jedoch noch der Klärung von zahlreichen Fragestellungen im Detail. So hat sich etwa aufgrund der komplexen Fragestellungen gezeigt, dass die Normen des CEN/TC [9] <sup>15</sup>sehr allgemein sein werden und in der weiteren Folge Details national festgelegt werden müssen. Parallel wird derzeit vielerorts an Bewertungen zur Umweltverträglichkeit von Bauprodukten, z.B. EPDs<sup>16</sup> (Umweltproduktdeklarationen) oder PCRs (Products Category Rules) gearbeitet<sup>17</sup>.

Grundsätzlich stellte sich die Ausgangslage zu Beginn des Projekts wie folgt dar. Nachhaltigkeitsbewertungen sollen nur auf Bauwerksebene durchgeführt werden, um alle Aspekte (ökologische, soziale, ökonomische) sowie die der funktionalen und technischen Performance zu berücksichtigen. Derzeit werden diese Bewertungen nach einem der etablierten Bewertungssysteme (TQB, ÖGNI – bzw. DGNB– Gütesiegel, klima:aktiv, LEED, BREEAM u.a.) durchgeführt. Grundlage sind sog. ökologische Bewertungen der verwendeten Bauprodukte und des Energieverbrauchs in der Nutzungsphase. Die Regelungen und Bewertungsmethoden sind derzeit aber weit von einer Harmonisierung entfernt. Zahlreiche Forschungsprojekte (auch auf europäischer Ebene) haben neue Bewertungsmethoden entwickelt. Alle diese Bewertungen greifen – derzeit noch auf freiwilliger Basis – auf EPDs oder auf generische Daten zurück. Sind produktspezifische Hersteller:innenangaben nicht vorhanden (was derzeit größtenteils der Fall ist), müssen Daten selbst erhoben bzw. aus entsprechenden Datenbanken übernommen werden (z.B.: Datenbanken Ökobau.dat,<sup>18</sup> „ecoinvent“<sup>19</sup>, baubook<sup>20</sup> oder GaBi<sup>21</sup>).

---

11 Website des IEA EBC Annex 57, verfügbar unter: <http://www.annex57.org>

12 EC, REGULATION (EU) No 305/2011 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC

13 CEN TC 350, siehe: <http://www.cen.eu/cen/>

14 EC: Commission Recommendation of 9 April 2013 on the use of common methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations.

15 CEN, ÖNORM EN 15978

16 CEN, ÖNORM EN 15804

17 A. Passer et al.

18 M. Röck, A. Passer, G. Habert

19 Siehe: <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/>

20 Siehe: <https://www.baubook.info/de>

21 Siehe: [www.gabi-software.com](http://www.gabi-software.com)



# 5 Projektinhalt

## 5.1. Internationales Vorhaben – Annex 72

Der Annex 72 konzentrierte sich auf die Bewertung der Umweltwirkungen während des gesamten Lebenszyklus von Gebäuden (Abbildung 1). Es wurden Möglichkeiten zur besseren Integration von Lebenszyklus-Bewertungen im Planungsprozess untersucht (z.B. mit Hilfe digitaler Planungsmethoden - Building Information Modeling (BIM)), konkrete Leitlinien für die Anwendung im Planungsprozess erarbeitet und Architekt:innen und Planer:innen zur Verfügung gestellt. Auf der Basis von Case Studies wurden Referenz- und Zielwerte für die Umweltwirkungen von Gebäuden abgeleitet, welche als weiterer wesentlicher Schritt zur Operationalisierung der Nachhaltigkeit in der gebauten Umwelt dienen. Falls noch nicht verfügbar war, wurde in teilnehmenden Ländern die Entwicklung von regionalen bausektorspezifischen Datenbanken unterstützt.



Abbildung 1: Phasen und Umweltwirkungen im Lebenszyklus von Gebäuden. (Quelle: AGNHB TU Graz, Annex 72 Text)

## 5.2. Ziele

Die Ziele des Annex 72 waren:

- Die Erarbeitung und Vereinheitlichung von Grundlagen zur Bewertung des lebenszyklusbasierten Primärenergiebedarfs, der THG-Emissionen und der Umweltauswirkungen von Gebäuden sowie Formulierung von Vorschlägen für die Erarbeitung nationaler oder institutioneller Berechnungs- und Bewertungsregeln.
- Die Erarbeitung von Grundlagen für die Entwicklung, Anwendung und Interpretation von umweltbezogenen Benchmarks für verschiedene Gebäudetypen. Die Ableitung von regional differenzierten Leitlinien und Instrumenten zur Unterstützung von Entwurfsentscheidungen bei Gebäuden, wie z. B. BIM für Architekt:innen.
- Die Sammlung und Analyse von Fallstudien zur Unterstützung der Auswertung realer Anwendungserfahrungen.

### 5.3. Anwendungsbereich und Abgrenzung

Der Anwendungsbereich des Annex 72 soll Planungsprozesse und Entscheidungsfindungen im Zusammenhang mit neuen Gebäuden und der Renovierung von bestehenden Gebäuden unterstützen. Er umfasste Wohngebäude (Ein- und Mehrfamilienhäuser), Bürogebäude, Schulgebäude, Krankenhäuser und andere. Der Lebenszyklus umfasst die Phasen der Produktion (Herstellung von Baumaterialien einschließlich der Ressourcengewinnung), des Bauprozesses (Errichtung des Gebäudes und Transport der Materialien), der Nutzung (Energie- und Wasserverbrauch im Betrieb, Wartung, Reparatur und Ersatz) sowie des Lebensendes (Rückbau, Abfallverarbeitung und Entsorgung). Die angesprochenen Indikatoren umfassen den Primärenergiebedarf (nicht erneuerbar und erneuerbar), die THG-Emissionen sowie weiterer Umweltauswirkungen wie Versauerung, Feinstaubbelastung oder die Erschöpfung abiotischer Ressourcen durch Gebäude.

### 5.4. Methodologie

Die Arbeiten zur Erreichung der formulierten Ziele des Annex 72 wurden in fünf Subtasks unterteilt. Die übergeordnete Organisation oblag dem Operating Agent (Rolf Frischknecht, treeze Ltd.). Im Folgenden sind zudem die Subtasks, deren Inhalte sowie die leitenden Personen dargestellt.

#### 5.4.2. Subtasks

Die abgeleiteten Arbeitspakete des Annex 72 waren in fünf Subtasks gegliedert:

- Subtask 1: Leitfäden zu harmonisierten Methoden / Thomas Lützkendorf, Karlsruher Institut für Technologie, Deutschland
- Subtask 2: Bewertungsabläufe und -instrumente / Alexander Passer, Technische Universität Graz, Österreich
- Subtask 3: Case studies / Harpa Birgitsdottir, Danish Building Research Institute, Aalborg University Copenhagen, Denmark
- Subtask 4: LCA-Datenbanken für den Bausektor / Chang-U Chae, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Republic of Korea
- Subtask 5: Dissemination / Rolf Frischknecht, treeze Ltd., Schweiz

#### **Subtask 1: Leitfäden zu harmonisierten Methoden**

Dieser Subtask konzentrierte sich auf die Weiterentwicklung und Erweiterung der Methodik-Richtlinien für die Lebenszyklusbewertung von Gebäuden und auf Benchmarks. Die Leitfäden wurden von den im IEA EBC Annex 57 vereinbarten Leitlinien und Ansätzen abgeleitet und auf den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden ausgedehnt. Es wurde eine klare Unterscheidung zwischen Modellierungspraktiken und Bewertungsabläufen einerseits und Daten und Datenbanken

andererseits getroffen. Zusätzlich wurde die Diskussion über mögliche empirische Benchmarks auf Basis der Fallstudien in ST3 fortgesetzt.

### **Subtask 2: Bewertungsabläufe und -instrumente**

Subtask 2 konzentrierte sich auf die Beschreibung und Entwicklung von Baubewertungsinstrumenten, insbesondere die Integration der LCA in Building Information Modeling (BIM). Es wurden Möglichkeiten untersucht, um Umweltinformationen für die Lebenszyklusanalyse mit Elementen in BIM zu verknüpfen, sowie der Einfluss der Modellqualität und unterschiedlicher Bewertungsabläufe auf eine vollständige und konsistente Bewertung während des gesamten Planungsprozesses ermittelt.

### **Subtask 3: Case Studies**

Es wurde ein umfangreicher Satz von Fallstudien analysiert und gemäß der in Subtask 1 vereinbarten Methodik quantifiziert. Diese Fallstudien wurden zur Diskussion über die Entwicklung empirischer Benchmarks und zur Validierung anderer Benchmarks (basierend auf ST1) genutzt. Es wurde untersucht, ob eine Typologie von klimatischen und technischen Rahmenbedingungen erstellt werden kann, um empirisch abgeleitete Benchmarks in den beteiligten Nationen anzuwenden.

### **Subtask 4: LCA-Datenbanken für den Bausektor**

Dieser Subtask konzentrierte sich auf die Entwicklung und Bereitstellung von Lebenszyklusbewertungs-Datenbanken, die auf den Bausektor ausgerichtet sind. Er richtete sich insbesondere an Länder mit einem aktuellen Mangel an zuverlässigen, länderspezifischen LCA-Datenbanken.

### **Subtask 5: Dissemination**

Dieser Subtask unterstützte die Subtasks 1 bis 4 bei der Finalisierung, Verbreitung und Kommunikation der erzielten Ergebnisse.

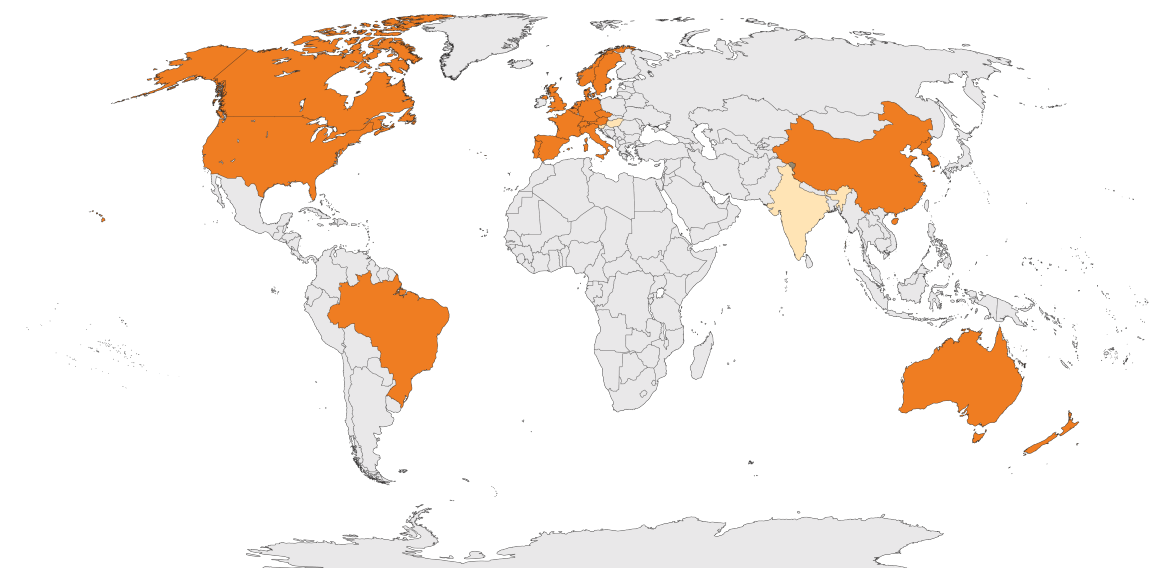


Abbildung 2: Teilnehmerländer von Annex 72.

## 5.5. Österreichischer Beitrag

Die österreichische Beteiligung am Annex 72 erfolgte in unterschiedlicher Intensität beim ST1, ST2, ST3 und ST4 sowie in der allgemeinen Berichterstellung und Verbreitung in ST5. Durch die Leitung des Subtask 2 konnten die genannten nationalen Anforderungen und Entwicklungen im Bereich des nachhaltigen Bauens, der Integration produktspezifischer Informationen zur Lebenszyklusoptimierung von Gebäuden in der Planungsphase sowie bestehende nationale Normung und Forschung zum Thema computergestützte Gebäudemodellierung besonders berücksichtigt werden.

Durch die aktive Einbindung der österreichischen Teilnahme in Form der Subtask-Leitung wurde ein maßgeblicher Beitrag zum gemeinsamen internationalen Erkenntnisgewinn geleistet. Durch die geplanten Expert:innenbefragungen wurden die nationalen Stakeholder bereits in einer frühen Projektphase eingebunden, um ihre Expertise und Anforderungen aus österreichischer Sicht in den Annex 72 einzubringen.

Für Österreich war die Mitarbeit bei der Harmonisierung der Bewertungsmethoden sowie bei der Analyse verschiedener Bewertungsabläufe und -instrumente von großer Bedeutung, da es derzeit keinen harmonisierten nationalen Bewertungsmethoden gibt. Darüber hinaus waren die Ergebnisse der Analyse nationaler und internationaler Fallstudien sowie die anschließende Diskussion über Benchmarks wichtig, um die nationalen Entwicklungen im Bereich des nachhaltigen Bauens einordnen zu können. Dies war sowohl wichtig, um die Erkenntnisse aus dem internationalen Projekt gezielt in Österreich zu verbreiten, als auch um Bewertungsmethoden und Instrumente bereitzustellen, mit denen die österreichischen Ziele zur Reduzierung der Umweltauswirkungen von Gebäuden erreicht werden konnten.

Im beschriebenen Forschungsprojekt wurden gemeinsame internationale Rahmenbedingungen für die Ermittlung der gesamten lebenszyklusrelevanten Umweltauswirkungen von Gebäuden erarbeitet. Um die Anwendbarkeit dieser harmonisierten Methode in der Planung zu unterstützen, wurde die Integration mit bestehenden Werkzeugen des Entwurfs- und Planungsprozesses untersucht und die Entwicklung von Richtwerten auf Gebäudeebene vorangetrieben. Insbesondere die Fortschritte im Bereich der computergestützten Planungsmethoden, wie Building Information Modeling (BIM), bieten Möglichkeiten zur Integration spezifischer Kennwerte innerhalb von dreidimensionalen, objektspezifischen Bauwerks-Datenmodellen. Die zunehmende Anwendung und Standardisierung dieser Prozesse in Österreich und Europa (z. B. ÖN A6241, CEN/TC 442) legen die Grundlage für eine mögliche Einbettung.

Die Vernetzung der internationalen Expert:innen untereinander sowie mit den nationalen Stakeholdern erfolgte im Projektverlauf im Rahmen von nationalen und internationalen Workshops. Die Erkenntnisse wurden zudem auf relevanten Konferenzen verbreitet und in Fachzeitschriften veröffentlicht.

## 5.5.2. Leitung Subtask 2

Das Ziel bestand darin, den Subtask 2 zu leiten und das Deliverable C (Leitlinien für Entscheidungsträger:innen im Design) zu erstellen. Die laufende Koordination der Aktivitäten erfolgte im Rahmen regelmäßiger Telekonferenzen (mindestens 4-mal jährlich). Diese Vorgehensweise hat sich bewährt und soll in Zukunft auch im Sinne des Klimaschutzes und der Kosteneffizienz fortgesetzt werden.

Die Unteraufgabe umfasste verschiedene Aktivitäten, die darauf abzielten, die Bewertung der lebenszyklusbezogenen Umweltauswirkungen von Gebäuden während des Entwurfsprozesses zu verbessern. Es wurden Umfragen unter LCA-Expert:innen und Entscheidungsträger:innen durchgeführt, um Informationen über nationale Praktiken, Arbeitsabläufe, Planungswerkzeuge, Datenformate und mehr zu sammeln. Basierend auf den Ergebnissen wurde ein umfassender Bericht erstellt, der den aktuellen Stand und die potenziellen Möglichkeiten für die Umsetzung solcher Bewertungen aufzeigt.

Eine weitere wichtige Aufgabe bestand darin, die Anforderungen für die Integration lebenszyklusbezogener Aspekte in den verschiedenen Phasen des Entwurfs- und Planungsprozesses zu ermitteln. Es wurden Umsetzungsstrategien vorgeschlagen, die international kompatible Lösungen von Planungswerkzeugen und -formaten wie Building Information Modeling (BIM) berücksichtigen. Das Ziel war es, Lebenszyklusinformationen nahtlos zu integrieren und dabei bestehende Strukturen wie Kostenberechnungsansätze zu nutzen.

Angesichts der Bedeutung von Gebäudemodellen im Planungsprozess wurde eine Analyse durchgeführt, um festzustellen, wie Unterschiede in der Vollständigkeit und Detaillierung berücksichtigt werden können. Dies beinhaltete die Anwendung von Korrekturfaktoren und die Festlegung von Richtlinien zur Bewertung der Vollständigkeit eines Gebäudemodells. Diese Leitlinien dienten als Indikatoren für die Verwendung des Modells in Lebenszyklusanalysen von Gebäuden.

Schließlich wurden spezielle Leitlinien für Entscheidungsträger entwickelt, die ihnen Einblicke in die Nutzung verfügbarer Informationen zur Bewertung der lebenszyklusbezogenen Umweltauswirkung von Gebäuden während des Entwurfsprozesses geben sollten. Diese Leitlinien zielten darauf ab, Verbesserungen der Gesamtumweltauswirkungen von Gebäuden zu erleichtern.

Insgesamt umfasste die Teilaufgabe die Durchführung von Umfragen, die Erstellung von Berichten, die Ermittlung von Anforderungen, das Vorschlagen von Umsetzungsstrategien, die Analyse von Gebäudemodellen, die Erstellung von Leitlinien und die Unterstützung von Entscheidungsträger:innen bei der Planung, alles mit dem Ziel, Ökobilanzen in den Bauplanungsprozess zu integrieren.

Highlights:

- Entwicklung der Leitlinie für Designentscheidungsträger:innen (D3 Table)
- Vorstellung der D3 Table der EU Kommission innerhalb des SBE22 Berlin Annex 72 Workshops

# 6 Ergebnisse

Die Ergebnisse des Annex 72 tragen dazu bei, die Verwendung von Umweltinformationen bei der Planung von Gebäuden zu fördern und sollen in Zukunft zu ressourceneffizienteren Gebäuden führen. Die offiziellen Ergebnisse fördern die Bedeutung und die bewährten Praktiken der ökologischen Lebenszyklusbewertung von Gebäuden. Die definierten Umweltbenchmarks dienen als wichtiger Maßstab für Architekt:innen, Planer:innen, Politiker:innen, Gebäudeeigentümer:innen und Investor:innen.

Eine wichtige Errungenschaft des Annex 72 ist die Einführung einer harmonisierten Methodik zur Bewertung des Primärenergiebedarfs, der THG-Emissionen und der Umweltauswirkungen während des gesamten Lebenszyklus von Gebäuden (Produktion, Bau, Nutzung und Ende der Lebensdauer). Eine weitere wichtige Errungenschaft ist die Anleitung zur Implementierung dieser Informationen in Gebäudeinformations- und Planungswerkzeugen wie BIM.

## 6.1. Übersicht

Die Abschlussberichte, die für die verschiedenen Teile des Projekts veröffentlicht wurden, enthalten umfangreiche Informationen zu spezifischen Themen. Diese Informationen können in laufenden und zukünftigen Diskussionen über die Anforderungen zur Erreichung der Klimaneutralität in Gebäuden genutzt werden. Die aus dem Projekt abgeleiteten Ergebnisse sind ohne weiteres anwendbar und dienen als wertvolle Ressourcen für die weitere Entwicklung in diesen Bereichen.

Zu den wichtigsten Produkten des Annex gehören eine Reihe von Berichten über die lebenszyklusbasierten Umweltauswirkungen von Gebäuden (Abbildung 3):

- Ein Bericht über kontextspezifische Bewertungsmethoden für lebenszyklusbezogene Umweltauswirkungen von Gebäuden (Del. B)
- Ein Leitfaden für Planungsentscheider:innen (Del. C)
- Ein Bericht über weltweite lebenszyklusbasierte Datenbanken und Repositories für den Bausektor (Del. D).
- Ein Bericht über Bewertung der lebenszyklusbezogenen Umweltauswirkungen von Gebäuden - Sammlung von Fallstudien (Del. E)
- Ein Bericht über Benchmarking und Zielfestlegung für die lebenszyklusbezogene Umweltleistung von Gebäuden (Del. F)
- Leitlinien für die Einrichtung einer einfach zu nutzenden nationalen LCA-Datenbank für den Bausektor (Del. G)
- Ein Bericht über Lebenszyklus-Optimierung der Gebäudeleistung: eine Sammlung von Fallstudien (Del. I)
- Ein Bericht über das Verständnis der Auswirkungen individueller, industrieller und politischer Entscheidungen auf den Übergang zur ökologischen Nachhaltigkeit (Del. J)

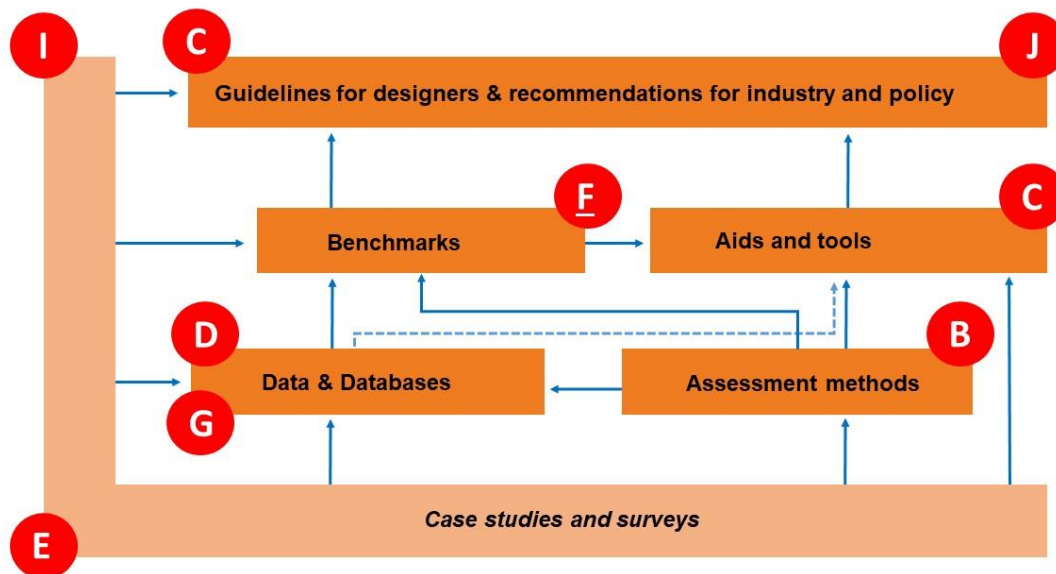


Abbildung 3: Zusammenfassung der Deliverables.

Zusätzlich zu den Deliverables wurden Hintergrundberichte erstellt, um einen tieferen Einblick in verschiedene Unterthemen zu geben, die während der Entwicklung der Hauptergebnisse diskutiert wurden.

Insgesamt wurden im Rahmen des Annex 72, 8 offizielle Deliverables, 17 Hintergrundberichte, 17 Journal-Publikationen (11 mit österreichischen Beiträgen) und 42 Conference Papers (13 mit österreichischen Beiträgen) erstellt.

### 6.1.2. Deliverables<sup>22</sup>

Anbei findet sich eine Übersicht der Hauptberichte. Die Kurzfassungen befinden sich im Kapitel 6.3.

#### **Deliverable A**

##### **Project Summary Report**

**EBC Annex 72: Assessing Life Cycle Related Environmental Impacts Caused by Buildings**

DOI: <https://zenodo.org/record/7468021>

#### Deliverable B (ST1)

Context-specific assessment methods for life cycle-related environmental impacts caused by buildings

DOI: <https://zenodo.org/record/7468316>

#### Deliverable C (ST2)

<sup>22</sup> Anmerkung: Berichte, an denen Österreich als Hauptautor beteiligt ist - **fett**; Berichte, an denen Österreich als Mitautor beteiligt ist - *kursiv*

### **Guidelines for design decision-makers**

DOI: <https://zenodo.org/record/7468687>

### **Deliverable D (ST4)**

World Building life-cycle based Databases and Repositories for Building and Construction Sector

DOI: <https://zenodo.org/record/7468725>

### **Deliverable E (ST3)**

Assessing life cycle related environmental impacts caused by buildings – Case Study Collection

DOI: <https://zenodo.org/record/7468792>

### **Deliverable F (ST1)**

Benchmarking and target-setting for life cycle-related environmental performance of buildings

DOI: <https://zenodo.org/record/7468752>

### **Deliverable G (ST4)**

Guidelines for establishing an easy to use National LCA Database for the Construction Sector

DOI: <https://zenodo.org/record/7468416>

### **Deliverable I (ST3)**

Life-cycle optimization of building performance: a collection of case studies

DOI: <https://zenodo.org/record/7468477>

### **Deliverable J (ST3)**

Understanding the impact of individual, industry & political decisions on transitions towards environmental sustainability

DOI: <https://zenodo.org/record/7468835>

## **6.1.3. Hintergrundberichte<sup>23</sup>**

Alle Hintergrundberichte sind in folgender Publikation gesammelt:

### **IEA EBC Annex 72: Background information**

DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7

Basics and recommendations on aggregation and communication of building LCA assessment results – A Contribution to IEA EBC Annex 72

DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-01

Basics and recommendations on influence of future electricity supplies on LCA-based building assessments – A Contribution to IEA EBC Annex 72

DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-02

---

<sup>23</sup> Anmerkung: Berichte, an denen Österreich als Hauptautor beteiligt ist - **fett**; Berichte, an denen Österreich als Mitautor beteiligt ist - *kursiv*



Basics and recommendations on electricity mix models and their application in buildings LCA – A Contribution to IEA EBC Annex 72

DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-03

Basics and recommendations on discounting in LCA and consideration of external cost of GHG emissions – A Contribution to IEA EBC Annex 72

DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-04

Basics and recommendations on modelling of processes for transport, construction and deconstruction in building LCA – A Contribution to IEA EBC Annex 72

DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-05

Basics and recommendations on influence of future climate change on prediction of operational energy consumption – A Contribution to IEA EBC Annex 72

DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-06

Basics and recommendations on influence of service life of building components on replacement rates and LCA-based assessment results – A Contribution to IEA EBC Annex 72

DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-07

**Basics and recommendations on assessment of biomass-based products in building LCAs: the case of biogenic carbon – A Contribution to IEA EBC Annex 72**

(see chapter [6.3.4](#))

**DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-08**

*Level of knowledge and application of LCA in design practice: results and recommendations based on surveys – A Contribution to IEA EBC Annex 72*

(see chapter [6.3.5](#))

DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-09

*Survey on the use of national LCA-based assessment methods for buildings in selected countries – A Contribution to IEA EBC Annex 72*

(see chapter [6.3.6](#))

DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-10

Rules for assessment and declaration of buildings with net-zero GHG-emissions: an international survey – A Contribution to IEA EBC Annex 72

DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-11

**Potentials and requirements for implementing LCA across different design steps, project phases and life cycle stages – A Contribution to IEA EBC Annex 72**

(see chapter [6.3.7](#) and chapter [6.3.8](#))

**DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-12**

**Systematic building decomposition for implementing LCA – A Contribution to IEA EBC Annex 72**

(see chapter [6.3.9](#))

**DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-13**

**LCA strategy for uncertainty in design phases – A Contribution to IEA EBC Annex 72**

(see chapter [6.3.10](#))

DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-14

**Designer’s toolbox for building LCA – A Contribution to IEA EBC Annex 72**

(see chapter [6.3.10](#))

DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-15

**LCA-BIM workflows in the design process – A Contribution to IEA EBC Annex 72** (see chapter [6.3.11](#))

DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-16

**Visualising LCA results in the design process – A Contribution to IEA EBC Annex 72**

(see chapter [6.3.12](#))

DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-17

#### **6.1.4. Weitere österreichische Beiträge**

Ergänzend zu den Beiträgen von Österreich – siehe [Kapitel 6.3 Ergebnisse der Österreichischen Beteiligung](#) - sind im Rahmen der Beteiligung am Annex 72 auch folgende zwei Dokumente entstanden, die eine große internationale Verbreitung gefunden haben.

**Graz Declaration 2019**

Im Rahmen der Sustainable Built Environment (SBE) D-A-CH Konferenz in Graz im September 2019 wurde die Grazer Erklärung für Klimaschutz in der gebauten Umwelt formuliert. Die Grazer Deklaration fordert rechtlich verbindliche Vorgaben bis 2025 zur Reduktion der THG-Emissionen, um einen Anstieg von 1,5°C zu begrenzen. Beim Expert:innentreffen in Ljubljana haben sich die anwesenden Expert:innen einstimmig darauf geeinigt, die Grazer Erklärung als Annex 72 Gruppe zu unterzeichnen und damit ihre starke Unterstützung für die Forderungen der Grazer Erklärung zu zeigen.

**Monte Verità Declaration on a built environment within planetary boundaries**

Die Erklärung von Monte Verità über eine gebaute Umwelt innerhalb der planetarischen Grenzen enthält Empfehlungen, die sich an verschiedene Interessengruppen im Gebäude- und Bausektor richten. Sie repräsentiert die Ansicht von mehr als 40 Wissenschaftler:innen aus 20 Ländern, die die Erklärung unterzeichnet haben.

Während des 10. Expert:innentreffens des Annex 72 vom 26. bis 29. Oktober 2021 auf dem Monte Verità, Schweiz, wurde die Monte Verità Deklaration an Andreas Eckmanns, Schweizer Bundesamt für Energie und Schweizer Vertreter des IEA EBC ExCo, übergeben.

Weitere Informationen finden Sie im [Appendix](#) dieses Berichts.

## 6.2. Hauptberichte / Main Deliverables des Annex 72

### Hinweis:

**Der folgende Text wurde in der Originalsprache Englisch beibehalten, um inhaltliche Änderungen oder Fehlinterpretationen bestimmter Formulierungen und Begriffe zu vermeiden.**

The following text has been kept in the original English language to avoid changes in content or misinterpretation of certain terms.

### 6.2.2. Deliverable A

Assessing Life Cycle Related Environmental Impacts Caused by Buildings

– Project Summary Report

DOI: <https://zenodo.org/record/7468021>

#### Summary

In response to concerns about climate change, energy security and social equity, countries around the world are either planning to substantially reduce energy demand and greenhouse gas (GHG) emissions or in the case of emerging economies to develop in less energy intensive ways. The construction as well as heating and cooling of buildings is one major cause of primary energy demand (PED), GHG emissions and environmental impacts of developed and emerging economies. Buildings have a long service life of between some decades to more than 100 years. Thus, investment decisions on buildings today determine by and large the environmental impacts during several future decades. Furthermore, the upfront GHG emissions caused by the construction of buildings immediately reduce the remaining emission budget to keep global temperature rise below 1.5°C. Furthermore, such decisions involve a trade-off between additional investments today and potential savings during use and end of life (both in terms of economic costs and PED, natural resources like primary mineral materials, GHG emissions and further environmental impacts). Solutions are needed that minimise and/or balance both the operational and the embodied part of life cycle related environmental impacts of buildings.

Today, natural resources such as clean air, clean water, biodiversity or primary resources are free and their use is hardly charged. The current price system does not (systematically) account for such external environmental effects (market failure) which leads to an inefficient (over)use of environmental resources. That is why, environmental life cycle assessments of human activities are necessary to highlight the inefficient use of natural resources and to take measures and action to increase the resource efficiency of buildings and construction. Environmental life cycle assessments provide a basis for integrating external effects in the form of external costs into economic considerations.

#### Objectives

In support of the principal aim of reducing the PED, GHG emissions and other environmental impacts along the life cycle of buildings (construction, use/operation and end of life), the work of Annex 72 was organised towards achieving the following objectives:

1. establish a common methodology guideline to assess the life cycle based PED, GHG emissions and environmental impacts caused by buildings,
2. establish methods for the development of specific environmental benchmarks for different types of buildings to help designing buildings with a minimum life cycle based PED, GHG emissions and environmental impacts,
3. derive regionally differentiated guidelines and tools (building design and planning tools such as BIM and others) for architects and planners,
4. establish a number of case studies, focused to allow for answering some of the research issues, including optimisation strategies and how related design processes and decisions happen in practice, and for deriving empirical benchmarks,
5. develop national/regional databases with regionally differentiated LCA data tailored to the construction sector, covering material production, building technology manufacture, energy and water supply, transport services as well as waste management and waste water treatment services; share experiences with the setup and update of such databases.

The scope of the Annex is intended to support design processes and decision making related to new buildings and retrofit/redevelopment/repurposing of existing buildings. It covers dwellings (single and multiple family housings), office buildings, school buildings, hospitals and others. The life cycle covers the stages production (production of construction materials including resource extraction), construction process (erection of the building), use (operational energy and water use, maintenance, repair and replanned placement of building components), as well as end of life (de-construction, waste processing and disposal). The indicators addressed comprise PED (non-renewable and renewable), GHG emissions as well as environmental impacts such as fine particles emissions, radioactive waste, resource depletion and biodiversity losses caused by buildings.

### **6.2.3. Deliverable B**

Context-specific assessment methods for life cycle-related environmental impacts caused by buildings

DOI: <https://zenodo.org/record/7468316>

Subtask 1

#### **Introduction**

Buildings have significant impacts on the environment throughout their life cycle, resulting in energy consumption, material usage, and negative effects at global and local levels. One key objective is to reduce the utilization of natural resources and minimize greenhouse gas emissions. To achieve this, it is necessary to employ appropriate calculation and assessment methods that evaluate and influence the environmental performance of buildings.

The life cycle assessment (LCA) method, supplemented by non-LCA impact and aspect assessments, forms the foundation for evaluating environmental performance. ISO 14040, ISO 14044, ISO 21931, and EN 15978 (under redevelopment) are commonly used standards in the construction and building sector for conducting applied life cycle assessments.

Environmental performance assessment is no longer confined to the realm of science; it is now utilized in design processes, to comply with funding program requirements, sustainability assessment

systems, and legal obligations. The outcomes of such assessments impact building profitability, marketability, valuation, financing conditions, and corporate sustainability reporting. Consequently, assessment methods must be accessible to a wider audience. The methodological principles should be formulated in a manner that allows organizations of all types and legislative bodies to utilize them for setting requirements and as a binding basis for verification processes.

The assessment methods for environmental performance need to address current and anticipated challenges. Standards that have long revision and updating cycles prove to be inadequate in this regard. Therefore, this report aims to establish both the fundamental principles and current considerations of applied life cycle assessment within the context of environmental performance evaluation. It provides guidelines and recommendations for organizations and stakeholders interested in further developing, implementing, and applying applied life cycle assessment methodologies effectively.

### Objectives and contents of the report

This report focuses on methodological aspects related to determining, assessing, and presenting the environmental performance of buildings. Its purpose is to provide a foundation for responsible parties to enhance their specific assessment methods, particularly in evaluating primary energy demand, greenhouse gas emissions, and other environmental impacts. The aim is to promote global mainstreaming and, ideally, standardization of assessment methods worldwide. In cases where standardization is not feasible, the report seeks to identify methodological differences.



Abbildung 4: Definition der Entwurfsschritte.

The specific objectives of this report are as follows:

- Address significant methodological questions that have received insufficient attention in current analysis of methods used in participating countries.
- Establish a consistent and transparent methodology and reporting structure for environmental performance assessment, aligning with international standards to ensure comparability and usability of results.
- Contribute to the interpretation and enhancement of international standards to improve their practicality and facilitate their dissemination.
- Encourage long-term and life cycle-based thinking, including consideration of future environmental impacts in maintenance, repair, replacement, durability, and adaptability of building components and structures.
- Support national governments and standard-making organizations in guiding the construction and real estate industry's response to climate change.
- Promote principles of circular economy by emphasizing early consideration of building deconstructability, quantification of reuse, recycling, and recovery potential for building components.
- Enable benchmarking and target-setting activities.

In summary, the report aims to enhance and standardize the assessment of environmental performance in the building sector, facilitate the response to climate change, and promote circular economy principles.

### **Key messages**

In the field of environmental performance assessment for buildings using life cycle assessment (LCA), the following recommendations are provided:

- a. Clearly define the building scope and life cycle scope using standardized models. Consider existing standards or justify any deviations. Use a reference study period for the life cycle model.
- b. Model and assess the life cycle of building components within the complete building to identify problem areas.
- c. Provide average and default values for life cycle stages, components, and services to support early design. Replace default values with specific values as design progresses.
- d. Describe the functional equivalent of buildings comprehensively, including technical, functional, and client requirements. Provide background information on surrounding conditions.
- e. Ensure consistency between the calculation method and target for environmental performance. Different types of targets may follow different methods.
- f. Consider dynamic considerations in scientific studies, transitioning from static to dynamic approaches for operational and embodied parts. This can show achievable emission reductions and necessary measures. Building regulations and certification systems typically prefer a static approach.
- g. Address the impacts and benefits of renewable energy systems in LCA, including embodied impacts and net potential benefits. Avoid double-counting.
- h. Include unregulated parts of operational energy use to gain a better understanding of total energy use and related emissions. This provides a more accurate reflection of reality and allows for improved design decisions.
- i. Consider the effects of green electricity use and renewable energy procurement only after fulfilling upstream secondary requirements and under strict conditions.
- j. Additional information such as modules D1 and D2 and biogenic carbon content should be included in the assessment.
- k. Account for construction products made with biogenic materials using the standard -1/+1 approach, except for permanently stored biogenic carbon.
- l. Clearly specify how already occurred embodied impacts of building components retained from the original building are allocated. Minimum inclusions should cover new installed parts, replacements, and end-of-life impacts.
- m. Report LCA results disaggregated into individual life cycle stages, individual building elements, and materials/products for thorough analysis.
- n. Address F-gas emissions through secondary requirements or module B1 to reduce their impact on the life cycle emissions of a building.
- o. Choose indicators for environmental performance assessment that prevent burden-shifting and ensure compliance with legislation and environmental policy. Consider additional indicators beyond the core ones proposed in standards.

- p. Consider future emissions equally important to current emissions in relation to the remaining GHG emissions budget. Avoid physical discounting of future emissions and, if necessary, convert them into external costs using a recommended discount rate of 0-1%.
- q. Consider the impact of climate change on building energy performance using future weather data. Design climate-resilient buildings that withstand extreme conditions, but benchmark levels should not be affected by future climate data.
- r. Account for uncertainty in research studies, using techniques like Monte Carlo simulation, by indicating ranges or distributions for input variables.
- s. These recommendations aim to enhance the accuracy and comprehensiveness of environmental performance assessments for buildings using LCA.

#### **6.2.4. Deliverable C**

##### **Guidelines for Design Decision Makers**

Subtask 2

DOI: <https://zenodo.org/record/7468687>

In Kapitel 6.3.2 Deliverable C: Guidelines for design decision-makers ist eine Zusammenfassung dieses Berichts zu finden.

#### **6.2.5. Deliverable D**

World Building Life-Cycle Based Databases and Repositories for the Building and Construction Sector  
Subtask 4

DOI: <https://zenodo.org/record/7468725>

##### **Introduction**

With the advancement of manufacturing processes, it has become common for construction projects to utilize building materials produced in different territories or even manufactured overseas. In order to accurately assess the environmental impacts of building products, elements, and systems, the databases used for life cycle assessment (LCA) must reflect the actual construction materials and activities involved. This necessitates examining both domestic and overseas LCA databases, as well as assessing their compatibility with existing LCA design tools, including Building Information Modeling (BIM). Furthermore, while guidance and international standards for establishing LCA databases have been developed, it is important to verify their compliance with these guidelines and standards.

##### **Objectives and Contents of the Report:**

This report aims to provide an overview of existing life-cycle based databases and repositories applicable to the building and construction sectors, which are provided by major countries, organizations, and global consulting companies. The report is structured as follows:

- Analysis of general aspects of the world's life-cycle based databases (Chapter 2).
- Analysis of applicable LCA databases for the building and construction sectors, including a quality check (Chapter 3).

- Comparison of environmental impacts between similar products within the same category of Environmental Product Declaration (EPD) programs (Chapter 4).
- Analysis of limitations and suggestions for current LCA databases in the building and construction sectors (Chapter 5).

## **Conclusion**

The conclusion of the report highlights several limitations and weaknesses in the field of life cycle assessment (LCA) databases and environmental product declarations (EPDs) in the building and construction sectors.

One of the limitations is the applied standards. While most LCI databases follow international standards such as ISO 14020 and 14040 series, there are variations in the indigenous revisions made by leading countries. The lack of detailed explanations regarding unit process aggregation, data modelling, and raw data collection methods can lead to differences in compatibility and results when using different databases.

Unit process modeling is another area of concern. While approximately 75% of the surveyed databases use process-based LCA, there are instances of IO LCA and hybrid LCA being used depending on the purpose of the database. Data collection relies heavily on field data and national statistics, with secondary data obtained from various databases. However, some databases use literature data from private studies, making it challenging to validate the accuracy and reliability of the coefficients used.

Cut-off criteria, which determine the exclusion of less significant flows in LCA, are mostly based on mass balance. However, there are cases where energy or cost-based criteria are used. Setting a cut-off rule based on cost can hinder accurate environmental impact calculations, as the quantity and price of construction materials may not always be proportional.

EPDs, which quantify the environmental performance of products, show variations in evaluation contents depending on the country of operation. The lack of uniformity in product category rules (PCR) and the use of different units (length, weight, volume, area) make it challenging to compare environmental impacts between alternative products.

Regarding LCA results, databases and repositories provide environmental impact assessment results through websites or documents. However, relying on a limited number of indicators may lead to biased judgments on environmental performance. It is recommended to use a comprehensive set of indicators or a single score indicator to ensure a fair comparison.

Data formats and documentation also present challenges. Common LCI data formats are rarely followed, and databases are often developed without sufficient interoperability. The compatibility of databases with various LCA tools is beneficial for conducting LCA studies at the building level. Transparency, data quality, and adherence to international standards are important considerations for selecting suitable databases.

In conclusion, the report identifies limitations in applied standards, unit process modelling, cut-off criteria, EPD values, LCA results, data format, and documentation. Addressing these limitations and



weaknesses is crucial to enhance the accuracy, comparability, and reliability of LCA databases and EPDs in the building and construction sectors.

## **6.2.6. Deliverable E**

### **Assessing life cycle related environmental impacts caused by buildings - Case Study Collection**

Subtask 3

DOI: <https://zenodo.org/record/7468792>

#### **Summary**

The report offers valuable insights into the IEA EBC project Annex 72, which plays a crucial role in evaluating the environmental impacts of buildings across their entire life cycle. By bringing together diverse case studies from project participants, this report showcases the collective efforts towards harmonizing methodologies and overcoming challenges associated with life cycle assessment (LCA) in the building sector.

The primary goals of Annex 72 encompass the development of a unified methodology guideline for effectively assessing energy demand, greenhouse gas emissions, and overall environmental impacts attributed to buildings. Additionally, the project aims to establish specific environmental benchmarks tailored to different building types. This ensures a comprehensive approach to sustainable building design and planning.

One of the notable contributions of Annex 72 is the creation of guidelines and tools, such as Building Information Modeling (BIM), which facilitate efficient and informed decision-making in the design and planning phases. This integration of innovative technologies enables architects and planners to optimize energy performance while minimizing environmental impacts.

The report further emphasizes the significance of case studies within Annex 72, as they address various research issues and provide empirical benchmarks. By analyzing these real-world scenarios, valuable insights are gained, guiding future practices in sustainable building design and construction.

To facilitate the implementation of sustainable practices, Annex 72 actively supports the development of regional databases tailored to the construction sector's specific life cycle assessment needs. These databases will enable stakeholders to access reliable and region-specific data, fostering informed decision-making and promoting sustainability at a local level.

In conclusion, this report serves as a comprehensive compilation of 25 case studies contributed by participants of Annex 72. Its purpose is to serve as a valuable resource, offering examples and references for other reports within the annex. Through collaborative efforts and knowledge exchange, Annex 72 contributes to the advancement of sustainable building practices and the reduction of environmental impacts in the building sector.

## 6.2.7. Deliverable F

Benchmarking and target-setting for the life cycle-based environmental performance of buildings – A  
Contribution to IEA EBC Annex 72

Subtask 1

DOI: <https://zenodo.org/record/7468752>

### Introduction

This report aims to provide a foundation for responsible actors to develop life cycle benchmarks for environmental impacts of buildings, focusing on non-renewable energy demand, GHG emissions, and other impacts. The goal is to increase global mainstream adoption and guide the construction industry towards reducing its environmental footprint within planetary boundaries.

### Contents of the Report

- The report covers the following areas:
- General principles and recommendations for benchmark development using both bottom-up and top-down approaches.
- Guidelines for applying and interpreting benchmarks.
- Recommendations for documenting and communicating benchmarks.
- Guidelines for terms, definitions, system boundaries, and accounting rules for climate-neutral buildings.

### Objectives of the Report

The specific objectives of the report are to:

- Address methodological questions regarding benchmark development for low-carbon and low-environmental impact construction, operation, and end-of-life.
- Establish a consistent and transparent reporting structure aligned with international standards.
- Support the interpretation and enhancement of international standards for improved applicability and dissemination.
- Promote long-term, life cycle-based thinking by considering future environmental impacts, maintenance, durability, and adaptability of building components.
- Assist national governments and standard makers in guiding the construction industry's response to climate change and resource depletion.
- By achieving these objectives, the report aims to guide decision-making and foster sustainable practices in the construction and real estate sector.

### Key Messages for Improving Life Cycle-Based Environmental Benchmarks:

- a. Benchmarks and target values are essential for assessing and influencing building environmental performance. They support sustainability assessment systems, client briefs, funding programs, and laws by addressing primary energy use, GHG emissions, and other environmental impacts.
- b. descriptions of benchmarks based on ISO 21678 are necessary, including background, system boundaries, calculation methods, and geographical/temporal validity. These descriptions should be publicly accessible or attached to assessment results.

- c. Benchmarks are closely linked to system boundaries, calculation rules, and databases used for their development. If these conditions change, benchmarks should be adjusted accordingly.
- d. Benchmark systems can represent different performance levels, such as acceptable limits, state-of-the-art, or ambitious targets.
- e. In addition to legal requirements, reduction paths with future benchmarks should be specified, allowing actors to prepare for upcoming standards. New benchmarks should have a lead time of at least one to two years.
- f. Benchmarks require regular adaptation to align with new findings, technical progress, changing conditions, and ambitions. Their temporal validity should be narrowly defined.
- g. Transitioning to dynamic considerations in life cycle assessment (LCA) is being discussed to account for the time factor. Physical discounting is excluded, and current and future emissions are considered equivalent. This transition would impact benchmarks and target values, requiring appropriate adjustments.
- h. Benchmark development historically considered best practices, technical, and economic feasibility, leading to region-specific benchmarks. Territorial validity became necessary.
- i. Respecting planetary boundaries drives the development of science-based benchmarks and target values. Economic feasibility should no longer solely determine target values, but rather focus on achieving socially recognized environmental targets with minimal effort and without burden shifting. Top-down approaches are increasingly used to derive benchmarks based on planetary boundaries.
- j. "Climate neutrality" is a universal benchmark, preferably expressed as a (net) zero GHG emission target. Compliance verification should consider building types, regional, climatic, cultural, and socio-political characteristics.
- k. Performance-oriented benchmarks should be product- and material-neutral, open to all technologies. However, certain benchmarks may require additional compliance specifications, such as transparent solutions for balancing, offsetting, or neutralizing GHG emissions.
- l. Benchmarks should strike a balance between completeness and granularity, covering the entire building and life cycle. Partial benchmarks for different life cycle stages and building components can serve as guide values to support the design process.
- m. Multiple reference units should be considered to aid indicator interpretation, with advantages and disadvantages. Careful selection and declaration of reference units are essential. Guide values can be used alongside binding benchmarks.
- n. Benchmarks can be supplemented with qualitative requirements, such as excluding refrigerants containing F-gases.
- o. Benchmarks and target values are scalable, allowing expansion from national building stocks to institutions, municipalities, districts, and individual buildings. Consistency and connectivity between different levels must be maintained.

### **Conclusions and guidance**

The choice of reference units significantly impacts the interpretability of benchmarks and assessment results. Clear declaration and definition of the units used are essential. Different reference units have advantages and disadvantages, and they are traditionally used by specific target groups. It is recommended to examine the applicability and effects of multiple reference units when defining

binding legal requirements or assessment criteria. After selecting the most appropriate unit, additional alternative reference values can be considered as secondary requirements.

#### **Rules and Recommendations for Reference Units:**

- Carefully choose and analyze reference units, considering their advantages and disadvantages. For binding benchmarks, use one core reference unit applied to all building types or one core reference unit per building type based on specific use. For guide values/non-binding benchmarks, use multiple reference units to cover different perspectives.
- Special attention should be given to selecting, describing, and interpreting the time parameter in reference units. Examples include the year of planned service life, non-annualized values, or a combination of non-annualized and annualized values for embodied and operational aspects.
- Adequately describe and document the applied reference units. For area-based units, specify the type of floor area and provide a standard or other definition. Add an abbreviation to specify the reference unit, e.g., m<sup>2</sup> NGF.

#### **Recommendations:**

For Benchmark Developers:

- Apply different reference units during benchmark system development to identify the best-suited one per building type for fulfilling legal requirements, assessment systems, and funding programs.
- Use use-specific reference units and metrics as background information, linking to top-down limits derived from planetary boundaries.
- Present benchmarks for the upfront part both as "investment" in year 1 and per year.
- Select specific reference units for different types of benchmarks.

For Benchmark Users:

- Adhere to the reference unit prescribed by the benchmark developer in assessments.
- Using additional reference units on a voluntary basis is possible if there is a clear reason, such as continuity with older projects or checking the impact of the reference unit type on benchmarks.

### **6.2.8. Deliverable G**

#### **Guidelines for Establishing an Easy-to-use National LCA Database for the Construction Sector**

Subtask 4

DOI: <https://zenodo.org/record/7468416>

#### **Introduction**

This technical report provides guidelines for the development of a user-friendly national Life Cycle Assessment (LCA) database specifically for the construction and real estate sector. It begins by explaining the motivation behind establishing such a database and the benefits it offers. The report then presents detailed methodological guidelines for creating the LCA database, emphasizing adherence to international standards such as EN 15804 A2:2019 and ISO 21930:2017.

The methodological guidelines cover various aspects, including defining system boundaries, LCA modelling approaches, environmental indicators, database contents, data quality parameters, core and specific methodological considerations, future construction material manufacturing, product groups, data scope, utilizing international LCA data, interoperability, and suggested data collection templates. Core methodological aspects addressed include declared unit and functional unit definition, allocation, cut-off rules, emission certificates, biogenic carbon, carbon offset, carbon storage and delayed emissions, carbonation, electricity mix for manufacturing, packaging, default transport distances, default waste management practices, production waste, and waste generated on construction sites. The guidelines also address specific methodological aspects related to prefabricated building elements, imported construction materials, and overheads.

The report emphasizes the importance of industry stakeholders, database users, and government participation for long-term success, including data collection, review, and funding support. Roadmap development is discussed, covering vision, goals, governance, management, funding, human resources, database hosting, data needs and availability, data quality requirements, data format, interoperability, and policy applications. The governance structure is outlined, highlighting the roles of the advisory council, governing board, operational working group, IT management, and database implementation.

## **Conclusions**

Reliable, transparent, and consistent life cycle inventory and impact assessment data are crucial for quantifying the environmental impacts and greenhouse gas emissions associated with buildings. It is equally important that these data are easily accessible and applicable within standard design processes. One way to achieve this is by integrating the data into existing design tools.

User-friendly LCA databases tailored to the construction sector should encompass construction materials, building technology, energy supply, transportation, and waste management services. These databases should, at a minimum, cover the manufacturing and end-of-life stages and address key environmental aspects such as greenhouse gas emissions, water scarcity, primary mineral resource use, and other relevant impacts. Depending on national requirements, they may also incorporate single-score environmental indicators.

To ensure consistent and comparable LCA data, various modelling aspects such as allocation methods, treatment of biogenic carbon, consideration of electricity mixes, and other factors must be defined. Current European and international standards allow for some interpretation and choices, which should be minimized when establishing a national LCA database. The aspects outlined in this report serve as a comprehensive checklist for implementing such a database.

The development of an LCA database is preceded by the creation of a roadmap, which serves as a central document guiding the database's development. This roadmap helps clarify and align the vision, mission, governance structure, funding and financing mechanisms, and required human resources. It also addresses database hosting, data needs and availability, data quality requirements, and data formatting issues. Additionally, it clarifies how the LCA data will be applied in a policy context, such as the establishment of legally binding benchmarks for greenhouse gas emissions of buildings.

An effective governance structure is a key factor in the success, credibility, and acceptance of a national LCA database. Ideally, this structure should ensure a balanced distribution of power, with governmental or non-governmental bodies independent of data providers (e.g., industry associations and companies) establishing the data rules. Scientific organizations and consulting firms typically review the rules and data to ensure their validity.

By following these guidelines, a national LCA database can be developed and managed in a manner that enhances its effectiveness, credibility, and widespread use. This, in turn, supports informed decision-making and the adoption of sustainable practices in the construction industry.

## **6.2.9. Deliverable I**

### **Life-cycle optimization of building performance: a collection of case studies**

Subtask 3

DOI: <https://zenodo.org/record/7468477>

#### **Introduction**

The building sector, along with industry and transportation, significantly impacts energy demand and the environment in developed countries. The European Union has taken steps to address this by promoting nearly zero-energy buildings (nZEBs) and encouraging deep renovations in the existing building stock to reduce energy consumption and environmental impacts. Designing nZEBs or low-energy buildings involves various considerations, such as cost, indoor comfort, energy consumption, life cycle environmental impacts, and the perspectives of policymakers, investors, and occupants. Therefore, a multi-criteria approach is often necessary to manage potential conflicts in the design process. One effective approach is integrating the preliminary building design phase into a multi-objective optimization problem to compare alternative solutions and identify the most suitable interventions.

#### **Objectives and contents of the report**

This report aims to showcase the contributions of the International Energy Agency - Energy in Buildings and Communities Programme Annex 72 members regarding the life-cycle multi-objective optimization of building performance. The specific objectives of the report are:

- To collect existing case studies developed by Annex 72 members that apply optimization techniques to find an environmental-energy-economic "optimum" among different design or retrofitting solutions.
- To examine the collected case studies, compare methodologies, applications, and results, and draw general conclusions on the topic.

The case studies presented in this report serve as foundational knowledge for:

- Identifying optimization techniques for determining the "optimum" solution among different alternatives.
- Selecting solutions to reduce energy consumption, environmental impacts, and costs throughout the building's life cycle, ensuring that the benefits of low-energy operation are not offset by higher impacts during other life-cycle stages.

- The target audience for this report includes scientists, developers, and providers of building design tools.

The analysis of the optimization case studies reveals the following key messages:

- Various approaches, software, algorithms, objective functions, variables, constraints, and parameters can be employed in the optimization processes.
- A common step-by-step procedure can be identified in the examined case studies, starting from building model development and concluding with the identification of optimal solutions. Stakeholders involved in the building life cycle can adapt this procedure to suit the characteristics of their specific project and identify optimal design or retrofit solutions for different aspects of the building's life cycle.
- Specific outcomes are highlighted for building envelope, renewable energy systems, climate, and occupancy influence. These outcomes are case-specific and cannot be directly generalized to all buildings. Each case requires individual considerations and measurements. Some notable findings include:
  - Building envelope: Different solutions for the building envelope can be identified based on factors such as the use of renewable energy sources for heating. Natural materials are preferred for reducing environmental impacts, but synthetic materials may be favoured for economic reasons.
  - Renewable energy systems: Buildings with low operational energy efficiency operating with renewable energies may be optimal solutions, but their implementation should consider the availability of renewable resources.
  - Occupancy influence: Variations in occupant behaviour can influence the selection of optimal solutions. Certain solutions may be independent of household types, while others, such as equipment features, may be influenced by occupant characteristics.
  - Environmental and economic optimization should encompass the full life cycle of a building, including the product, construction phase, use, and end-of-life stages. Neglecting any of these stages may lead to suboptimal solutions.

### 6.2.10. Deliverable J

Understanding the impact of individual, industry & political decisions on transitions towards environmental sustainability

Subtask 3

DOI: <https://zenodo.org/record/7468835>

#### Summary

There is substantial research and data on greenhouse gas emissions from individual construction materials and whole buildings, measured through life cycle assessments (LCAs). Despite the availability of tools and knowledge, the rational decision to measure and reduce these environmental impacts is not being widely taken in the construction industry. This study aims to explore the factors influencing these decisions in real-world contexts.

The hypothesis suggests that four additional factors play a role in this decision-making process: 1) the role of individuals involved in projects, their knowledge, interests, and decision-making power; 2) the

tools and artifacts used in policy, construction, and design, and their impact on building decisions; 3) the industry and organizational context within which projects are carried out; and 4) the national policy and regulation landscape.

To investigate these factors, qualitative case studies were conducted in Sweden, Cyprus, and the UK, which have diverse industry cultures. The case studies covered various scenarios, including multi-family public housing projects, single housing developers, in-house LCA tool developments, and the evolution of regulations in the respective countries. The ultimate goal is to provide recommendations on effectively introducing and applying life-cycle-based assessment approaches in different national and industry contexts.

### **Individuals and Tools**

The study found that tools and artifacts play a significant role in influencing individual decisions regarding building sustainability. In the case of public housing projects in Sweden and Cyprus, compliance with regulations and requirements acted as a driving force for design choices, allowing policymakers, planners, and developers to steer sustainability efforts by setting minimum performance standards. Additionally, certification systems and sustainability assessment tools translated the abstract concept of sustainability into practical criteria, facilitating decision-making within design teams. However, these tools also had limitations, as they narrowed down the definition of sustainability, potentially overlooking important issues and limiting design possibilities.

In the UK study of LCA tool development, it was evident that these tools had a considerable impact on the knowledge of developers, professionals, and clients using them. Some tools were intentionally designed to improve user understanding, while for others, the enhanced comprehension was an unintended outcome. Respondents mentioned relying on typical recommendations to reduce embodied carbon, but they also acknowledged encountering counter-intuitive results from the tools, which underscored the necessity for such tools beyond their own understanding.

### **Industry and organizational contexts**

Different industry contexts significantly determined the stakeholders involved in making decisions affecting environmental sustainability. In Sweden the municipalities played a major role, while in Cyprus there was far greater individual power, with more dependence on the knowledge of individual designers. Decisions also varied with the project type. For single family house builders in Sweden most designs were standardised and built offsite in factories. Therefore, opportunities for design changes, including the reduction of environmental impacts, were few. Meanwhile large public housing projects, although more individual in terms of design, were characterised by tight time and budgets which limited the opportunities for reducing environmental impacts.

### **National policy**

The first three factors - individuals, tools, and industry contexts – also were each shown to play a role within the development of policy towards whole life impacts of buildings. Examples from Sweden and the UK demonstrated the impact on policy development both of loose ‘issue networks’ within the construction industry, and of more controlled ‘policy communities’ which were formed of industry individuals but closely linked to political agendas. In both countries a charismatic individual could also be identified as having had a key role in the introduction of life-cycle based assessment into regulation. The early release of open and reliable data in the UK had been instrumental in allowing the development of in-house tools and in increasing industry expertise and knowledge well



ahead of that in Sweden. In Sweden in contrast there was only limited industry focus on whole life impacts, until they became of political interest: this was arguably at least in part due to the lack of open access national data. However, embodied carbon is now included in Swedish regulations, while the UK regulations still omit it at time of writing.

### **Recommendations**

- Develop national open-access databases and LCA tools tailored to each country's context to ensure effective implementation and knowledge development within the industry. Transparent assessment tools and standards should be used to make initial assumptions apparent.
- Implement LCA at appropriate levels based on the national and project-specific context. For example, in Sweden, it could be introduced at the municipal level, while in Cyprus, it could be required as part of planning applications or at the organizational level.
- Use LCA effectively for standardized projects by applying it outside the project boundary to develop guidelines and identify suitable materials, components, and assemblies. This process can also help expand industry knowledge.
- Utilize LCA at multiple stages of projects in countries with LCA literacy and design autonomy. Assess high-level decisions at the feasibility stage and compare major choices, while at the detailed design stage, compare the environmental impacts of various materials and systems.

The effectiveness of introducing LCA will vary from country to country, and the impact of individual decision-makers, tools, industry context, and policy must be considered. These factors are interrelated, and understanding their interactions is crucial for transitioning to low-impact buildings. The collaborative research project's recommendations, based on the studies in the three countries over the past five years, aim to support this transition towards more sustainable construction practices.

## 6.3. Ergebnisse der österreichischen Beteiligung

### 6.3.2. Überblick über den Inhalt

Das österreichische Projektteam war in unterschiedliche Arbeiten und Fragestellungen des ST1, ST2 und ST3 eingebunden, hat an den Ergebnissen aktiv mitgearbeitet und ist Autor bzw. Co-Autor der entstandenen Berichte und Veröffentlichungen.

Die Ergebnisse der Arbeiten sind in den End- und Hintergrundberichten des Annex 72 verfügbar.

Highlights:

- Ergänzende Inhalte und Details sind in den Hintergrundberichten des ST1 und ST2 durch den Verlag der TU Graz veröffentlicht.
- Die inhaltlichen Arbeiten wurden in zahlreichen internationalen Publikationen veröffentlicht, um die Reichweite und Sichtbarkeit zu erhöhen.
- Die Ergebnisse wurden entsprechend verbreitet (siehe AP 5).

Die Hauptverantwortung des österreichischen Teams im Rahmen des Projekts lag in der Leitung von:

- Deliverable C - Guidelines for design decision-makers
- The Design Decision Table
- Basics and recommendations on assessment of biomass-based products in building LCAs: the case of biogenic carbon

Zu den Berichten, zu denen Österreich beigetragen hat, wurden folgende Inhalte erstellt:

- Level of knowledge and application of LCA in Design Practice: Results and recommendations based on surveys
- Survey on the use of national LCA-based assessment methods for buildings in selected countries
- Potentials and requirements for implementing LCA across different design steps, project phases and life cycle stages  
- Part 1: Common definition of design steps & project phases
- Potentials and requirements for implementing LCA across different design steps, project phases and life cycle stages  
- Part 2 National reports on definition of design phases
- Systematic Building Decomposition for implementing LCA
- LCA strategy for uncertainty in design phases
- Designers' toolbox for Building LCA
- LCA-BIM workflows in the design process
- Visualising LCA results in the design process
- Case study 06 - Biogenic carbon in buildings: a critical overview of LCA methods
- Case study 20 - LCA and BIM: Visualization of environmental potentials in building construction at early design stages
- Case Study BE2226

### 6.3.3. Speziell für Österreich relevante Ergebnisse

#### Deliverable C: Guidelines for design decision-makers

##### Subtask 2

DOI: <https://zenodo.org/record/7468687>

#### Zusammenfassung

Der Inhalt des Berichts dient als Leitfaden für Planungsentscheider:innen, wie sie verfügbare Informationen nutzen können, um während ihres Planungsprozesses eine Ökobilanz (LCA) von Gebäuden durchzuführen. Die am Planungsprozess beteiligten Planer:innen und Personen werden systematisch durch die Planungsschritte geführt, wobei folgende Fragen im Mittelpunkt stehen:

- Wie können das Ziel und der Umfang der Ökobilanz mit den Planungsschritten verknüpft werden?
- Wie können das Ökobilanzinventar und die an der Ökobilanz beteiligten Daten organisiert werden?
- Welche Werkzeuge können verwendet werden?
- Welche Arbeitsabläufe können genutzt werden?
- Wie können konstruktionsbedingte Unsicherheiten im Arbeitsablauf reduziert werden?
- Wie können Ökobilanzergebnisse visualisiert, interpretiert und kommuniziert werden?

Dieser Leitfaden fasst ausgewählte Ergebnisse und Empfehlungen aus mehreren Hintergrundberichten von Aufgaben zusammen, die im Rahmen des IEA-EBC-Projekts Annex 72 zum Thema "Assessing Life Cycle Related Environmental Impacts Caused by Buildings" durchgeführt wurden. Das Gesamtziel des Projekts ist die Harmonisierung der Methodik und die Lösung von Problemen, die bei der Anwendung von LCA-Ansätzen auf Gebäude auftreten.

Die Ziele des Projekts sind:

- Erstellung eines gemeinsamen methodischen Leitfadens zur Bewertung des lebenszyklusbasierten Primärenergiebedarfs, der Treibhausgasemissionen und der Umweltauswirkungen von Gebäuden;
- Methoden für die Entwicklung spezifischer Umweltbenchmarks für verschiedene Gebäudetypen zu erarbeiten;
- Ableitung von regional differenzierten Leitlinien und Instrumenten für die Gebäudeplanung, wie z. B. BIM für Architekt:innen und Planer:innen;
- Erstellung einer Reihe von Fallstudien, die darauf ausgerichtet sind, einige der Forschungsfragen zu beantworten und empirische Benchmarks abzuleiten;
- Entwicklung nationaler oder regionaler Datenbanken mit regional differenzierten Ökobilanzdaten, die auf den Bausektor zugeschnitten sind; Austausch von Erfahrungen mit der Einrichtung und Aktualisierung solcher Datenbanken.

#### Einleitung

Die Ökobilanzierung ist eine komplexe Methode, die viele Beiträge und Entscheidungen der am Bauplanungsprozess beteiligten Akteure erfordert. Die Entscheidungen haben großen Einfluss auf die Umweltauswirkungen und deshalb ist es wichtig, dass sie zum richtigen Zeitpunkt im Entwurfsprozess getroffen werden. Um den Entscheidungsprozess zu erleichtern und die Entscheidungsträger:innen

bei der Planung zu unterstützen, konzentriert sich der folgende Bericht darauf, die Entscheidungsträger:innen durch die Planungsschritte zu führen, beginnend mit den ersten Planungsschritten. Für jeden Entwurfsschritt werden genaue Anweisungen gegeben, welche Aufgaben und Entscheidungen zu treffen sind. Dadurch wird sichergestellt, dass der Entwurf dem Gesamtziel der Nachhaltigkeit folgt. Der Prozess kann sowohl für die Planung neuer Gebäude als auch für Sanierungen verwendet werden, da der Planungsprozess sehr ähnlich ist.

### **Ziele und Inhalte**

Der Zweck dieses Berichts ist es, den Entscheidungsträger:innen während des Designprozesses Unterstützung zu bieten. Für jeden der definierten Design-Entscheidungs-schritte wurden die wichtigen zu berücksichtigenden Themen identifiziert, die wichtigsten Interessengruppen werden genannt und der Zweck der Ökobilanz für den ausgewählten Design-Schritt wird definiert.

Der Bericht umfasst:

- Die Definition der Entwurfsschritte, die Definition der Aufgaben in jedem Entwurfsschritt und einen Überblick über die relevanten Meilensteine für die Durchführung der Ökobilanz;
- einen Überblick über die systematischen Methoden zur Zerlegung von Gebäuden und die entsprechenden Ebenen in jedem Entwurfsschritt;
- einen Überblick über die Werkzeuge, die für die Ökobilanz verwendet werden können, und ein Auswahlverfahren für die Wahl des richtigen Ökobilanzwerkzeugs. Ein besonderer Schwerpunkt wird auf das Thema Building Information Modelling (BIM) gelegt, wie die BIM-Tools die LCA-Bewertung erleichtern können und welche Informationen in das BIM-Modell implementiert werden sollten;
- Strategien zur Reduzierung der konstruktionsbedingten Unsicherheiten;
- einen Überblick über die Visualisierung der LCA-Ergebnisse und welche in den ausgewählten Entwurfsschritten angemessen sind.

Der Inhalt des Berichts findet seinen Niederschlag in der Tabelle für Entwurfsentscheidungen (Design Decision Table, siehe Abbildung 5 und Abbildung 6, die einen Überblick über alle wichtigen Aspekte bietet, die im Bericht und in den ergänzenden Hintergrundberichten (auf denen dieser Bericht aufbaut) behandelt werden. In diesem Leitlinienbericht werden wesentliche Ergebnisse des Subtask 2 (ST2) des IEA EBC Annex 72 "Assessing life cycle related environmental impacts caused by buildings" zusammengefasst und spezifische Empfehlungen präsentiert, die auch von unterstützenden Informationen (in denen detaillierte Informationen zu Grundlagenwissen und Hintergrundinformationen verfügbar sind) begleitet werden.

Dieser Bericht und die Entscheidungstabelle richten sich speziell an Planer und Berater mit dem Ziel, sie über das Thema der Bewertung der lebenszyklusbezogenen Umweltauswirkungen von Gebäuden zu informieren. Ziel ist es, die Integration der Ökobilanzierung in den Entwurfsprozess neuer und bestehender Gebäude zu unterstützen, indem der Zugang zu den notwendigen Informationsquellen und Werkzeugen ermöglicht wird.

### **Kernaussagen**

Die folgenden Kernaussagen richten sich an die Entscheidungsträger im Bereich Design:

1. Förderung der Klärung und Angleichung der nationalen Definitionen von Entwurfsschritten und Meilensteinen an die Definition der Entwurfsschritte.

2. Sicherstellen, dass bei jedem Entwurfsschritt die erforderlichen Eingabedaten bereitgestellt werden, um die damit verbundenen Aufgaben ausführen zu können.
3. Fördern Sie in Ihrem Land die Verwendung von Umweltzielen während des Entwurfsprozesses.
4. Verwenden Sie ein Klassifizierungssystem, das auf hierarchischen Gruppierungsprinzipien basiert, um die wichtigsten Systeme und Elemente zu identifizieren und Materialien durch die Elemente und das Gebäudesystem, zu denen sie gehören, zu verfolgen.
5. Verwendung des IFC-Klassifizierungsschemas für Gebäudeelemente in den frühen Entwurfsstadien, falls die nationale systematische Gebäudedekomposition die Elementebene nicht erreicht.
6. Angleichung der Strukturen für die systematische Gebäudedekomposition an umweltbezogene, wirtschaftliche usw. Datensätze und Datenbanken.
7. Förderung der Entwicklung von Paketen oder Add-ins oder Förderung der Integration der systematischen Gebäudedekomposition (SBD) in die Standardkonfiguration der BIM-Software.
8. Für den Umgang mit Ungewissheiten werden zwei Ansätze empfohlen:
  - Ansatz 1: Optimierungsstrategie: Identifizierung der 5 bis 10 Schlüsselparameter des Gebäudes in den ersten Entwurfsschritten, die es ermöglichen, 80 % der Unsicherheit zu beseitigen, indem eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt wird.
  - Ansatz 2: Projektentwicklungsstrategie: Verwendung verschiedener Datenaggregationsstufen in Abhängigkeit von den Planungsschritten, die ihrer logischen Entwicklung folgen: von aggregierten Daten (Elemente) bis zu disaggregierten Daten (Materialien).
9. Verwendung von LCA-Tools in allen Entwurfsschritten.
10. Beziehen Sie sich auf den entwickelten Auswahlprozess, um das geeignetste Werkzeug für jeden Entwurfsschritt zu identifizieren.
11. Fördern Sie die Interoperabilität zwischen den Werkzeugen.
12. Zusammenarbeit bei der Entwicklung eines einheitlichen Modells mit Lebenszyklusinformationen.
13. Verwendung geeigneter Visualisierungstypen, von weniger bis zu detaillierteren, entsprechend der Auswahlmatrix (unterschiedliche Ziele und Informationsmengen).
14. Kombinieren Sie verschiedene Visualisierungen in Dashboards, um verschiedene Arten von Informationen anzeigen zu können und die Entscheidungsfindung zu unterstützen.

## The Design Decision Table

Die Tabelle enthält eine Zusammenfassung der wichtigsten Aspekte, die behandelt werden sollten, einschließlich der relevanten Ergebnisse aus diesen Leitlinien und den Hintergrundberichten. Sie soll eine praktische Anwendung der Leitlinien und Empfehlungen ermöglichen und ihre wichtigsten Ergebnisse auf die aktuelle Praxis ausrichten.

Zu diesem Zweck sollte die Tabelle in der folgenden Reihenfolge gelesen werden:

- Die Spalten stellen die Entwurfsschritte entsprechend der gemeinsamen Definition, Meilensteine und allgemeinen LOD der im BIM-Modell enthaltenen Elemente und Objekte dar (basierend auf dem Hintergrundbericht Aufgabe 1);
- Die Zeilen enthalten die wichtigsten Fragen, die behandelt werden sollten, um die Anwendung der Ökobilanz während des Entwurfsprozesses zu fördern, die auf die Verringerung der Umweltauswirkungen von Gebäuden ausgerichtet ist, und um allen am Entwurfsprozess beteiligten Akteuren, insbesondere den Planern, eine konsistente und wissenschaftlich fundierte Unterstützung zu bieten.

Diese Tabelle enthält Empfehlungen für:

- Bestimmung der Relevanz und der Hauptaspekte, die bei den Entwurfsschritten zur Verringerung der Umweltauswirkungen zu berücksichtigen sind (in Verbindung mit und auf der Grundlage von Expertenbefragungen und Umfrageergebnissen);
- Identifizierung der Beteiligung von Interessengruppen in jedem Schritt (in Verbindung mit Experteninterviews und Umfrageergebnissen);
- Definieren Sie die Meilensteine und Gebäudeinformationen, die für die Durchführung der Ökobilanz während des Entwurfsprozesses archiviert werden sollten (siehe Hintergrundberichte);
- Definition des Ziels, des Zwecks der Ökobilanz und des Nutzens der Ökobilanz nach einer evolutionären Abfolge der Datenaggregation und Gebäudedefinition (siehe Hintergrundberichte);
- Definition der Datengranularität, der systematischen Gebäudedekomposition und des Grades der Datendisaggregation, der bei jedem Planungsschritt erreicht werden sollte (siehe Hintergrundberichte);
- Bestimmung der potenziellen Unterstützung und des Nutzens von BIM bei der LCA-Implementierung während des Entwurfsprozesses (siehe Hintergrundberichte);
- Verringerung der konstruktionsbedingten Unsicherheiten in der Ökobilanz (siehe Hintergrundberichte);
- Bestimmung der geeigneten Visualisierungsart zur Unterstützung der Entscheidungsfindung bei jedem Entwurfsschritt (siehe Hintergrundberichte: "Visualisierung von LCA-Ergebnissen im Designprozess - Beitrag zum IEA EBC Annex 72").

	← Early design			Detailed design			→ Management		
Design step definition	Strategic definition 0	Preliminary studies 1	Concept Design 2	Developed Design 3	Technical Design 4	Manufacturing and Construction 5	Handover and commissioning 6	Operation and management 7	End of use, re-cycling 8
Core Objectives	Requirements & target setting, review of project risks & alternatives, site appraisal, clients brief	Feasibility studies, call for design competition	Concept, sketches, competition design	Elaboration of design, building permit application	Detailed technical design, procurement of construction works	(Pre-) Fabrication of construction products, Construction and supervision	As-built documentation, hand over, commissioning and testing	Facilities Management and Asset Management, Evaluation and Improvement of building performance	Decommissioning of the building, deconstruction, reuse and recycling
Milestones									
LOD	0	0-100	100-200	200-300	300-350	350-400	400-500	400-500	400-500
Important to consider for reducing the environmental impacts	Clarify the need for the building	<b>Build less: Reduce area built where possible</b>	<b>Optimize the building shape design to reduce the energy demands as much as possible</b>	<b>Optimize the design of the building systems, especially structure and envelope</b>	<b>Optimize the design of the building services, finishings (and the rest of the building systems)</b>	<b>Coordinate actions of the stakeholders based on awareness about the environmental impacts</b>			
	Is a new building needed? Can an existing building be transformed/retrofitted instead?	Reduction or optimization of the built area to the minimum	Integration of passive and bioclimatic design strategies in the design of the building volumes	Integration of passive and bioclimatic design strategies in the design of the building envelope  Can I reduce or optimize the material quantities in the building?	Can I reduce or optimize the embodied and operational building impacts?  Which materials and construction systems enable to minimize transports, waste generation, construction and operational/use emissions?				Can the materials to be demolished be reused/recycled/upcycled/downcycled?
Who are the most important stakeholders? Key role at the stage	Designers (architect and engineer) Client	Designers (architect and engineer) Client	Designers (architect and engineer) Client Sustainability assessment and certification expert	Designers (architect and engineer) Client Sustainability assessment and certification expert BIM manager	Designers (architect and engineer) Client Sustainability assessment and certification expert BIM manager Contractor	Designers (architect and engineer) Client Sustainability assessment and certification expert BIM manager Contractor	Designers (architect and engineer) Client Sustainability assessment and certification expert BIM manager Contractor Project commissioning	Designers (architect and engineer) Client BIM manager Commissioning management systems	Designers (architect and engineer) Client Contractor
Information needed for conducting the LCA	Definition of the <b>building program with general areas</b>		Definition of the <b>main building elements</b> (material quantities and BIM model verified) what if scenario assessment comparison	Definition of the <b>building elements to be included in the building</b> (estimated material quantities and BIM model verified)					
Purpose of LCA	<b>Identify the baseline scenario</b> To optimize the volume/built surface ratio, (especially in residential buildings)		<b>Improve the design of the building volume</b> To compare building design alternatives and macro components	<b>Compare different products and manufactures</b> and reduce the building's environmental impacts				<b>Compare/determinate the potential of reuse and recycling of the building</b>	

Abbildung 5: „Design Decision Table“ (Teil 1)

related to background	<b>Task of the design stage</b>  <small>Design steps and project phases</small>	Setting and identifying the target impacts based on the building program, typology, country, etc.	Verify the surfaces and building geometry with the target estimated impacts. Re-define or adjust the design.	Verify the systems and building elements material estimations with the target or benchmarks impacts. Re-define or adjust the design.	Verify the material estimations (including technical equipment, installations) with the target or benchmarks impacts. Re-define or adjust the design.	Labeling or certification of the building impacts before/after construction, considering the real materials and process of the building.	Tracking the certified impacts values along the building life cycles in the maintenance, repair, refurbishment and substitution stages.	Identify potential re-use or valorization of the building elements and materials. Consider the building as a material bank to the next generations.		
	<b>Which level of decomposition to should be used?</b>  <small>Systematic building decomposition in LCA</small>	<b>Floor areas (with different functions)</b>		<b>Elements/Components</b>	<b>Materials</b>					
					<b>Generic material data</b> <div style="display: inline-block; width: 100%; text-align: center;"> <span>←-----Product specific material data-----→</span> </div>					
	<b>How to reduce the design related uncertainties?</b>  <small>Uncertainties</small>	<b>Strategy 1: Project development strategy</b>			Definition of the element groups	Definition of the elements (main element material defined) + Definition of the sub-elements uncertainties reported according to the granularity of the data	Definition of the materials as planned-uncertainties reported according to the granularity of the data	Definition of materials as build-uncertainties reduced to the minimum	Definition of materials as build-uncertainties reported reduced to the minimum	Definition of the RSL of materials uncertainties connected to the RSL scenario
		<b>Strategy 2: Optimization</b>			Optimization Identification of the most important parameters	Optimization of the parameters/elements that were defined as the most relevant	Optimization of the parameters/elements that were defined as the most relevant	No uncertainties reported	No uncertainties reported	No uncertainties reported
			Identification of the most important	Optimization Identification of the most important parameters	Optimization of the parameters/elements that were defined as the most relevant	Optimization of the parameters/elements that were defined as the most relevant	No uncertainties reported	No uncertainties reported	No uncertainties reported	
	<b>Which tools can be used for the LCA?</b>  <small>LCA tools</small>	<b>Complex Tool</b> With Benchmarks for early evaluation of environmental profile over building lifecycle.  Pure calculation not useable due to a lack of information. (e.g. GPR Building, CAALA, OneClick LCA, TOTEM)	<b>Complex Tool</b> With Benchmarks for early evaluation of environmental profile over building lifecycle.  Pure calculation not useable due to a lack of information. (e.g. PLEIADES, FCBS Carbon, LCAbyg, Lesosai)	<b>Complex Tool</b> With Benchmarks for early evaluation of environmental profile over building lifecycle.  Pure calculation useable with large inaccuracies. (e.g. PHribbon, the ZEB Tool, Athena Impact + Tally, Enerweb)	<b>Pure Calculation</b> with some constraints due to w some lacks of accurate information (e.g. SimaPro)  <b>Complex Tool</b> Benchmarks can be exploited for estimating construction process, and evaluating building operation and EoL (e.g. Lesosai, BIMELCA, )	<b>Pure Calculation Complex tool</b> (possible for all currently available tools)  Benchmarks can be exploited for evaluation of building operation and EoL	<b>Pure Calculation</b> (e.g. GENERIS, GPR Building, CAALA, Sphera GaBi)  Complex tool not necessary with conclusion of the design process.  Benchmarks can be exploited for evaluation building operation and EoL	<b>Pure Calculation</b> Complex tool for supporting renovation measures.  Benchmarks can be exploited for evaluation building operation and EoL (e.g. Pleiades, Athena Impact + Tally, SBTToolCZ, LCAbyg)	<b>Pure Calculation</b> Obtained values enrich information to be exploited as, e.g., environmental benchmarking (e.g. SimaPro, LCAUS, The ZEB Tool, Sphera GaBi)	
<b>How can BIM improve the LCA during the design process?</b>  <small>Workflow in LCA</small>	Possibility of systematic quantity take-off from BIM  Automatic update in case of changes  The use of BIM models for different purposes (LCA, operational energy, optimization)	Possibility of systematic quantity take-off from BIM  Automatic update in case of changes  The use of BIM models for different purposes (LCA, operational energy, optimization)	Possibility of systematic quantity take-off from BIM  Automatic update in case of changes  The use of BIM models for different purposes (LCA, operational energy, optimization)	Possibility of systematic quantity take-off from BIM  Automatic update in case of changes  The use of BIM models for different purposes (LCA, operational energy, optimization, technical equipment)	Possibility of systematic quantity take-off from BIM  Automatic update in case of changes  The use of BIM models for different purposes (LCA, operational energy, optimization, technical equipment, digital twin)	Possibility of systematic quantity take-off from BIM  Automatic update in case of changes  The use of BIM models for different purposes (LCA, operational energy, optimization, technical equipment, digital twin, management)	Possibility of systematic quantity take-off from BIM  Automatic update in case of changes  The use of BIM models for different purposes (LCA, operational energy, optimization, technical equipment, digital twin, management)	Possibility of systematic quantity take-off from BIM  Automatic update in case of changes  The use of BIM models for different purposes (LCA, operational energy, optimization, technical equipment, digital twin, facility management, CE)		
<b>What is the purpose of the visualization and which types should be used?</b>  <small>Visualization in LCA</small>		Purpose: <b>Identification of hotspots</b>  Comparison of design options		Purpose: <b>Comparison of design options</b>  Correlation, uncertainties and sensitivity analysis				Purpose: <b>Temporal distribution</b>  Spatial distribution		

Abbildung 6: „Design Decision Table“ (Teil 2)



## Basics and recommendations on assessment of biomass-based products in building LCAs: the case of biogenic carbon

### – A Contribution to IEA EBC Annex 72

#### Subtask 1

DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-08

#### Zusammenfassung

Es besteht ein allgemeiner Konsens darüber, dass CO<sub>2</sub>-Emissionen erheblich zum Klimawandel beitragen und dass die Eindämmung eine der wichtigsten Herausforderungen der heutigen Generation ist. Spätestens seit der neuen EN 15804+ A2:2019, die zwischen Emissionen aus fossilen und biogenen Quellen unterscheidet, gibt es eine Diskussion darüber, wie Emissionen aus biogenen Quellen zu behandeln sind. Im aktuellen Bericht werden die verschiedenen Ansätze zur Bewertung von biogenem Kohlenstoff diskutiert. Die Ansätze haben unterschiedliche Methoden, um Emissionen innerhalb des beobachteten Systems zuzuordnen.

Der Bericht gibt einen Überblick und erläutert die gängigsten Ansätze zur Bewertung von biogenem Kohlenstoff. In Ökobilanzen für Gebäude wird biogenes CO<sub>2</sub> in der Regel mit zwei verschiedenen Ansätzen berücksichtigt: dem 0/0-Ansatz (oder kohlenstoffneutralen Ansatz) und dem -1/+1-Ansatz. Der 0/0-Ansatz berücksichtigt nur den Beitrag von Treibhausgasen aus fossilen Quellen, während der -1/+1-Ansatz die Aufnahme von CO<sub>2</sub>-Emissionen während des Wachstums von biogenen Materialien und deren Freisetzung am Ende des Lebenszyklus berücksichtigt. Die Gesamtergebnisse am Ende des Lebenszyklus sollten die gleichen sein. Der einzige Unterschied ist, dass der -1/+1-Ansatz die Flüsse von biogenem Kohlenstoff berücksichtigt. Es gibt auch Ansätze, die zeitabhängige Charakterisierungsfaktoren verwenden und zwei verschiedene mögliche Szenarien vorschlagen: (i) die Annahme, dass die Aufnahme vor dem Bau des Gebäudes erfolgt, d.h. bevor das Material geerntet wird, und somit dem natürlichen Kohlenstoffkreislauf folgt, oder (ii) die Annahme, dass die Aufnahme nach der Ernte des biobasierten Materials erfolgt, wobei das Nachwachsen der Bäume berücksichtigt wird und somit genau die Menge an Material kompensiert wird, die geerntet wurde.

Der Bericht bewertet die biogenen Kohlenstoffflüsse anhand der verschiedenen diskutierten Ansätze und gibt Empfehlungen für (a) die Inventarebene und (b) die Ebene der Folgenabschätzung. Die Verwendung von Holz/Biomasse-Materialien ist wünschenswert, aber es ist wichtig, dass der gesamte Lebenszyklus betrachtet wird, um Fehlinterpretationen der Ergebnisse zu vermeiden. Die Anforderungen sollten nicht nur für A1-A3 formuliert werden, sondern auch die zugehörigen Entsorgungsmodule C3-C4 einschließen. Alternativ dazu sollten die Anforderungen für A1-A3 separat für  $GWP_{\text{fossil}}$  und  $GWP_{\text{biogen}}$  formuliert werden. Aufgrund des begrenzten Konsenses sollte die dynamische Modellierung von biogenem Kohlenstoff mit Vorsicht eingesetzt werden, während sich die Standards auf statische Charakterisierungsfaktoren und eine Netto-Null-Lebenszyklusbilanz für biogenes CO<sub>2</sub> (Module A1-C4) stützen sollten, es sei denn, der biogene Kohlenstoff wird dauerhaft und sicher in speziellen unterirdischen Lagern oder dauerhaft in kohlenstoffhaltigem Zement für Beton gespeichert.

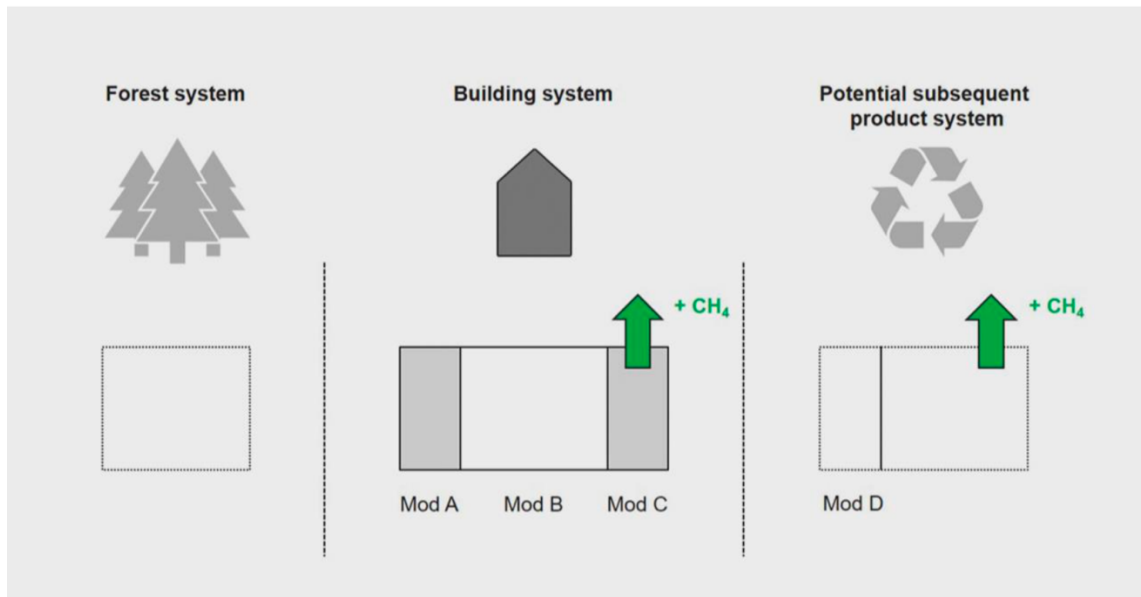


Abbildung 7: Der 0/0-Ansatz zur Modellierung der Aufnahme und Freisetzung von biogenem Kohlenstoff. Die gestrichelten Linien zeigen die Produktsysteme an, die außerhalb der Grenzen des Gebäudesystems liegen. Quelle: Hoxha et al (2020b).

### Einführung

Der Beitrag von Gebäuden zu den globalen Treibhausgasemissionen (THG) ist allgemein anerkannt (IEA GABC 2018). In den letzten Jahrzehnten wurden viele Strategien zur Senkung des Ressourcenverbrauchs und der Emissionsintensität während des Lebenszyklus von Gebäuden vorgeschlagen, mit unterschiedlichen Reduktionspotenzialen. Die Verwendung sogenannter "biobasierter" Produkte, d. h. Materialien, die auf erneuerbaren Rohstoffen basieren und während ihres Wachstums CO<sub>2</sub> absorbieren, wird zunehmend als Maßnahme zur Eindämmung des Klimawandels vorgeschlagen (Ministère de la transition écologique, 2020; Pomponi & Moncaster, 2016; Moschetti et al., 2019; Peñaloza et al., 2016, Carcassi et al., 2022). Unter den biobasierten Produkten, die in Gebäuden verwendet werden, sticht Holz als historisch gewachsene Konstruktionswahl hervor, vor allem im Leichtbau oder in niedrigen Wohngebäuden (Churkina et al. 2020) und in den letzten Jahren mit Brettsperrholz (CLT) in mehrgeschossigen Wohn- und Bürogebäuden (Hoxha et al. 2020). Da Stahl und Beton zunehmend als energie- und treibhausgasintensive Produkte erkannt werden, entscheiden sich die Entscheidungsträger:innen im Allgemeinen für die Verwendung von Holz als Ersatz für diese traditionell verwendeten Baustoffe.

Dennoch muss die potenzielle Verringerung der THG-Emissionen durch den Ersatz von mineralischen oder metallbasierten Materialien durch Holz (oder andere biobasierte Produkte) richtig eingeschätzt werden. Anhand einer Reihe von Indikatoren wurde die international standardisierte Methode der Ökobilanzierung (LCA) verwendet, um die Auswirkungen neuer Lösungen und Projekte zu berechnen. Die LCA-Methode besteht aus vier Hauptschritten: Ziel- und Umfangsdefinition, Lebenszyklusinventarisierung, Folgenabschätzung und Interpretation.

Das Treibhauspotenzial (GWP) ist der Indikator, der verwendet wird, um die Auswirkungen der Treibhausgasemissionen, die während des Lebenszyklus eines Gebäudes entstehen, in ihren Beitrag zum erhöhten Strahlungsantrieb umzurechnen. Die häufigsten Gase, die zum GWP-Indikator

beitragen, sind  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{CO}$ . Bei den  $\text{CO}_2$ -Emissionen sollte zwischen fossilen und biogenen Quellen unterschieden werden. Biogenes  $\text{CO}_2$  wird während des Wachstums von biobasierten Materialien aufgenommen (Carcassi et al. 2022).

Im 6. Sachstandsbericht des IPCC heißt es, dass jede Tonne  $\text{CO}_2$ -Emission zur globalen Erwärmung beiträgt, was zu einer nahezu linearen Beziehung zwischen den kumulativen  $\text{CO}_2$ -Emissionen und dem Anstieg der globalen Oberflächentemperatur führt, unabhängig vom Zeitpunkt der Emission (Abbildung 8). Diese Tatsache sollte man bei der Lektüre dieses Berichts unbedingt im Hinterkopf behalten.

Bei der Modellierung von biogenem Kohlenstoff in Ökobilanzen von Gebäuden gibt es noch keinen methodischen Konsens (Hoxha et al. 2020). In Ökobilanzen für Gebäude werden biogene  $\text{CO}_2$ -Emissionen in der Regel mit zwei verschiedenen Ansätzen berücksichtigt: dem 0/0-Ansatz (oder kohlenstoffneutralen Ansatz) und dem -1/+1-Ansatz. Beim ersten Ansatz wird standardmäßig davon ausgegangen, dass die  $\text{CO}_2$ -Aufnahme während des Wachstums des biobasierten Materials durch seine Freisetzung am Ende der Nutzungsdauer kompensiert wird (Hoxha et al. 2020). Folglich berücksichtigt der 0/0-Ansatz nur den Beitrag der Gase aus fossilen Quellen zur GWP-Berechnung. Der -1/+1-Ansatz hingegen berücksichtigt sowohl die Aufnahme während des Wachstums als auch die Freisetzung am Ende der Lebensdauer (Hoxha et al. 2020). Die Normen (EN 15804:2019) betonen, dass bei der Berücksichtigung der Aufnahme auch die Freisetzung bei Recycling, Deponierung und Verbrennung am Ende des Lebenszyklus berücksichtigt werden muss. Die lebenszyklusbasierten Treibhausgasemissionen, die sich aus den beiden Ansätzen ergeben, sollten gleich sein. Der einzige Unterschied besteht darin, dass man mit dem -1/+1-Ansatz die biogenen Kohlenstoffflüsse über den gesamten Lebenszyklus verfolgen kann.

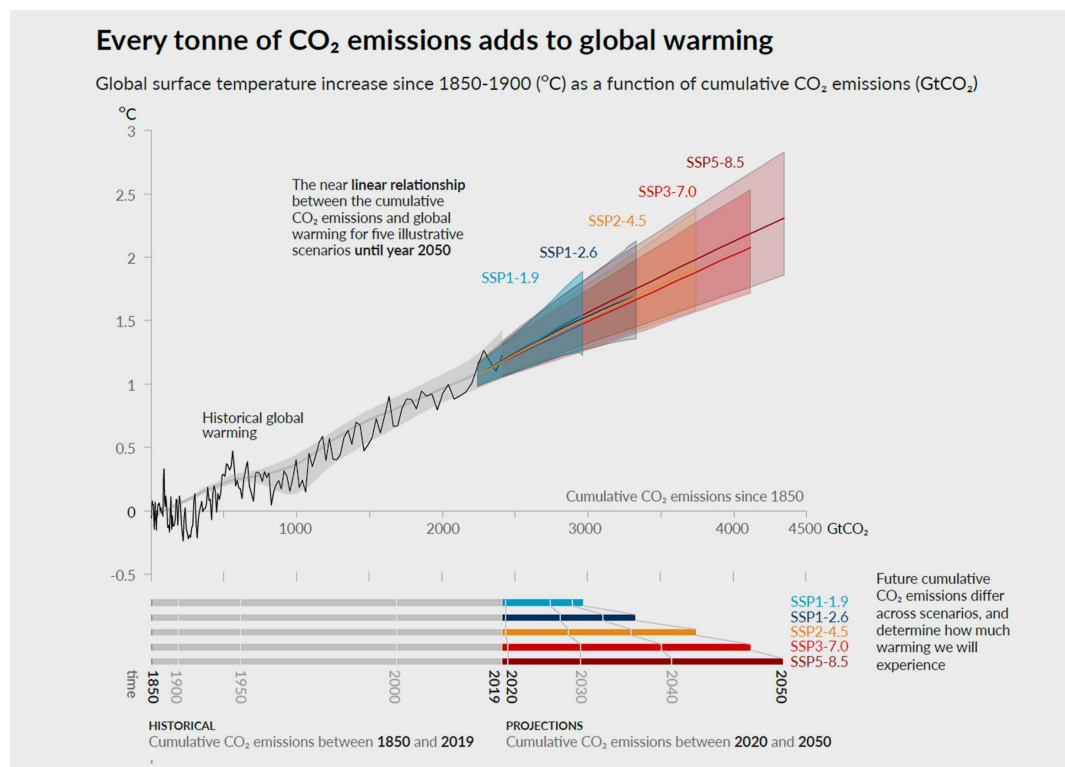


Abbildung 8:  $\text{CO}_2$ -Emissionen und Globaler Anstieg der Oberflächentemperatur (IPCC 2021).

Um die oben genannten Probleme zu lösen, wurden sogenannte "dynamische" oder "zeitabhängige" Ansätze für die Bilanzierung von biogenem Kohlenstoff entwickelt, die sich auf die Karbonatisierung von Recyclingbeton mit biogenem CO<sub>2</sub> und die Modellierung biobasierter Materialien konzentrieren (Guest et al., 2013; Cherubini et al., 2011; Arehart et al., 2021) und andere, die auf jeden Kontext, jedes Produkt oder System angewendet werden können (Levasseur et al., 2010). Die von Levasseur et al. (2010) vorgeschlagene Definition der zeitabhängigen Charakterisierungsfaktoren basiert auf einigen wichtigen wertbasierten Entscheidungen, wenn es um die Berechnung der biogenen Kohlenstoffaufnahme in biobasierten Produkten geht, die in Gebäuden verwendet werden. In der Literatur werden zwei verschiedene Szenarien behandelt: (i) die Annahme, dass die Aufnahme vor dem Bau des Gebäudes erfolgt, d. h. vor der Ernte des Materials, und somit dem natürlichen Kohlenstoffkreislauf folgt, oder (ii) die Annahme, dass die Aufnahme nach der Ernte des biobasierten Materials erfolgt, wobei das Nachwachsen der Bäume berücksichtigt und die genaue Menge des geernteten Materials kompensiert wird (Peñaloza et al., 2016). Der dynamische Berechnungsansatz wurde als geeignete Methode zur Berücksichtigung der biogenen CO<sub>2</sub>-Aufnahme und -Freisetzung in der Ökobilanz von Gebäuden dargestellt (Hoxha et al., 2020) und hat die Aufmerksamkeit und das Interesse der politischen Entscheidungsträger:innen auf sich gezogen, die Regeln für die Modellierung von Holzprodukten in Ökobilanzen festlegen wollen (Ministère de la transition écologique, 2020; Zibell et al. 2021).

Da es keinen Konsens über die Angemessenheit der verschiedenen derzeit verfügbaren Methoden zur Anrechnung von biogenem Kohlenstoff in Gebäuden gibt, zielt dieses Kapitel darauf ab, die gegensätzlichen Ansichten zu erörtern und Empfehlungen abzuleiten, die auf den vom Weltklimarat (IPCC, 2021) veröffentlichten Berechnungsrichtlinien und dem zunehmenden Wissen über Kohlenstoffquellen, -senken und die Ableitung von Budgets basieren.

Der Bericht gliedert sich in zwei Hauptteile: Diskussion und Empfehlungen für die Anrechnung biogenen Kohlenstoffs auf (a) der Ebene der Bestandsaufnahme und (b) der Ebene der Folgenabschätzung. Der letzte Abschnitt des Berichts enthält eine kurze Diskussion über die Entwicklung von unverbindlichen Orientierungswerten oder verbindlichen sekundären Anforderungen für Treibhausgase in Bauprodukten, insbesondere in Holz- und Biomasseprodukten.

### **6.3.4. Berichte mit österreichischem Beitrag**

#### **Level of knowledge and application of LCA in Design Practice: Results and recommendations based on surveys – A Contribution to IEA EBC Annex 72**

Subtask 1- Background report

DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-09

#### **Zusammenfassung**

Der Fortschritt in der Auseinandersetzung mit den Grundlagen einer angewandten Ökobilanz (LCA) als Voraussetzung für quantitative Bewertungen der Umweltleistung von Gebäuden und deren direkte Anwendung im Entwurfsprozess ist einerseits sehr dynamisch und zeigt andererseits große Unterschiede. Während einige Planer:innen bereits über Grundlagenwissen und Erfahrungen mit der Anwendung von Ökobilanzen verfügen, nehmen andere zunächst eine abwartende Haltung ein, planen aber mittelfristig eine intensivere Beschäftigung mit dem Thema. Es wurde deutlich, dass für eine breitere Anwendung der Ökobilanz als Instrument zur Bewertung der Umweltleistung folgende Voraussetzungen erfüllt sein müssen:

- Nachfrage nach solchen Dienstleistungen und deren Vergütung durch die Kund:innen
- Rechtliche Anforderungen einschließlich klarer methodischer Grundlagen
- Qualitätsgesicherte Daten und öffentlich zugängliche Datenbasis
- Qualitätsgesicherte Bewertungsinstrumente
- Angebote zur Aus- und Weiterbildung

In Ländern, in denen diese Bedingungen bestehen oder gerade erst geschaffen werden, nimmt der Einsatz von LCA deutlich zu. Einige Konstrukteure in diesen Regionen führen LCA während der Konstruktion selbst durch (bevorzugte Arbeitsweise) oder beauftragen spezialisierte Dienstleister.

#### **Einführung**

Die Erreichung der Ziele zur Reduzierung der betrieblichen und verkörperten Umweltauswirkungen im Lebenszyklus von Gebäuden als Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung ist an verschiedene Voraussetzungen geknüpft. Eine davon ist die Integration von Berechnungsverfahren, Auslegungsvergleichen und Nachweisen zur Erreichung der entsprechenden Ziele in die Planungs- und Entscheidungsprozesse für Neubau- und Sanierungsvorhaben. Dies wiederum hängt damit zusammen, dass die beteiligten Akteure sich der Problematik bewusst und motiviert sind, sich dieser Aufgabe zu widmen, sowie ausreichend qualifiziert sind und über die notwendigen Mittel und Möglichkeiten verfügen.

Die Entwicklungen der letzten Jahre und Jahrzehnte haben dazu geführt, dass verschiedene Entwurfs- und Bewertungsprinzipien, Methoden und Werkzeuge zur Verfügung stehen. Insbesondere der Einsatz der Ökobilanz als Instrument zur Quantifizierung und Bewertung der lebenszyklusbasierten Umweltauswirkungen von Gebäuden ermöglicht es, die betrieblichen und verkörperten Auswirkungen im Kontext zu ermitteln, zu bewerten und während des Entwurfsprozesses gezielt zu beeinflussen. Darüber hinaus gibt es die weitere Entwicklung von:

- entsprechenden Berechnungs- und Bewertungsmethoden, einschließlich ihrer Harmonisierung durch Normungsaktivitäten mit spezifischem Anwendungsbezug für Bauprodukte und Gebäude,
- die Bereitstellung von Daten und Datenbanken mit umweltrelevanten Informationen zu Produkten und Prozessen auf einer einheitlichen Basis,
- die Entwicklung von Berechnungs- und Bewertungsinstrumenten von einfachen Bauteilkatalogen bis hin zu komplexen Softwarelösungen (einschließlich BIM),
- Verlässliche Datenbanken, klare Methoden und praktische Werkzeuge sind ebenfalls Voraussetzung für die Einführung verbindlicher lebenszyklusbasierter Umweltaforderungen für Gebäude.

An der Entwicklung von Zielen und Anforderungen individueller, institutioneller oder gesetzgeberischer Art sowie an den entsprechenden Gestaltungs- und Entscheidungsprozessen sind mehrere Gruppen von Akteuren direkt und indirekt beteiligt. So ist es Aufgabe des Staates, die natürlichen Lebensgrundlagen im Sinne des Schutzes künftiger Generationen zu erhalten. Die Immobilienwirtschaft verbindet die Sicherung der Zukunftsfähigkeit ihrer Unternehmen mit der Übernahme von Verantwortung für Umwelt und Gesellschaft, was entsprechende Konsequenzen für die Aufgabenstellung bei Neubau- und Sanierungsprojekten und die Bewirtschaftung der Gebäudebestände hat. Zunehmend werden umweltrelevante Merkmale und Eigenschaften in die Bewertung und die Festlegung von Finanzierungsbedingungen einbezogen (z.B. TAXONOMY in Europa), was zu einem Bedarf an entsprechenden Informationen führt. Nach den Vorstellungen der Europäischen Kommission (Entwurf für die EPBD, 2021) sollen die Lebenszyklus-THG-Emissionen als Information in den verpflichtenden Energieausweis aufgenommen werden. Andererseits ist die Industrie zunehmend bereit, die geforderten Ökobilanzdaten für Bauprodukte aller Art auf einer harmonisierten Basis bereitzustellen. Der Bedarf an einem Informationsaustausch zwischen den Akteuren entlang der Wertschöpfungskette wird deutlich.

Letztlich geht es darum, die Gestaltung von Neubau- und Sanierungsprojekten im Sinne der Ressourcenschonung und des Klimaschutzes zu beeinflussen - als zusätzliche Anforderungen in einem ohnehin schon komplexen Zielsystem. Dazu sind Berechnungen mit der angewandten Ökobilanz erforderlich, bei denen Informationen aus der Mengenermittlung mit lebenszyklusbasierten Umweltdaten von Bauprodukten, Dienstleistungen und Prozessen verknüpft werden. Derzeit wird diskutiert, welche Gruppen von Akteuren diese Aufgaben erfüllen können. In der Diskussion sind Nachhaltigkeitsauditor:innen, Energieberater:innen, Kostengutachter:innen und andere Dienstleister, die diese Aufgaben übernehmen können. Sie müssten dann ihre Ergebnisse für die Designer:innen aufbereiten und in engem Kontakt mit ihnen stehen. Aber welche Aufgaben können die Planer:innen direkt übernehmen? Sind sie darauf ausreichend vorbereitet? Und sind die notwendigen Rahmenbedingungen gegeben? Wie ist der Stand der Vorbereitung auf Aufgaben, die die Erstellung einer Ökobilanz erfordern, und inwieweit werden solche Aufgaben bereits wahrgenommen?

Die Beantwortung dieser Fragen war Gegenstand eines speziellen Teils einer von Annex 72 vorbereiteten Umfrage, die in mehreren A72-Teilnehmerländern durchgeführt und anschließend ausgewertet wurde. Die wichtigsten Ergebnisse werden hier vorgestellt; ansonsten wird auf die veröffentlichten Ergebnisse und Konferenzpapiere verwiesen:

- Umfrageergebnisse zur Akzeptanz und Nutzung von Ökobilanzen bei Planer:innen in den Weltregionen: IEA EBC Annex 72 (Balouktsi et al., 2022) - Konferenzpapier, das ausgewählte Ergebnisse der Umfrage zusammenfasst.
- Treiber, Hindernisse und Entwicklungsbedarf für Ökobilanzen im nordischen Bausektor: eine Umfrage unter Fachleuten (Rasmussen et al. 2020) - Konferenzpapier, das ausgewählte dänische und schwedische Ergebnisse der Umfrage zusammenfasst.
- Einstellung zu Ökobilanzen in Ungarn und Tschechien: Results of a Survey among Building Design Professionals (Szalay & Lupísek, 2022) - Konferenzpapier, das ausgewählte ungarische und tschechische Ergebnisse der Umfrage zusammenfasst.
- Der Kenntnisstand, die Nutzung und die Akzeptanz von LCA unter Planer:innen in Deutschland: Ein Beitrag zum IEA EBC Annex 72 (Lützkendorf & Balouktsi, 2022) - Konferenzpapier, das ausgewählte Ergebnisse des vollständigen Berichts zusammenfasst.
- Integration von Umweltaspekten in den Planungsprozess von Gebäuden - Kenntnisstand, Umsetzungsgrad, Handlungsvorschläge (Lützkendorf et al. 2020) - nationaler Bericht.

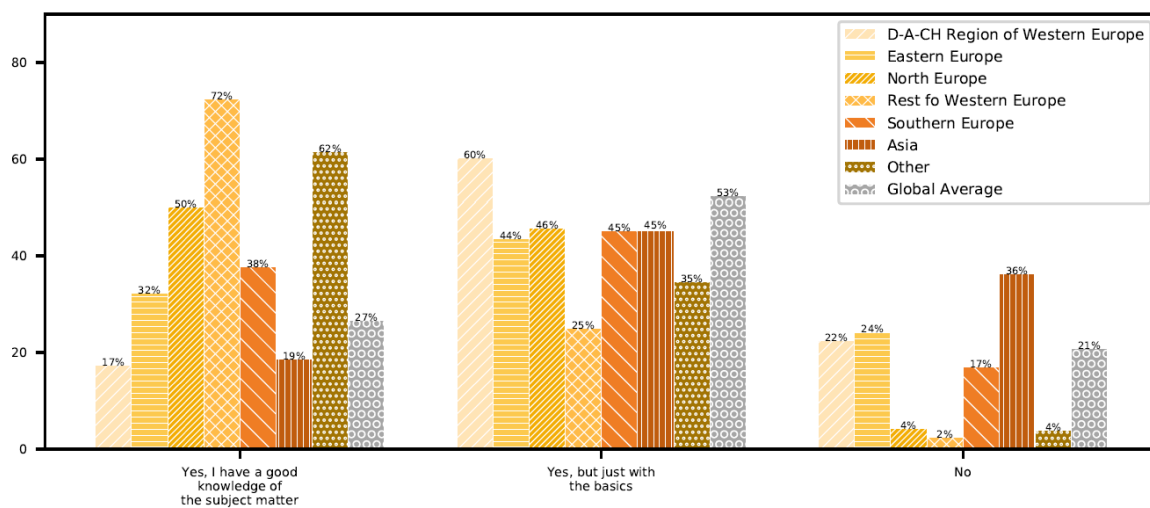


Abbildung 9: Antworten auf die Frage "Sind Sie mit Ökobilanzen von Bauprodukten und Gebäuden vertraut?", einschließlich einer Aufteilung nach Regionen. (Quelle: Balouktsi et al., 2022)\*

\*Anmerkung 1: basierend auf 720 Befragten;

\*Anmerkung 2: Die Länder, die jede Region repräsentieren, sind (Reihenfolge beginnend mit der höheren Anzahl der Befragten): DACH-Region = DE + AT + CH, Asien = CN + IN, Südeuropa = ES + PT + IT + SI, Nordeuropa = DK + SE + NO + FI, Osteuropa = HU + CZ, Übriges Westeuropa = FR + NL + UK, Sonstige = CA + US + AU + NZ

Die Ergebnisse dieser Umfrage können mit den Ergebnissen früherer Umfragen zu diesem Thema kombiniert werden, auch im Hinblick auf die Verfolgung der Fortschritte in bestimmten Regionen.

## Survey on the use of national LCA-based assessment methods for buildings in selected countries – A Contribution to IEA EBC Annex 72

Subtask 1 - Background report

DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-10

### Zusammenfassung

Dieser Hintergrundbericht untersucht die bestehenden obligatorischen oder freiwilligen nationalen Bewertungsmethoden für die lebenszyklusbezogenen Umweltauswirkungen von Gebäuden (LCA-basierte Methoden zur Bewertung der Umweltleistung) mit dem Ziel, einen Überblick über ihre wichtigsten Varianten zu geben. Ein Teil dieses Überblicks befasst sich auch mit der Art und dem Ausmaß des Bewusstseins und der Anwendung dieser Methoden in jedem untersuchten Land. Die Beschreibungen der Methoden und der Situation in den verschiedenen Ländern beruhen auf einer Umfrage unter den A72-Expert:innen.

Dies bildet eine erste Grundlage für die Entwicklung von Regeln und Empfehlungen für nationale Behörden und private Organisationen, wie solche Methoden geschaffen oder verbessert werden können, was eines der Hauptziele von Annex 72 war.

Dieser Bericht gibt zunächst einen kurzen Überblick über die Situation in den 17 Teilnehmerländern in Annex 72, die Europa, Ozeanien, Nordamerika und Asien abdecken, und behandelt die folgenden Themen:

- Historischer Hintergrund/ Beginn der Anwendung von LCA im Bausektor
- Situation auf dem Gebiet der LCA-Anwendung / Anwendungskontext
- Methodische Grundlagen
- Datenbanken
- Anzahl der Anwendungen und Nutzer:innen
- Integration in den Entwurfsprozess
- Akzeptanz und Verbreitung

Die Übersichten decken die Situation bis Anfang 2021 ab. In einem zweiten Schritt wurde diese Analyse auch mit einem strukturierten mehrteiligen Fragebogen kombiniert, um mehr Details zu den Methoden zu erhalten, insbesondere in Bezug auf ihre Unterschiede in:

- Systembeschreibung
- Aspekte der Modellierung
- Umweltindikatoren
- Bewertungsstandards, Daten, Instrumente und Benchmarks
- Marktbedingungen und treibende Kräfte

Mithilfe des Fragebogens wurden die Details von 25 Methoden aus 19 Ländern gemeldet und analysiert. Die Analyse zeigte große Unterschiede zwischen den verwendeten Methoden. Jedes Land hat eine andere Ausgangssituation und befindet sich in diesem Bereich in einem anderen Entwicklungsstadium. Um die Vergleichbarkeit und Nutzbarkeit der lebenszyklusbasierten Ergebnisse zu ermöglichen, ist es jedoch notwendig, eine einheitliche und transparente Grundlage für eine Methodik und Berichtsstruktur für die Bewertung der Umweltleistung von Gebäuden zu schaffen, die



mit internationalen und regionalen Standards übereinstimmt. Der vorliegende Hintergrundbericht will dazu einen Beitrag leisten.

### **Einführung**

Um einen fundierten Leitfaden für nationale Behörden und private Organisationen zu entwickeln, wie kontextspezifische Methoden zur Bewertung der lebenszyklusbezogenen Umweltauswirkungen von Gebäuden geschaffen oder verbessert werden können (A72-Bericht von Lützkendorf et al. (2023)), ist es wichtig, zunächst bestehende Methoden und Standards zu untersuchen. Ziel dieses Hintergrundberichts ist es, einen Überblick und eine Analyse der bestehenden nationalen Methoden/Ansätze zur Ökobilanzierung von Gebäuden zu geben, die in einigen Fällen verpflichtend (d.h. Teil der Bauvorschriften), in anderen freiwillig (d.h. Teil von freiwilligen Nachhaltigkeitszertifizierungssystemen, nationalen Standards, Finanzierungsaktivitäten oder Forschungsaktivitäten) sind, und die wichtigsten Unterschiede in der Ökobilanzierung von Gebäuden und damit die Herausforderungen bei ihrer Harmonisierung zu erörtern. Teil dieses Überblicks ist es auch, Art und Umfang des Bewusstseins und der Anwendung der Methoden in den Ländern zu untersuchen.

Um die Möglichkeiten für eine Weiterentwicklung und schrittweise Angleichung der methodischen Grundlagen zu analysieren, müssen Bereiche mit potenzieller Angleichung und kontextspezifische Gründe für wichtige methodische Entscheidungen ermittelt werden. Zu diesem Zweck stellt dieser Hintergrundbericht die Ergebnisse einer internationalen Umfrage unter den in Annex 72 beteiligten Expert:innen und Ländervertreter:innen zu den Methoden vor, die in einigen der teilnehmenden Länder zur Bewertung der Umweltauswirkungen von Gebäuden angewandt werden.

Unabhängig davon, ob es eine offizielle obligatorische oder freiwillige nationale Methode gibt, bietet dieser Bericht einen knappen Überblick über die Situation in einigen Teilnehmerländern in Annex 72 in Bezug auf:

- Historischer Hintergrund/ Beginn der Anwendung von LCA im Bausektor
- Aktuelle Situation im Bereich der LCA-Anwendung /Anwendungskontext
- Datenbanken
- Anzahl der Anwendungen und Nutzer:innen
- Integration in den Entwurfsprozess
- Akzeptanz und Verbreitung

Dieser Überblick deckt die Situation bis Ende 2020/Anfang 2021 ab. Für die 72 Teilnehmerländer im Annex 72, die eine bestimmte Methode anwenden, wurden Einzelheiten zu den Methoden in einem mehrteiligen Fragebogen erfasst, der von Ländervertreter:innen oder nationalen Experten:innen ausgefüllt wurde. Die Fragebogenerhebung sollte den unterschiedlichen Entwicklungsstand der verschiedenen Methoden und die Unterschiede in der Herangehensweise an Ökobilanzen von Gebäuden aufzeigen.

## **Potentials and requirements for implementing LCA across different design steps, project phases and life cycle stages - Part 1: Common definition of design steps & project phases– A Contribution to IEA EBC Annex 72**

Subtask 2 - Background report

DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-12

### **Einführung**

Dieser Bericht enthält eine Reihe von Begriffen und Definitionen für Projektmanagementphasen und Bauplanungsschritte in Bezug auf die Lebenszyklusphasen von Bauwerken. Er zielt darauf ab, ein gemeinsames Verständnis auf der Grundlage bestehender Pläne und Definitionen in den teilnehmenden Ländern zu schaffen. Der Bericht bietet außerdem Einblicke in den nationalen Kontext der ausgewählten Länder.

### **Ziele**

Dieses Dokument dient der gemeinsamen Arbeit von ST1 und ST2. Zu seinen Zielen gehören:

- Festlegung von Begriffen und Definitionen für Projektmanagementphasen und Bauplanungsschritte bei Neubau- und Nachrüstungs-/Sanierungsprojekten.
- Moderation von Methodendiskussionen, Regeln und Empfehlungen für Entwurfsschritte mit Schwerpunkt auf Vor- und Nachentwurfsphasen und Gebäudedokumentation/-übergabe (ST1).
- Diskussion von Ansätzen zur Integration der Umweltprüfung in den gesamten Planungsprozess, einschließlich Verantwortlichkeiten, Informationsfluss und Ergebnispräsentation (ST2).
- Zuordnung von Umweltprüfungsinstrumenten und Arbeitsabläufen zu bestimmten Planungsschritten (ST2)
- Zuordnung von Fallstudien zu Projektphasen und/oder Planungsschritten nach Bedarf (ST3).
- Bewertung der Eignung von Daten und Datenbanken für Berechnungs- und Bewertungsaufgaben in verschiedenen Planungsschritten (ST4).

## **Potentials and requirements for implementing LCA across different design steps, project phases and life cycle stages - Part 2: National reports on definition of design phases – A Contribution to IEA EBC Annex 72**

Subtask 2 - Background report

DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-12

### **Einführung**

Dieser Bericht fasst Kurzberichte von Annex-Expert:innen aus verschiedenen Ländern über die Definition von Entwurfsphasen, Meilensteinen und Schritten in Bezug auf die Umweltverträglichkeitsprüfung und den Einsatz von Ökobilanzen im Entwurfsprozess zusammen. Die Kurzberichte befassen sich mit verschiedenen Aspekten, darunter die nationalen Definitionen der Entwurfsphasen und Leistungen, die Schritte für die Umweltverträglichkeitsprüfung und andere relevante Überlegungen wie die Kostenabschätzung.

### **Ziele**

Dieses Dokument ist ein gemeinsames Projekt von ST1 und ST2. Zu seinen Zielen gehören:

- Eine gemeinsame Definition der Entwurfsphasen für Neubau- und Modernisierungsprojekte zu erstellen,
- Zuweisung von methodischen Fragen, Regeln und Handlungsempfehlungen für jede Planungsphase unter Berücksichtigung der Phasen vor und nach der Planung sowie der Gebäudedokumentation/Übergabe (ST1),
- Diskussion verschiedener Ansätze zur Integration der Umweltprüfung in den Planungsprozess, einschließlich der Zuständigkeiten, Anforderungen an den Informationsaustausch und die Präsentation der Ergebnisse (ST2),
- Zuordnung von Instrumenten und Arbeitsabläufen zur Umweltprüfung zu bestimmten Planungsphasen (ST2),
- Zuordnung von Fallstudien zu relevanten Planungsphasen (ST3),
- Bewertung der Eignung von Daten und Datenbanken für Berechnungs- und Bewertungsaufgaben in verschiedenen Entwurfsphasen (ST4).

## Systematic Building Decomposition for implementing LCA – A Contribution to IEA EBC Annex 72

Subtask 2 - Background report

DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-13

### **Einführung**

Im Bereich der Ökobilanzierung von Gebäuden ist eine systematische Struktur erforderlich, um das Gebäude für verschiedene Zwecke wie die Datenerfassung und -organisation zu unterteilen. Zu dieser Struktur gehört die Unterteilung des Gebäudes in Teile, Bauteilgruppen, Elemente, Produkte, Materialien, Typologien und Hersteller. Die Verwendung einer Taxonomie oder eines Klassifizierungssystems ermöglicht eine zuverlässige Beschreibung des Gebäudes, die Organisation seiner Teile und eine gemeinsame Referenz für die Benennung von Systemen, Elementen und Komponenten. Es dient verschiedenen Zwecken, z. B. der Kostenabschätzung, der Organisation von Bibliotheken und der Umweltbewertung.

### **Ziele**

Dieser Bericht soll eine Grundlage für das Verständnis und die Analyse des Themas Taxonomie- und Klassifizierungssysteme im Zusammenhang mit der Gebäudezerlegung bieten. Er stellt die wichtigsten Aspekte dieser Systeme und ihre Anwendung bei der systematischen Zerlegung von Gebäuden vor. Der Bericht vergleicht verschiedene Standards und Richtlinien, die von den teilnehmenden Ländern verwendet werden, und stützt sich dabei auf eine Fallstudie zu einem Referenzgebäude. Er zeigt die Herausforderungen, Grenzen und Möglichkeiten bei der Umsetzung dieser Systeme auf und untersucht die Integration der nationalen Standards und Richtlinien in das Building Information Modeling (BIM) für die systematische Gebäudezerlegung. Schließlich analysiert der Bericht die Auswirkungen von Taxonomie- und Klassifizierungssystemen auf die Durchführung von Ökobilanzen, wobei der Schwerpunkt auf der Verknüpfung von Ökobilanzen und BIM liegt.

## LCA strategy for uncertainty in design phases – A Contribution to IEA EBC Annex 72

Subtask 2 - Background report

DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-14

### **Einführung**

Unsicherheiten in der Ökobilanz lassen sich in zwei Haupttypen unterteilen: exogene Unsicherheiten, die sich der Kontrolle des Konstrukteurs entziehen, und Unsicherheiten, die während des Konstruktionsprozesses entstehen und die vom Konstrukteur beeinflusst werden können. Dieses Dokument konzentriert sich auf die Ungewissheiten, die Designer:innen beeinflussen können.

Planer:innen spielen eine wichtige Rolle bei der Gestaltung der Umweltauswirkungen eines Gebäudes. An einem Bauprojekt sind jedoch mehrere Akteure beteiligt und es erstreckt sich über einen langen Zeitraum, was zu zahlreichen einflussreichen Entscheidungen während des gesamten Prozesses führt. Planer:innen stehen vor der Herausforderung, eine langfristige Vision für das Projekt zu verfolgen und gleichzeitig in jeder Phase die richtigen Entscheidungen zu treffen. Auch wenn es in den frühen Phasen noch Unwägbarkeiten gibt, haben wichtige Entscheidungen, die frühzeitig getroffen werden, einen großen Einfluss auf die Umweltauswirkungen des Gebäudes. Die komplexe Aufgabe für Planer:innen besteht darin, die richtigen Entscheidungen zu treffen und festzulegen, wann diese getroffen werden können. Deshalb ist es wichtig, die Arten von Unsicherheiten in einer Ökobilanzstudie zu verstehen, Methoden zu ihrer Verringerung zu finden und die effektivsten Arbeitsabläufe zur Minimierung von Unsicherheiten zu bestimmen.

### **Ziele**

Dieses Dokument zielt darauf ab, eine Strategie für Designentscheider:innen zu entwickeln, mit der sie LCA-bezogene Unsicherheiten in verschiedenen Phasen des Designprozesses effektiv handhaben und analysieren können.

## **Designers' toolbox for Building LCA – A Contribution to IEA EBC Annex 72**

Subtask 2 - Background report

DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-15

### **Einführung**

Die Bedeutung der Berücksichtigung von Lebenszyklusauswirkungen bei der Bauplanung ist unter Praktiker:innen weithin anerkannt. Infolgedessen gibt es eine wachsende Nachfrage nach Werkzeugen und Daten, die die Integration von Informationen über die Umweltverträglichkeit in die Planungsabläufe unterstützen können. Trotz dieses Bewusstseins ist die tatsächliche Verbreitung von Ökobilanzen bei Architekt:innen und anderen Akteuren noch relativ gering.

Um den Einsatz von Ökobilanzen in der Entwurfspraxis zu erhöhen, müssen zwei wichtige Aspekte angegangen werden: die Verbesserung des Wissens der Planer:innen über Ökobilanzen und die Verbesserung der Benutzerfreundlichkeit von Ökobilanzwerkzeugen für Gebäude. Planungsfachleute müssen die Umweltmechanismen verstehen, die durch die relevanten Indikatoren gemessen werden, die Berechnungsergebnisse interpretieren und verstehen, wie sich Planungsentscheidungen auf die Ergebnisse auswirken. Außerdem sollten Ökobilanzinstrumente für Gebäude auf die spezifischen Bedürfnisse, Kenntnisse und Anliegen der am Planungsprozess beteiligten Nutzer:innen zugeschnitten sein.

Dieser Bericht konzentriert sich darauf, die verfügbaren Ökobilanz-Tools für Gebäude zu kategorisieren, um Planer:innen dabei zu helfen, fundierte Entscheidungen auf der Grundlage ihrer individuellen Anforderungen zu treffen. Indem er einen Überblick über die Funktionen und Optionen der verschiedenen Tools gibt, können Praktiker:innen das oder die für ihre spezifischen Bedürfnisse am besten geeigneten Tools auswählen.

### **Ziele**

Dieses Dokument entspricht der Aktivität 2.4 von Subtask 2. Sein Ziel ist es, eine Kategorisierung der Ökobilanz-Tools vorzuschlagen, die derzeit für Entscheidungsträger:innen in der Baubranche verfügbar sind. Der Bericht stellt die Ergebnisse einer Fragebogenerhebung vor, bei der eine Gruppe von bestehenden Instrumenten untersucht wurde. Auch wenn die Liste der erfassten Instrumente nicht vollständig ist, ermöglichte die Umfrage eine Kategorisierung der Ökobilanzinstrumente für Gebäude. Der Bericht soll Entwurfspraktiker:innen bei der Auswahl des für ihre Arbeitsabläufe am besten geeigneten LCA-Tools helfen und einen Überblick über aktuelle und ideale Tools der nächsten Generation geben.

## LCA-BIM workflows in the design process – A Contribution to IEA EBC Annex 72

Subtask 2 - Background report

DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-16´

### **Einführung**

Dieser Bericht bietet eine umfassende Untersuchung der Rahmenbedingungen für die Ökobilanzierung von Gebäuden, der Arbeitsablaufstrukturen und der Anwendung von Building Information Modeling (BIM) in der Ökobilanzierung von Gebäuden. Die folgenden Kernpunkte werden in diesem Abschnitt behandelt:

- Vorstellung eines konzeptionellen, modularen Rahmens, der eine verallgemeinerte Typologie von Systemen für Ökobilanzberechnungen von Gebäuden bietet. Dieser Rahmen kann als Grundlage für die Entwicklung effektiver Ökobilanz-Tools für Gebäude dienen.
- Vorstellung der Ergebnisse einer internen Umfrage, die unter Expert:innen in 10 Ländern durchgeführt wurde. Sie konzentriert sich auf die Berechnungsstrukturen, die in der Ökobilanzpraxis für Gebäude verwendet werden.
- Der Bericht enthält auch die Ergebnisse einer LCA-BIM-Übung, die im Rahmen der Annex 72-Initiative durchgeführt wurde und die praktische Anwendung von LCA im BIM-Kontext beleuchtet.

## Visualising LCA results in the design process – A Contribution to IEA EBC Annex 72

Subtask 2 - Background report

DOI: 10.3217/978-3-85125-953-7-17

### **Einführung**

Dieser Bericht befasst sich mit den Herausforderungen und Möglichkeiten, die mit der Interpretation und Visualisierung von Ökobilanzergebnissen für Gebäude verbunden sind. Er zeigt auf, dass es an klaren Richtlinien für die Kommunikation von Ökobilanzergebnissen mangelt und betont, wie wichtig es ist, die Ergebnisse für die verschiedenen am Bauplanungsprozess beteiligten Akteure verständlich zu machen. Die Verwendung geeigneter Visualisierungen wird als Schlüsselfaktor für ein besseres Verständnis und eine bessere Entscheidungsfindung angesehen. Die vorhandenen Visualisierungen in Ökobilanzwerkzeugen für Gebäude sind jedoch begrenzt und nicht harmonisiert. In diesem Bericht sollen diese Probleme angegangen werden, indem aktuelle Visualisierungen, die in der Software für die Ökobilanzierung von Gebäuden und in der wissenschaftlichen Literatur verwendet werden, untersucht, in Gruppen zusammengefasst und das Potenzial von Visualisierungen zur Unterstützung der Entscheidungsfindung in der Planungsphase von Gebäuden diskutiert werden.

### **Ziele**

- Überprüfung des aktuellen Stands der Visualisierung von Ökobilanzergebnissen für Gebäude unter Berücksichtigung von gebäudespezifischen Ökobilanz-Softwaretools und wissenschaftlicher Literatur.
- Sammlung und Kategorisierung verschiedener Visualisierungen, die in der Ökobilanz von Gebäuden verwendet werden, um einen Überblick über bestehende Ansätze zu geben.
- Diskussion der Notwendigkeit einer verbesserten Visualisierung und Harmonisierung von Ökobilanzergebnissen, um das Verständnis und die Entscheidungsfindung zu erleichtern.
- Untersuchung des Potenzials der Verwendung von Visualisierungen in Entwurfsschnittstellen zur Unterstützung der Entscheidungsfindung in der Bauplanungsphase.



## Case study 06 - Biogenic carbon in buildings: a critical overview of LCA methods

- enthalten in Deliverable E (siehe **Kapitel 6.2.5**)

DOI: <https://doi.org/10.5334/bc.46>.

### Ziel

Diese Fallstudie untersucht die möglichen Diskrepanzen zwischen den Ergebnissen, die bei der Anwendung verschiedener Methoden zur Bewertung des biogenen Kohlenstoffs in einer Ökobilanz für Holzgebäude entstehen.

### Methode

Die Aufnahme und Freisetzung von Kohlenstoff wurde mit dem 0/0-Ansatz, dem -1/+1-Ansatz und einem dynamischen Ansatz modelliert. Im letzteren Fall wurden zwei Szenarien betrachtet: die Aufnahme vor und nach dem Bau.

Die Unterschiede sind in Abbildung 10 (Ansatz 0/0 vs. -1/+1 vs. Und dynamischer Ansatz -Aufnahme nach dem Bau) und Abbildung 11 (dynamisch mit Aufnahme vor vs. nach dem Abbau) dargestellt. Auf Gebäudeebene lag die Differenz zwischen den Ergebnissen bei 29 %.

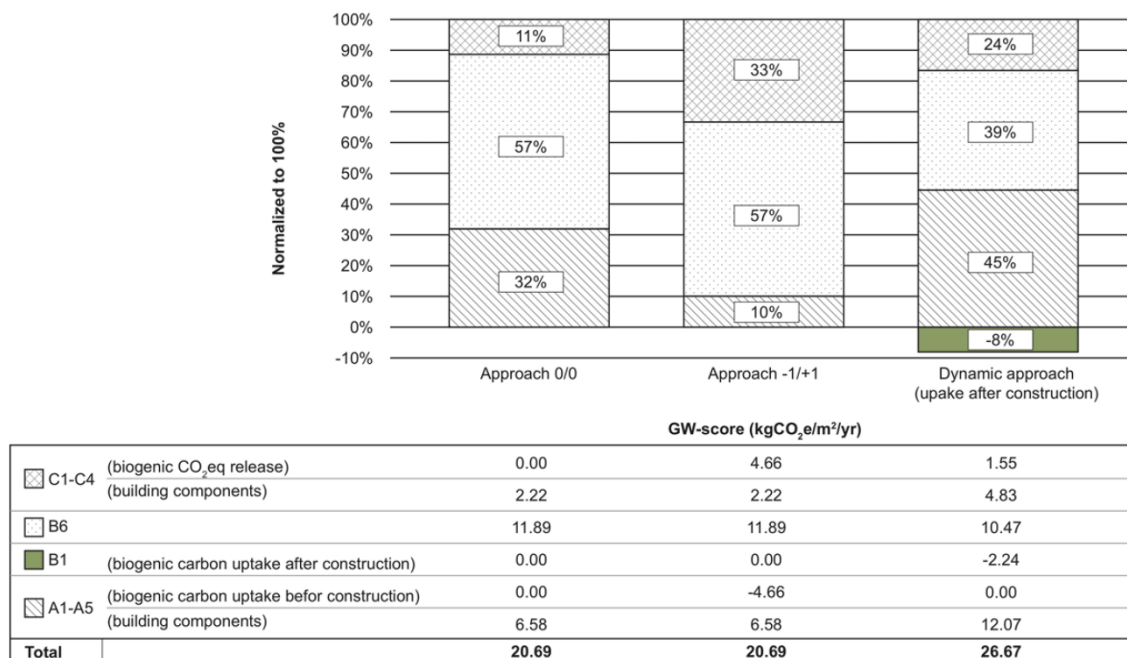


Abbildung 10: Globale Erwärmung (GW), berechnet nach verschiedenen Ansätzen der biogenen Kohlenstoffbilanzierung.

## Ergebnis

Da der dynamische Ansatz zeitliche Aspekte und Rotationszeiten berücksichtigt, scheint er eine zuverlässige Methode für die Bewertung des biogenen Kohlenstoffs zu sein. GW-Ergebnisse werden als Funktion der Zeit dargestellt (dynamischer Ansatz). Die biogene Kohlenstoffaufnahme wird vor und nach dem Bau betrachtet. Um Vergleiche zu ermöglichen, wird die Zeitgrenze auf -100 Jahre erweitert, um die Auswirkungen des Waldwachstums vor dem Bau zu berücksichtigen. Das Diagramm zeigt den Einfluss des Zeitparameters auf die Entwicklung der Auswirkungen für die Stufen A1-A5 und C1-C4 für Gebäudekomponenten und die biogene Kohlenstoffaufnahme. Bei einer Aufnahme vor dem Bau ist die Menge des absorbierten Kohlenstoffs aus zwei Gründen deutlich größer: (i) das Holz im Wald wurde geerntet, als die Umtriebszeit abgeschlossen war (vollständige Aufnahme); (ii) der im dynamischen Ansatz berücksichtigte Parameter "Zeit" führt zu einem anhaltenden positiven Effekt auch nach der Ernte. Wenn die Aufnahme nach dem Bau erfolgt, ist die Menge des aufgenommenen Kohlenstoffs geringer und wird erst nach 50 Jahren freigesetzt, wenn das Gebäude sein Ende des Lebenszyklus erreicht. Die biogene Kohlenstoffaufnahme nach dem Bau sollte unter nachhaltigen Gesichtspunkten bevorzugt werden, um das zukünftige Nachwachsen der Wälder zu fördern.

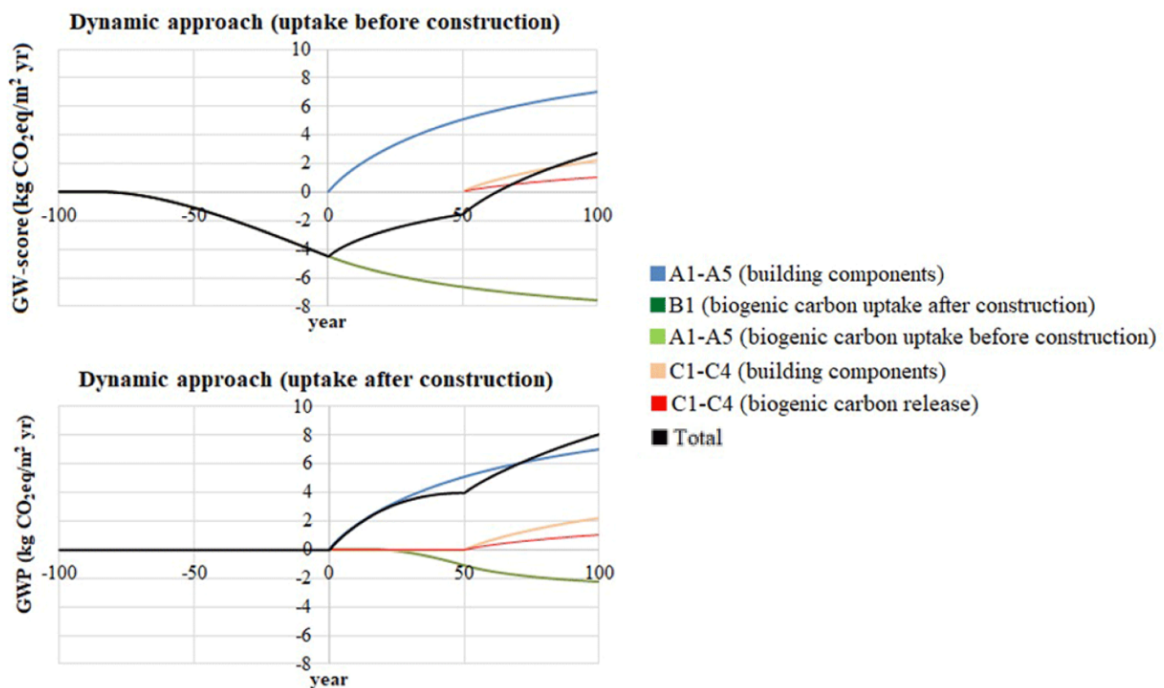


Abbildung 11: Globale Erwärmung (GW) des untersuchten Gebäudes in Abhängigkeit von der Bezugslebensdauer (Jahr 0 ist das Jahr der Errichtung des Gebäudes).

## Case study 20 - LCA and BIM: Visualization of environmental potentials in building construction at early design stages

- enthalten in Deliverable E (siehe **Kapitel 6.2.5**)

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.05.006>

### Ziel

Diese Fallstudie zeigt einen Ansatz, bei dem Building Information Modelling (BIM) eingesetzt wird, um eine breite Palette von Bauoptionen und ihre Umweltauswirkungen zu bewerten.

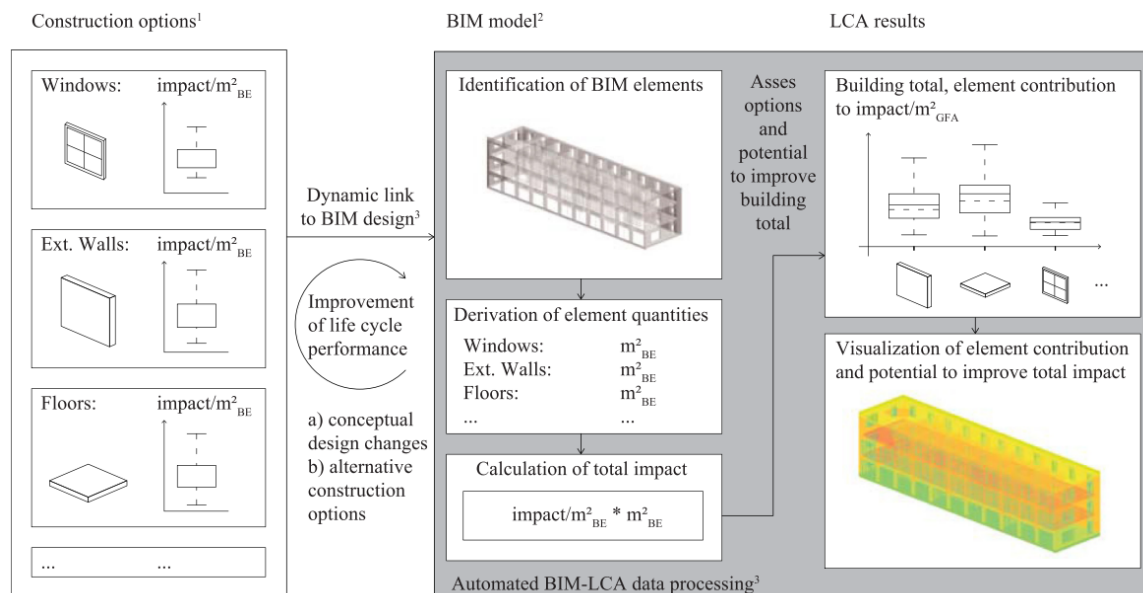
### Methode

Es wird ein konzeptionelles BIM-Modell verwendet, um eine Vielzahl von Materialzusammensetzungen für verschiedene Gebäudeelemente und den potenziellen Beitrag der Elemente zur gesamten Umweltbelastung der Gebäudekonstruktion zu bewerten.

### Ergebnisse

Die Anwendung der Methode auf eine Fallstudie zeigt, dass sie es ermöglicht, schnell herauszufinden, welches Element das größte Verbesserungspotenzial auf der Ebene des Gebäudes hat und worauf man sich in der Konzeptionsphase konzentrieren sollte.

Der BIM-integrierte Ansatz ermöglicht die Identifizierung entwurfsspezifischer Hotspots, die im Gebäudemodell visualisiert werden können, um die Ökobilanzergebnisse zu kommunizieren und visuelle Planungshilfen zu geben.



<sup>1</sup> Aggregated LCA database for building elements, e.g. MS Excel

<sup>2</sup> BIM model, e.g. Autodesk Revit

<sup>3</sup> Custom script, e.g. Autodesk Dynamo

Abbildung 12: Schematischer Arbeitsablauf, der die Verknüpfung von aggregierten Ökobilanzdaten für mehrere Bauoptionen und BIM zeigt. (Martin Röck, Technische Universität Graz)

Der vorgestellte Arbeitsablauf zeigt, dass es möglich ist, Ökobilanzen in BIM zu integrieren, wenn eine gemeinsame Granularität und Datenstruktur für Ökobilanzdaten und BIM-Elemente verwendet wird. Die Anwendung dieses Ansatzes ermöglicht eine BIM-integrierte Berechnung der verkörperten Auswirkungen von Baumaterialien in frühen Entwurfsphasen. Unter Verwendung einer Vielzahl möglicher Konstruktionsoptionen ermöglicht diese integrierte Berechnung eine umfassende Analyse des Beitrags der einzelnen Gebäudeelemente zur Gesamtbelastung sowie die Identifizierung von designspezifischen Hotspots und Verbesserungspotenzialen bei bestimmten Gebäudeelementen.

Darüber hinaus kann die Geometrie des Gebäudemodells als visuelle Orientierungshilfe genutzt werden, indem verschiedene Aspekte der Ergebnisse dargestellt werden, z. B. der Beitrag oder die Empfindlichkeit bestimmter Gebäudeelemente sowie die Veränderungen durch verschiedene Konstruktionsoptionen in Bezug auf die Gesamtbelastung des Gebäudes. Diese Art der visuellen Darstellung bietet eine intuitive Möglichkeit, die Auswirkungen und die Bedeutung der Materialwahl für einzelne Gebäudeelemente zu vermitteln.

Letztlich könnte der vorgeschlagene Ansatz die Anwendung der Ökobilanz als planungsunterstützende Methode zugänglicher machen und vor allem die Bewertung und Kommunikation von Embodied Impacts verbessern.

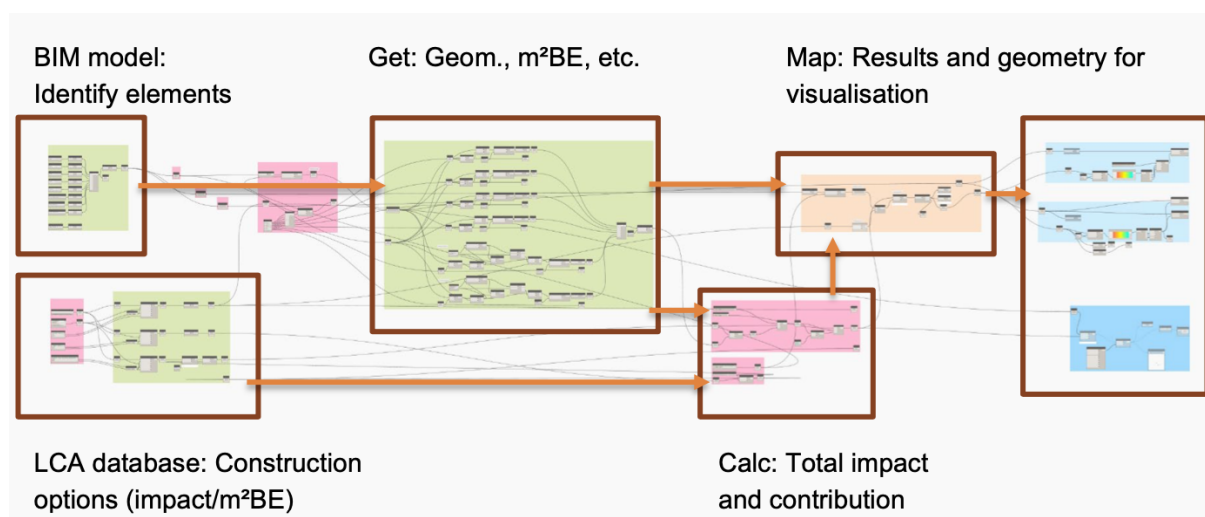


Abbildung 13: Skript mit einem Revit BIM-Modell und Dynamo für die visuelle Programmierung.

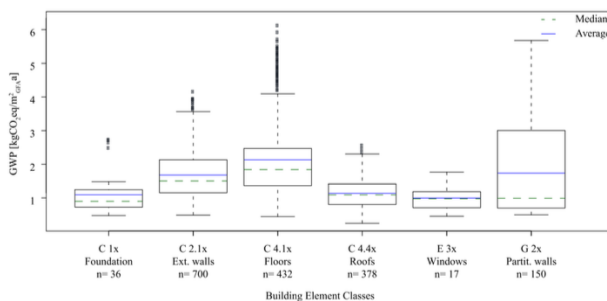


Fig. 5. Embodied impact from construction options embodied impact; per  $m^2_{FAA}$ .

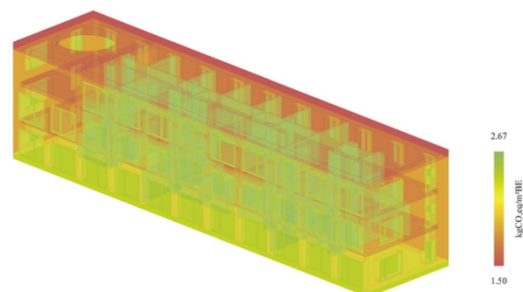


Fig. 7. Difference between average and optimal solution for each building element; expressed per  $m^2_{FAA}$ .

Abbildung 14: Darstellungsmöglichkeiten des Optimierungspotenzials (Boxplot, 3D-Modellvisualisierung).

## Case Study BE2226 - Critical life cycle assessment of the innovative passive nZEB building concept 'be 2226' in view of net-zero carbon targets

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109476>

### Einführung

Gebäude, die heute gebaut werden, müssen im Betrieb nahezu energie- und emissionsfrei sein (nZEB). Zu den Strategien, um die heutigen nZEB-Anforderungen zu erfüllen, gehören Passivhauskonzepte. Es ist jedoch unklar, inwieweit solche Konzepte dazu beitragen, dass Gebäude die Netto-Null-Emissionsziele erreichen. Um diese Forschungslücke zu schließen, wurde eine Ökobilanz des passiven nZEB-Konzepts "2226" auf der Grundlage des ursprünglichen Prototyps eines Bürogebäudes in Österreich durchgeführt. Dabei werden eine Mengenbilanz und der gemessene Endenergiebedarf verwendet, um die verbauten und betrieblichen Treibhausgasemissionen zu berechnen. Im Einklang mit dem jüngsten Entwurf der Ökobilanznorm EN15978 für Gebäude wird der Energieverbrauch in gebäudeintegrierte und nicht integrierte Systeme unterteilt. Die verbauten THG-Emissionen machen etwa ein Drittel (33%) und der betriebliche Energieverbrauch zwei Drittel (67%) der Lebenszyklus-THG-Emissionen aus, wenn man den aktuellen österreichischen Energienetzmix berücksichtigt. Der Vergleich mit der Literatur zeigt, dass die Leistung im Vergleich zu bestehenden Gebäudestandards besser ist, jedoch keine Reduzierung im Vergleich zu Gebäuden mit ähnlichen nZEB-Ambitionen erreicht wird. Die gemessene Endenergieanalyse zeigt, dass zwei Drittel (68%) der betrieblichen THG-Emissionen auf gebäudeintegrierte Systeme entfallen, d.h. auf solche, die durch die heutige EU-Richtlinie zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden geregelt sind. Fast ein Drittel (30 %) der betrieblichen THG-Emissionen können nicht-integrierten Systemen zugeordnet werden, die derzeit im neuesten Entwurf der Norm EN15978 als optional ausgewiesen werden. Es wird empfohlen, die Systemgrenze der Ökobilanz von Gebäuden zu erweitern und diese Endenergieverbräuche nicht integrierter Systeme in die künftigen Bauvorschriften und die Ökobilanzpraxis einzubeziehen.



Abbildung 15: Bild von einem energieoptimierten Gebäude. Eberle, D., & Aicher, F. (Eds.). (n.d.). be 2226 - Die Temperatur der Architektur

# 7 Vernetzung und Ergebnistransfer

Die im Rahmen von Annex 72 erstellten Inhalte wurden über verschiedene Kanäle effektiv kommuniziert und verbreitet. Es wurde eine eigene Annex 72 Website<sup>24</sup> auf dem Portal des IEA EBC eingerichtet, die einen internen Bereich für den Austausch von Ideen und die Koordinierung der Beiträge während des Projekts enthält. Die abschließenden Ergebnisse des Annex wurden gesammelt und auf dieser Website zugänglich gemacht.



HOME ABOUT SUBTASKS PUBLICATIONS ▾ PARTICIPANTS NEWS MEETINGS MEMBER AREA

## IEA EBC Annex 72 - Assessing Life Cycle Related Environmental Impacts Caused by Buildings

Investment decisions for buildings made today largely determine their environmental impacts over many future decades due to their long lifetimes. Furthermore, such decisions involve a trade-off between additional investments today and potential savings during use and at end of life - in terms of economic costs, primary energy demand, greenhouse gas emissions and other environmental impacts. Since the economic system does not fully account for external environmental effects, environmental resources are used inefficiently. Life cycle assessment (LCA) is suited to complement economic information on buildings with information on their environmental impacts. LCA helps to take measures and action to increase the resource efficiency of buildings and construction.

### ANNEX INFO & CONTACT

Status: Ongoing (2016 - 2022)

### OPERATING AGENT

**Rolf Frischknecht**  
treeze Ltd.  
Kanzleistrasse 4  
CH - 8610 Uster  
SWITZERLAND

Abbildung 16: Screenshot von der Annex72-Website. Quelle: <https://annex72.iea-ebc.org>

Darüber hinaus wurden internationale Veranstaltungen, einschließlich Fachkonferenzen, organisiert. Auf nationaler und regionaler Ebene wurden Workshops organisiert, um die Teilnehmer:innen einzubinden. Die Rückmeldungen aus diesen Workshops spielten eine wichtige Rolle bei der Verfeinerung und Fertigstellung der methodischen Leitlinien.

### Die Zielgruppe des Annex:

- Politische Entscheidungsträger:innen (Lebenszyklusdenke im öffentlichen Beschaffungswesen) und Expert:innen, die sich mit der Bewertung der Umweltauswirkungen von Gebäuden befassen
- Öffentliche Verwaltung (Beauftragung von Projekten im Zusammenhang mit Ökobilanzdaten und der Bereitstellung von Datenbanken)
- Gebäudeeigentümer:innen, professionelle Investor:innen, Bauplaner:innen und Bauherr:innen
- Die Bauforschungsgemeinschaft und damit verbundene Spezialist:innen
- Bildungseinrichtungen

<sup>24</sup> Siehe: <https://annex72.iea-ebc.org>

## **Verbreitung und Vernetzung**

Zur Verbreitung der Ergebnisse und zur Vernetzung mit anderen internationalen Veranstaltungen wurden verschiedene Aktivitäten unternommen. Es wurden mehrere Workshops zur Vernetzung und inhaltlichen Bearbeitung der Themen der Subtasks erfolgreich abgehalten. Der Annex 72 wurde auf internationalen Veranstaltungen wie der COP23 in Bonn, CIRP in Kopenhagen und der BILT EUR in Ljubljana, COP24 in Katowice und der 71. LCA DF in Zürich vorgestellt. Bei der "Langen Nacht der Forschung" wurden die Annex-Themen einem breiten Publikum präsentiert. Zudem fand eine Vorstellung des Annex 72 beim IEA Vernetzungstreffen 2018 in Wien statt.

Die Expert:innen haben die Ergebnisse innerhalb unterschiedlicher Konferenzen vorgestellt (SBE19 D-A-CH Konferenz in Graz, Steirisches Klimaforum, BEYOND 2020-Konferenz, SBE22 Berlin, SBE Prague, etc.). Die Ergebnisse sind auch der EU Kommission vorgestellt worden (Workshop innerhalb SBE22 Berlin, BEYOND 2020). Es gab auch zahlreiche Publikationen, Werbematerial und Diskussionsbeiträge, die dazu beigetragen haben, die Ergebnisse des Projekts zu verbreiten, die Vernetzung zu fördern und das Bewusstsein für die Reduzierung von THG-Emissionen im Lebenszyklus von Gebäuden zu erhöhen.

### **Highlights:**

- Vorstellung der Ergebnisse bei den "Highlights aus der Bauforschung, Frühjahr 2023"
- Im Rahmen der SBE19 wurde die Grazer Klimaschutzdeklaration einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt, welche in weiterer Folge auf der SBE19 Seoul, verbreitet wurde und anschließend in die „Monte Verità Declaration on built environment within planetary boundaries“ mündete.
- Vorstellung der Ergebnisse innerhalb COP und SBE und andere internationaler Konferenzen
- Vorstellung der Endergebnisse im Rahmen eines Workshops mit der EU Kommission
- Zahlreiche internationale Publikationen und Verleihung des „Most cited paper“ an die Publikation: „Embodied GHG emissions of buildings – The hidden challenge for effective climate change mitigation. Röck M., et al. 2020“ des Int. Journals Applied Energy und Zitierung im IPCC Bericht (AR6, 2022).

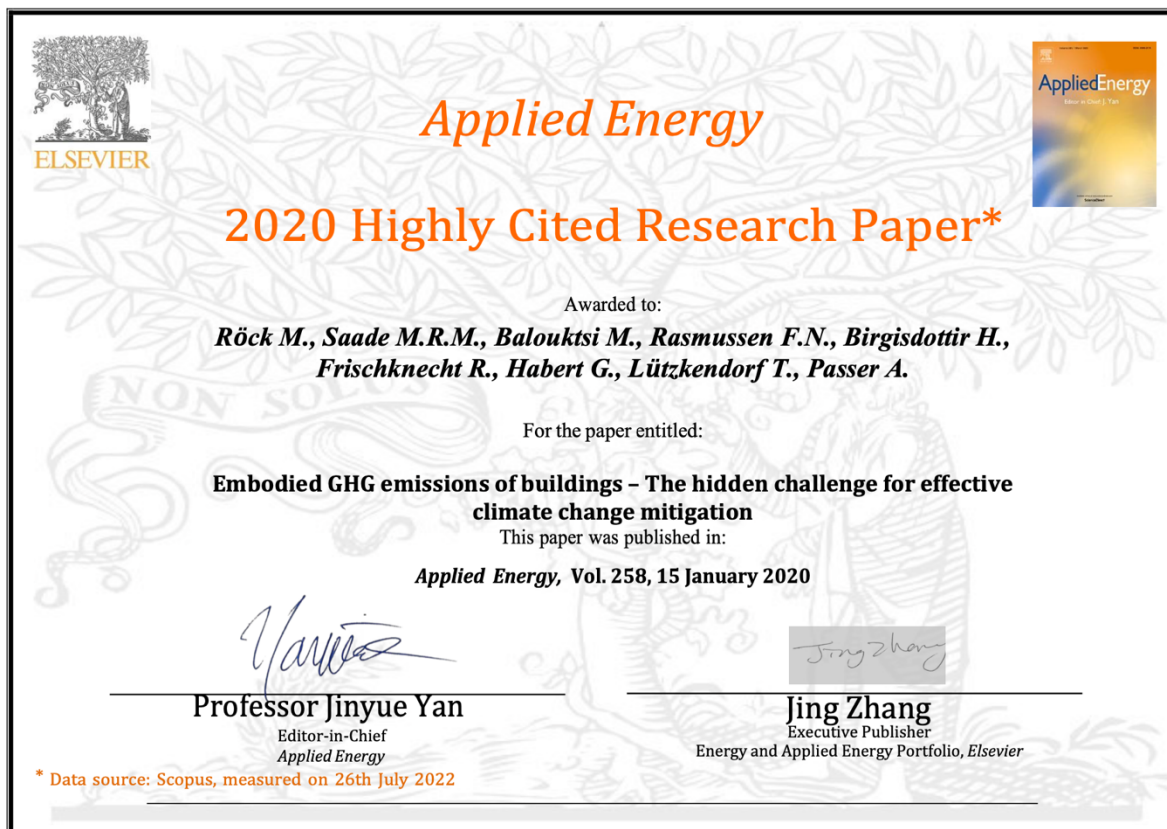


Abbildung 17: Verleihung des „Most cited paper“ an die Publikation: „Embodied GHG emissions of buildings – The hidden challenge for effective climate change mitigation. Röck M., et al. 2020“ des Int. Journals Applied Energy.

Eine detaillierte Übersicht über alle Zeitschriftenveröffentlichungen und Konferenzbeiträge sind im Anhang zu finden.

## 7.1. Auszug aus den Hauptveröffentlichungen

**Hinweis: Der folgende Text wurde in der Originalsprache Englisch beibehalten, um inhaltliche Änderungen oder Fehlinterpretationen bestimmter Formulierungen und Begriffe zu vermeiden.**  
 The following text has been kept in the original English language to avoid changes in content or misinterpretation of certain terms.

Frisknecht, R., Balouktsi, M., Lützkendorf, T., Aumann, A., Birgisdottir, H., Ruse, E. G., Hollberg, A., Kuittinen, M., Lavagna, M., Lupišek, A., Passer, A., Peuportier, B., Ramseier, L., Röck, M., Trigaux, D., & Vancso, D. (2019). Environmental benchmarks for buildings: needs, challenges and solutions—71st LCA forum, Swiss Federal Institute of Technology, Zürich, 18 June 2019. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 24(12), 2272–2280. <https://doi.org/10.1007/s11367-019-01690-y>



The 71st LCA forum was held on 18 June 2019 in Zurich, Switzerland, to discuss the current status and future plans of environmental benchmarking for buildings in view of the 1.5 °C target stipulated in the Paris Agreement. The Paris Agreement requires a significant reduction in greenhouse gas emissions, in fact net zero by 2050. One of the priority areas is the building stock, as it is an important source of greenhouse gas emissions. COP23, the International Energy Agency (IEA) and an increasing number of countries are extending their consideration from aspects such as energy consumption and emissions from building operation to the manufacture of construction materials and building construction. The event offered an excellent platform to exchange ideas and thoughts on existing and planned environmental benchmarking schemes for buildings.

**Habert, G., Röck, M., Steininger, K., Lupísek, A., Birgisdottir, H., Desing, H., Chandrakumar, C., Pittau, F., Passer, A., Rovers, R., Slavkovic, K., Hollberg, A., Hoxha, E., Jusselme, T., Nault, E., Allacker, K., & Lützkendorf, T. (2020). Carbon budgets for buildings: harmonising temporal, spatial and sectoral dimensions. *Buildings and Cities*, 1(1), 429–452.**

<https://doi.org/10.5334/bc.47>

Defining carbon budgets for buildings is essential for developing climate-neutral building stocks. However, there is currently a lack of clarity regarding how these budgets should be established, particularly when it comes to distinguishing between production-based and consumption-based accounting. This ambiguity hinders the creation of a clear and universally accepted definition of "carbon budgets" for building construction and operation. This paper examines the processes involved in establishing carbon budgets for residential and non-residential buildings and provides a comprehensive review of existing approaches to budget allocation. It considers factors such as the temporal and spatial scales of evaluation and the rules for distributing the budget among different parties or activities. The analysis emphasizes the importance of defining the temporal scale and considering both the physical aspects of buildings and their economic activities. To address these challenges, the paper proposes a framework that integrates various perspectives and spatio-temporal scales, aiming to establish harmonized and comparable cross-sectoral definitions for carbon budgets.

**Obrecht, T. P., Röck, M., Hoxha, E., & Passer, A. (2020). BIM and LCA integration: A systematic literature review. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 14). MDPI.**

<https://doi.org/10.3390/su12145534>

To reduce the environmental impacts of the construction sector, integrating life cycle assessment (LCA) with digital design tools like building information modeling (BIM) has gained importance. This study aims to identify current integration approaches and assess the benefits and challenges from different perspectives (technical, informational, organizational, and functional). A systematic literature review was conducted, analyzing 60 relevant case studies of BIM-LCA workflows. Sixteen studies applied LCA during the early design stage, using manual or semi-automatic data exchange between BIM models and LCA tools. Most workflows relied on conventional spreadsheets, such as Excel sheets. However, the analysis suggests that overcoming technical, organizational, and informational obstacles can lead to an automated link between LCA and BIM. This would streamline LCA applications in design practice and contribute to improving the environmental performance of buildings.

**Röck, M., Saade, M. R. M., Balouktsi, M., Rasmussen, F. N., Birgisdottir, H., Frischknecht, R., Habert, G., Lützkendorf, T., & Passer, A. (2020). Embodied GHG emissions of buildings – The hidden challenge for effective climate change mitigation. *Applied Energy*, 258.**  
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114107>

Buildings significantly contribute to greenhouse gas (GHG) emissions, making it crucial to address their entire life cycle, including operational energy consumption and embodied emissions. This study examines global trends in GHG emissions across building life cycles by analyzing over 650 life cycle assessment (LCA) case studies. The findings, based on a final sample of 238 cases categorized by energy performance classes, reveal a decline in life cycle GHG emissions due to improved operational energy performance. However, there is a notable increase in the relative and absolute contributions of embodied emissions, stemming from the manufacturing and processing of building materials. While embodied emissions typically account for 20-25% of life cycle GHG emissions in buildings following current energy regulations, this percentage rises to 45-50% for highly energy-efficient buildings and can exceed 90% in extreme cases. The study also highlights the "carbon spike" from building production, indicating a surge in emissions at that stage. Comparing the results to existing GHG emission benchmarks, most cases exceed the target of 11.0 kgCO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>a in the Swiss SIA energy efficiency path. Given global GHG reduction goals, these findings underscore the urgent need to optimize both operational and embodied impacts to reduce building emissions. The study also emphasizes the importance of improving transparency and comparability in LCA studies.

**Llatas, C., Soust-Verdaguer, B., & Passer, A. (2020). Implementing Life Cycle Sustainability Assessment during design stages in Building Information Modelling: From systematic literature review to a methodological approach. In *Building and Environment* (Vol. 182). Elsevier Ltd.**  
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107164>

The construction sector is a major producer of greenhouse gas and waste. Several studies reveal the close relationship between the design phase and the reduction of environmental impacts caused during the life cycle of buildings, along with better economic and social performance. In order to achieve increasingly eco-efficient buildings, Life Cycle Assessment (LCA) is an objective method to assess and reduce the impact buildings exert on the environment. Nevertheless, current environmental challenges require comprehensive solutions for the integration of the three pillars of sustainability, for which Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA) is recognised as an appropriate holistic concept. The present paper conducts a Systematic Literature Review (SLR) which aims to detect opportunities to integrate the LCSA into the building design process and in Building Information Modelling (BIM). The results show that the harmonisation of the three dimensions and the data requirements are main achievements. Based on results obtained, a methodological approach to help on the LCSA implementation in BIM is presented. This proposed LCSA-BIM approach is applied to the Spanish architect's workflow and design stages, to exemplify its purpose.

**Hoxha, E., Passer, A., Saade, M. R. M., Trigaux, D., Shuttleworth, A., Pittau, F., Allacker, K., & Habert, G. (2020). Biogenic carbon in buildings: a critical overview of LCA methods. *Buildings and Cities*, 1(1), 504–524.**  
<https://doi.org/10.5334/bc.46>

The increasing pressure to reduce greenhouse gas emissions from buildings has motivated specialists to develop low-carbon products incorporating bio-based materials. The impact of these materials is

often evaluated through life-cycle assessment (LCA), but there is no clear consensus on how to model the biogenic carbon released or absorbed during their life-cycle. This study investigates and compares existing methods used for biogenic carbon assessment. The most common approaches were identified through an extensive literature review. The possible discrepancies between the results obtained when adopting different methods are made evident through an LCA study of a timber building. Results identified that land-use and land-use-change (LULUC) impacts and carbon-storage credits are not included in most existing methods. In addition, when limiting the system boundary to certain life-cycle stages, methods using the  $-1/+1$  criterion can lead to net negative results for the global warming (GW) score, failing to provide accurate data to inform decision-making. Deviation between the results obtained from different methods was 16% at the building scale and between 35% and 200% at the component scale. Of all the methods studied, the dynamic approach of evaluating biogenic carbon uptake is the most robust and transparent.

**Satola, D., Röck, M., Houlihan-Wiberg, A., & Gustavsen, A. (2020). Buildings Life Cycle GHG Emissions of Residential Buildings in Humid Subtropical and Tropical Climates: Systematic Review and Analysis.**

<https://doi.org/10.3390/buildings110>

Reducing greenhouse gas (GHG) emissions in the life cycle of buildings is crucial for achieving global climate targets. This paper presents a systematic analysis of 75 residential case studies in humid subtropical and tropical climates, focusing on GHG emissions throughout the building's life cycle. The study examines both embodied and operational emissions and explores the impact of factors like location, typology, construction materials, energy performance, and methodology. Through comparative analysis, the study identifies effective design strategies for reducing life cycle GHG emissions in subtropical and tropical climates. The findings reveal that operational emissions dominate the life cycle GHG emissions in the studied cases, with multi-family buildings consuming the most energy. Buildings designed for low or net-zero energy performance demonstrate potential reductions of 50-80% in total life cycle GHG emissions compared to conventional buildings. The implementation of on-site photovoltaic systems offers the highest reduction potential, achieving 92-100% reductions in operational emissions and 48-66% reductions in total life cycle GHG emissions. Strategies involving increased use of timber and bio-based materials show significant potential for reducing embodied GHG emissions, with reductions ranging from 9% to 73%.

**Röck, M., Baldereschi, E., Verellen, E., Passer, A., Sala, S., & Allacker, K. (2021). Environmental modelling of building stocks – An integrated review of life cycle-based assessment models to support EU policy making. In *Renew Sustain Energy Rev*, 2021; (Vol. 151). Elsevier Ltd.**

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111550>

Various environmental challenges, particularly the rising severity of the impacts of climate change, require a systematic shift in and decarbonization of the global economy. Due to their high environmental impacts, buildings and construction have a special role in decarbonization. Environmental modelling of building stock dynamics can help policy makers and inform decision making. This study presents a systematic review of both the latest scientific literature on environmental modelling of building stocks and related EU policy initiatives. Our findings illuminate the strengths and limitations of existing approaches as well as the potential of such modelling and the required directions for future development to provide effective policy support.

Based on the assessment of 104 scientific papers, our study shortlisted and analysed 22 environmental building stock modelling approaches. While promising, these show various limitations on their effectiveness in supporting decarbonization efforts while avoiding burden shifting. Future building stock models should offer extended system boundaries and comprehensive life cycle assessment, improved hotspot analysis and impact monitoring across spatiotemporal scales. A long-term perspective on the entire building stock covering climate and other environmental impacts is needed, as outlined in the latest standards. By linking existing studies to related EU policy objectives, we identify various studies that investigate scenarios and strategies relevant to EU policy makers and highlight research gaps.

**Hollberg, A., Kiss, B., Röck, M., Soust-Verdaguer, B., Wiberg, A. H., Lasvaux, S., Galimshina, A., & Habert, G. (2021). Review of visualising LCA results in the design process of buildings. In *Building and Environment* (Vol. 190). Elsevier Ltd.**

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107530>

The use of Life Cycle Assessment (LCA) in the design process of buildings and neighborhoods is growing, emphasizing the need for effective visualization of LCA results to aid interpretation and decision-making. While there has been a substantial increase in the number of building LCA tools and published literature, there is currently no standardized approach for presenting LCA results. This paper reviews the current state of visualizing LCA results, providing a structured overview and discussing recent and potential future developments. The review reveals a wide range of visualization options, which are categorized according to common LCA goals, offering a foundation for future advancements. Case studies demonstrate the potential of combining different visualizations within the design environment, interactive dashboards, and immersive technologies like virtual reality to enhance the interpretation of LCA results and facilitate collaborative design processes. The presented overview and recommendations serve as a basis for the future development of intuitive and design-integrated visualization methods for LCA results, supporting decision-making.

**Hoxha, E., Maierhofer, D., Saade, M. R. M., & Passer, A. (2021). Influence of technical and electrical equipment in life cycle assessments of buildings: case of a laboratory and research building. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 26(5), 852–863.**

<https://doi.org/10.1007/s11367-021-01919-9>

Technical and electrical equipment present a significant contribution to the overall environmental impacts of the building. Worthy of inclusion in the system boundary of the study, the environmental impacts of technical and electrical equipment must be calculated in detail or considered with a reliable ratio in the early design phase of the project. Further research is necessary to address the detailed impact calculation of the equipment and notably the minimization of their impacts.

**Soust-Verdaguer, B., Obrecht, T. P., Alaux, N., Hoxha, E., Saade, M. R. M., Röck, M., Garcia-Martinez, A., Llatas, C., Gómez de Cózar, J. C., & Passer, A. (2023). Using systematic building decomposition for implementing LCA: The results of a comparative analysis as part of IEA EBC Annex 72. *Journal of Cleaner Production*, 384.**

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135422>

The building Life Cycle Assessment (LCA) applied to buildings requires collecting and organizing large quantities of data over all building life cycles. To overcome specific difficulties related to the system boundaries definition and life cycle inventory stages, the literature recognizes that systematic building decomposition methods (SBDM) can be used to classify building components, elements and materials, as well as to increase the reliability and transparency of LCA results, particularly for embodied carbon and other environmental impacts. In this paper developed in the context of the research project IEA EBC Annex 72, the authors aim to provide a basis for understanding how different SBDMs decompose a building and classify its parts. This study analyses the implications of using different SBDM along the steps of an LCA study. Such as to support transparent and comprehensible (de)composition of the life cycle inventory (LCI), definition of service lives for different building parts or clear and comparable communication of assessment results and environmental hotspots particularly when using digital tools to conduct LCA. The study analyses 12 national SBDMs used in participating countries of IEA EBC Annex 72. To showcase the implications of SBDMs in building LCA practice, an office building was used as a common case study for applying the different SBDM approaches. Differences were identified among the decomposition levels and the consequences of these differences on the LCI organization. Thus, some of the main contributions to this study are the investigation of different SBDM approaches for improving the design workflows, by discussing BIM model definitions and the recommendation to use hierarchically based methods to allow the building elements and materials decomposition.

# 8 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen

In Österreich wird derzeit eine umfassende Betrachtung des Energieeinsatzes und der Klimaauswirkungen über den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden diskutiert, die über die reine Betriebsphase hinausgeht. Wobei diese Diskussionen durch die EU-Taxonomie, den Entwurf der Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD) und das wachsende Interesse von Expert:innen an Lebenszyklusanalysen beeinflusst werden. Die Integration der Ökobilanz in das Regelwerk und die Festlegung rechtlich verbindlicher Anforderungen zur Begrenzung der THG-Emissionen über den gesamten Lebenszyklus sind dabei besonders intensiv diskutierte Themen.

Dazu ist eine Methode erforderlich, die klare und zuverlässige Ergebnisse liefert und Rechtssicherheit bietet. Zudem bedarf es international abgestimmter Grundlagen, die auf die Ziele und die Situation in Österreich zugeschnitten sind. Der Annex 72 hat mit den entwickelten Grundlagen auch wesentlich zur Meinungsbildung beigetragen.

Die Zwischenergebnisse des Projekts haben in den europäischen Normungsprozessen Eingang gefunden. Das Projekt wurde dabei der Komplexität und Bedeutung des Themas gerecht. Zu den Errungenschaften des Projekts gehören insbesondere die Entwicklung von Grundsätzen und Methoden zur Quantifizierung und Beeinflussung von THG-Emissionen während des gesamten Lebenszyklus von Gebäuden, die Schaffung eines Systems von Anforderungen und Werten zur Begrenzung von Emissionen sowie die Verbesserung der Zusammenarbeit und des Informationsaustauschs mit Nachbarländern.

Die erzielten Ergebnisse finden in der Praxis Anwendung, z. B. bei der Integration der Ökobilanz in das Regelungsrecht und bei der Ausarbeitung des Entwurfs der EPBD. Sie haben auch die Berechnungsgrundsätze und Bilanzierungsregeln für Nachhaltigkeitsprogramme beeinflusst und können bei der Festlegung von Benchmarks und Anforderungswerten zur Emissionsbegrenzung verwendet werden. Die Abschlussberichte liefern umfangreiche Informationen, die zu den laufenden Diskussionen über die Zukunft der Bauvorschriften und das Erreichen der Klimaneutralität beitragen.

Die Ergebnisse des Annex 72, die in Abschluss- und in Hintergrundberichten dokumentiert sind, haben weltweite Anerkennung gefunden. Eine Publikation aus dem Projekt wurde 2022 in großem Umfang zitiert und im letzten Assessment Report des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Diese Errungenschaften wurden auf der jüngsten ExCo-Sitzung gewürdigt und führten zu einem einstimmigen Beschluss, die Zusammenarbeit Leitung im Rahmen eines neuen IEA EBC Annex 89 fortzusetzen. Diese Entscheidung unterstreicht die fruchtbare Zusammenarbeit sowie die Bedeutung der im Rahmen von Annex 72 durchgeführten Forschung. Insgesamt sind die Ergebnisse des Projekts unmittelbar anwendbar und tragen zu wichtigen Diskussionen in Österreich und darüber hinaus bei.

## Empfehlungen

Die Expert:innen des IEA EBC Annex 72 haben sich auf die folgenden Empfehlungen geeinigt, die nach den verschiedenen Interessengruppen im Bereich Gebäude und Bau gruppiert sind.

### Regierung und Verwaltung

1. Einführung rechtlich verbindlicher Zielwerte für die THG-Emissionen von Neubauten und Renovierungen bis spätestens 2025 mit einem Fahrplan zur Erreichung von Netto-Null-THG-Emissionen im Lebenszyklus bis 2035.
2. Erwägung der Einführung eines rechtsverbindlichen Mindestrichtwerts für in Gebäuden gespeicherten biogenen THG-Emissionen (Gehalt an biogenen THG-Emissionen) unter Berücksichtigung der lokalen Verfügbarkeit, Bautradition und Eignung. Der Richtwert sollte so festgelegt werden, dass er dazu beiträgt, die Menge des im nationalen Gebäudebestand und in der bebauten Umwelt im Allgemeinen gespeicherten biogenen THG-Emissionen zu erhalten, vorzugsweise zu erhöhen.
3. Erleichterung der Entwicklung, Einführung und des Betriebs einer nationalen und regionalen Ökobilanzdatenbank für den Bausektor, die Baumaterialien, Gebäudetechnik, Energieversorgung, Transport und Abfallentsorgung umfasst.
4. Spezifizieren Sie den Inhalt internationaler und nationaler Normen, um die Konsistenz der Ökobilanzen von Baumaterialien, Bautechnologien und Gebäuden in Ihrem Land zu gewährleisten.
5. Erleichterung der Entwicklung von Stücklisten, Materialpässen, digitalen Logbüchern, digitalen Zwillingen und digitalen Genehmigungen, um die Material- und Umwelteigenschaften zu dokumentieren und die künftige Nutzung der in Gebäuden „grauen“ THG-Emissionen Materialressourcen zu ermöglichen.
6. Erwägung der Einleitung von Forschungsprogrammen für nachhaltiges Bauen sowie für Baumaterialien und Gebäudetechnik (z. B. HLK) mit geringem Umwelt-, Ressourcen- und THG-Fußabdruck.
7. Lancierung eines Forschungsprogramms zu Technologien mit negativen Emissionen, entweder in einer gemeinsamen Anstrengung mehrerer Länder oder koordiniert mit den Forschungsaktivitäten anderer Länder.
8. Verstärkte Aufklärung der Bevölkerung über ökologische Nachhaltigkeit und praktikable Lösungen zur Bewältigung von Umweltproblemen.

### Investoren, Banken und Finanzinstitutionen

9. Suffizienz ("weniger bauen") und die Sanierung bestehender Gebäude und städtischer Gebiete als relevante Alternative zum Neubau nach dem Rückbau in Betracht ziehen.
10. Überdenken Sie den Bau- und Immobiliensektor, einschließlich Modernisierungs- und Anpassungsstrategien, als einen wirtschaftlich attraktiven Sektor für Finanzinvestitionen.
11. Die Quantifizierung der THG-Emissionen, der Umweltauswirkungen und des Ressourcenverbrauchs als Grundlage für die Risikobewertung und die wirtschaftliche Bewertung zu fordern, was eine Voraussetzung für Investitionen in Bauprojekte ist.
12. Investitionen in Bauprojekte mit geringen THG-Emissionen, Umweltauswirkungen und Ressourcenverbrauch sowie Förderung und Unterstützung von Maßnahmen zur Reduzierung von THG-Emissionen, Umweltauswirkungen und Ressourcenverbrauch von Bauprojekten.

13. Fordern Sie die Integration einer Bewertung der THG-Emissionen, der Umweltauswirkungen und des Ressourcenverbrauchs als relevante Entscheidungskriterien in die Bauplanungsphasen und fordern Sie deren Verbesserung bzw. Reduzierung.
14. Informieren Sie sich über bestehende und neue Ziele, Vorschriften und Zielwerte für Gebäude in Bezug auf THG-Emissionen, Umweltauswirkungen und Ressourcenverbrauch, einschließlich der EU-Steuer für nachhaltige Aktivitäten.

#### **Forschungseinrichtungen (Universitäten, Forschungsinstitute)**

15. Einrichtung eines Wissens-/Informationszentrums für nachhaltiges Bauen.
16. Förderung der Forschung zur Bewertung und Verringerung der lebenszyklusbasierten Umweltauswirkungen von Gebäuden und der Herstellung von Baumaterialien, zu budgetbasierten Umweltbenchmarks für Gebäude und zu Technologien mit negativen Emissionen durch die Einrichtung von Lehrstühlen für nachhaltiges Bauen, nachhaltige Produktion und Klimaschutz.
17. Angebot von obligatorischen/verpflichtenden Kursen über Umweltökobilanzen und ihre Anwendung im Baugewerbe und bei seinen Zulieferern im Rahmen der Lehrpläne für Designer:innen und Architekt:innen sowie für Bau- und Verfahreningenieur:innen, Betriebswirtschaft und Facility Management. Die Kurse sollten auch das Umweltbewusstsein und die Umweltbedenken der Beschäftigten im Baugewerbe ansprechen.
18. Schulung von Ingenieur:innen und Architekt:innen in der Verwendung THG-Emissionen armer Baumaterialien und in der Planung von Gebäuden mit geringen THG-Emissionen, Umweltauswirkungen und Ressourcenverbrauch.
19. Angebot von Kursen über emissionsmindernde Technologien in der Verfahrenstechnik und Forstwirtschaft.
20. Verankerung von Kursen zur ökologischen Nachhaltigkeit in allen Lehrplänen der Universität.

#### **Planer:innen, Architekt:innen und Ingenieur:innen**

21. Diskutieren Sie die allgemeinen Planungsziele und gehen Sie aktiv auf die Frage der Suffizienz ein: Hinterfragen Sie die Vorgaben des/der Bauherr:in im Hinblick auf Größe und Komfort des Bauvorhabens und unterstützen Sie den/die Bauherr:in bei der Zielfindung.
22. Identifizieren Sie Optionen zur Verringerung der Umweltauswirkungen des Bauprojekts durch Änderung des Designs, der Statik und/oder der Materialisierung des Gebäudes.
23. Erwägen Sie die Sanierung eines bestehenden Gebäudes als relevante Alternative zum Abriss nach einem Neubau.
24. Bewerten Sie die verschiedenen Entwurfsoptionen mit Hilfe der Ökobilanz und diskutieren Sie die Ergebnisse mit dem/der Bauherr:in.
25. Identifizieren und realisieren Sie Lösungen, um die Anpassungsfähigkeit und Langlebigkeit des Gebäudes zu erhöhen.
26. Anwendung der Grundsätze der Kreislaufwirtschaft unter Verwendung von lokal beschafften Materialien, recycelten Materialien und Materialien mit geringen Umweltauswirkungen sowie Konstruktion von Bauelementen, die sich leicht demontieren und wiederverwenden lassen. Nutzen Sie die Ökobilanz, um sicherzustellen, dass die Umweltauswirkungen solcher Lösungen über den gesamten Lebenszyklus hinweg geringer sind.
27. Streben Sie eine Senkung des betrieblichen Energiebedarfs an und decken Sie den verbleibenden Bedarf mit Energie aus erneuerbaren Quellen.



28. Führen Sie THG-Emissionen, Umweltauswirkungen und Ressourcenverbrauch von Baumaterialien, Gebäudetechnik und Energieversorgung während der Nutzung als wichtiges Entscheidungskriterium bei der Auswahl von Lieferanten (von Baumaterialien und Gebäudetechnik) und Energiesystemen ein.
29. Verwenden Sie fortschrittliche und zuverlässige Instrumente zur Quantifizierung der THG-Emissionen, der Umweltauswirkungen und des Ressourcenverbrauchs des Bauprojekts von der frühen Planungsphase bis zur Übergabe und sorgen Sie für Kontinuität im Planungsprozess.
30. Ziehen Sie in der frühen Planungsphase die Anwendung von Sicherheitsfaktoren für die Umweltauswirkungen von Gebäudeelementen in Betracht, um Unwägbarkeiten zu bewältigen und spätere unliebsame Überraschungen zu vermeiden.
31. Strukturieren Sie das LCA-Modell des Gebäudes und seines Lebenszyklus nach anerkannten Schemata.
32. Ziehen Sie in Erwägung, die Eigenschaften und die Materialisierung Ihrer Gebäude systematisch zu dokumentieren und digitale Optionen wie Stücklisten, Materialpässe, digitale Logbücher/Gebäudepässe und digitale Genehmigungen zu nutzen, um die Material- und Umwelteigenschaften zu dokumentieren und die künftige Nutzung der materiellen Ressourcen von Gebäuden zu erleichtern.
33. Besuchen Sie regelmäßig Weiterbildungskurse zum Thema nachhaltiges Bauen.

**Betreiber:innen von Umweltproduktdeklarationsprogrammen (EPD), sektorspezifischen LCA-Datenbanken, Zertifizierungssystemen und Labels**

34. Befolgen Sie so weit wie möglich die internationalen Normen für Umweltökobilanzen.
35. Nutzen Sie den Spielraum, den internationale und nationale Normen bieten, um die Konsistenz der Ökobilanzen von Baumaterialien und Bautechnologien in Ihrem Land zu gewährleisten.
36. Achten Sie darauf, dass die Phasen Produkt, Nutzung und Ende des Lebenszyklus einbezogen werden, und erwägen Sie, auch den Transport zur Baustelle und den Bau einzubeziehen.
37. Zuweisung einer einzigen Lebenszyklusinventar-Datenbank, die für die Erstellung der Ökobilanz aller Produkte und Systeme, die in ein Bauwerk eingebettet sind, sowie für Gebäude verwendet werden muss. Erlauben Sie in Ausnahmefällen die Verwendung von Lebenszyklusinventardaten aus anderen Datenbanken.
38. Seien Sie vorsichtig im Umgang mit Umweltgutschriften, die dem Gebäude zugeschrieben werden, insbesondere wenn sie von zukünftigen Generationen und anderen Dritten geliehen werden. Prüfen Sie, ob diese Umweltgutschriften möglicherweise doppelt gezählt werden, und schließen Sie sie aus.
39. Wenden Sie die Kernliste der in den internationalen Normen geforderten Umwelt- und Ressourcenindikatoren an und ergänzen Sie diese durch Indikatoren, die in Ihrem nationalen Kontext zur Quantifizierung der lebenszyklusbasierten Umweltauswirkungen und des Ressourcenverbrauchs von Gebäuden verwendet oder gefordert werden.
40. Betrachten Sie Methoden, Daten, Instrumente und Umweltbenchmarks und -ziele als voneinander abhängige Elemente, die für eine konsistente, zuverlässige und relevante Beurteilung und Bewertung der Umweltauswirkungen und des Ressourcenverbrauchs von Gebäuden erforderlich sind.
41. Erwägen Sie, Benchmarks und Zielwerte für die Umweltauswirkungen des Gebäudes und für den potenziellen Nutzen über den Gebäudeumfang hinaus getrennt zu halten.

42. Einführung eines verbindlichen und anspruchsvollen Zielwerts für die lebenszyklusbasierten THG-Emissionen von Gebäuden (THG-Emissionen -Fußabdruck), einschließlich eines Fahrplans für eine Netto-Nullbilanz bis 2035. Einführung eines zweiten, nicht auf den THG-Fußabdruck bezogenen Zielwerts für die lebenszyklusbasierten Umweltauswirkungen und den Ressourcenverbrauch von Gebäuden, um eine Lastenverschiebung zu vermeiden.
43. Bevorzugung absoluter Zielwerte gegenüber relativen Werten (definiert anhand eines virtuellen Referenzgebäudes)
44. Erwägung der Einführung eines Mindestrichtwerts für den in Gebäuden gespeicherten biogenen THG-Emissionen (biogener THG-Emissionen-gehalt) unter Berücksichtigung der lokalen Verfügbarkeit, Bautradition und Eignung. Dies kann dazu beitragen, die Menge des in der bebauten Umwelt gespeicherten biogenen THG-Emissionen zu erhalten oder sogar zu erhöhen.

#### **Hersteller:innen von Bauprodukten und Gebäudetechnik**

45. Aufstellung eines Fahrplans zur Erreichung von Netto-Null-THG-Emissionen bei der Herstellung von Baumaterialien und Gebäudetechnik und deren Behandlung am Ende der Lebensdauer bis 2035.
46. Erstellen und veröffentlichen Sie ökologische Ökobilanzen Ihrer Produkte und Ihrer Organisation. Nutzen Sie Umweltproduktdeklarationen (EPD) oder andere geeignete und bewährte Methoden zur Dokumentation und Bereitstellung der Informationen und Daten.
47. Optimieren Sie Ihren Herstellungsprozess einschließlich Ihrer Lieferketten durch die Einführung von Rücknahmesystemen, erhöhen Sie den Anteil an recycelten Rohstoffen, steigern Sie die Material- und Energieeffizienz und fördern Sie generell die Kreislaufwirtschaft, um den Umwelt-, Ressourcen- und THG-Fußabdruck Ihrer Organisation und Ihrer Produkte weiter zu reduzieren.
48. Kaufen Sie Stromprodukte auf Basis erneuerbarer Energien, bei denen Produktion und Qualität (Herkunftsnachweis, GO oder Zertifikat für erneuerbare Energien, RECS) des Stroms aus denselben Kraftwerken stammen, oder fragen Sie den/die Stromanbieter\*in nach einem solchen Stromprodukt.
49. Investieren Sie in Technologien mit negativen Emissionen, anstatt THG-Emissionszertifikate zu kaufen, um die verbleibenden fossilen THG-Emissionen zu neutralisieren.
50. Setzen Sie sich mit Ihren Lieferant:innen in Verbindung und fordern Sie sie auf, ihre THG-Emissionen auf netto null zu reduzieren oder zu Lieferant:innen mit geringeren THG-Emissionen und ehrgeizigeren Reduktionszielen zu wechseln. Bevorzugen Sie Lieferant:innen, die zusätzlich geringe Umweltauswirkungen und einen geringen Ressourcenverbrauch verursachen.
51. Halten Sie sich an internationale Standards, verwenden Sie eine anerkannte und transparente LCA-Datenbank bei der Erstellung der Ökobilanz und berichten Sie nach dem Prinzip "true and fair view".

### **Bauunternehmen**

52. Verringerung der THG-Emissionen, der Umweltauswirkungen und des Ressourcenverbrauchs, die durch die Bauprozesse beim Bau und Rückbau verursacht werden.
53. Wählen oder empfehlen Sie Lieferant:innen von Baumaterialien mit geringen THG-Emissionen, geringen Umweltauswirkungen und geringem Ressourcenverbrauch.
54. Verlassen Sie sich auf Liefertransportlogistik mit geringen THG-Emissionen, geringen Umweltauswirkungen und geringem Ressourcenverbrauch.
55. Verringern Sie die Abfallmenge und sortieren und recyceln Sie Material, das beim Bau, Austausch, bei der Renovierung und beim Rückbau anfällt.

### **Immobilienmakler:innen**

56. Ermutigen Sie die Eigentümer:innen von zum Verkauf stehenden Gebäuden, über die lebenszyklusbasierten THG-Emissionen, Umweltauswirkungen und den Ressourcenverbrauch der Gebäude zu informieren.
57. Ermutigen Sie potenzielle Käufer:innen und Mieter:innen, nach den lebenszyklusbasierten THG-Emissionen, Umweltauswirkungen und dem Ressourcenverbrauch zu fragen, die durch die untersuchten Gebäude verursacht werden.
58. Berichten Sie über die lebenszyklusbasierten THG-Emissionen, Umweltauswirkungen und den Ressourcenverbrauch, die durch die von Ihnen angebotenen Gebäude verursacht werden.

### **Nutzer:innen und Mieter:innen**

59. Hinterfragen Sie Ihren Bedarf an einem Mietobjekt in Bezug auf Größe, Komfort und Ausstattung.
60. Nutzen Sie lebenszyklusbasierte THG-Emissionen, Umweltauswirkungen und Ressourcenverbrauch als Schlüsselkriterien bei der Auswahl Ihres Mietobjekts.
61. Gehen Sie sparsam mit Energie und Wasser um und nutzen Sie das Mietobjekt und seine Ausstattung achtsam, indem Sie z. B. Reinigungs- und Wartungsanweisungen befolgen.
62. Wählen Sie Energieträger und Produkte mit geringen THG-Emissionen, geringen Umweltauswirkungen und geringem Ressourcenverbrauch.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Phasen und Umweltwirkungen im Lebenszyklus von Gebäuden. (Quelle: AGNHB TU Graz, Annex 72 Text) .....	15
Abbildung 2: Teilnehmerländer von Annex 72.....	17
Abbildung 3: Zusammenfassung der Deliverables. ....	21
Abbildung 4: Definition der Entwurfsschritte. ....	27
Abbildung 5: „Design Decision Table“ (Teil 1).....	45
Abbildung 6: „Design Decision Table“ (Teil 2).....	46
Abbildung 7: Der 0/0-Ansatz zur Modellierung der Aufnahme und Freisetzung von biogenem Kohlenstoff. Die gestrichelten Linien zeigen die Produktsysteme an, die außerhalb der Grenzen des Gebäudesystems liegen. Quelle: Hoxha et al (2020b). ....	48
Abbildung 8: CO <sub>2</sub> -Emissionen und Globaler Anstieg der Oberflächentemperatur (IPCC 2021). ....	49
Abbildung 9: Antworten auf die Frage "Sind Sie mit Ökobilanzen von Bauprodukten und Gebäuden vertraut?", einschließlich einer Aufteilung nach Regionen. (Quelle: Balouktsi et al., 2022)* .....	53
Abbildung 10: Globale Erwärmung (GW), berechnet nach verschiedenen Ansätzen der biogenen Kohlenstoffbilanzierung. ....	63
Abbildung 11: Globale Erwärmung (GW) des untersuchten Gebäudes in Abhängigkeit von der Bezugslebensdauer (Jahr 0 ist das Jahr der Errichtung des Gebäudes). ....	64
Abbildung 12: Schematischer Arbeitsablauf, der die Verknüpfung von aggregierten Ökobilanzdaten für mehrere Bauoptionen und BIM zeigt. (Martin Röck, Technische Universität Graz) .....	65
Abbildung 13: Skript mit einem Revit BIM-Modell und Dynamo für die visuelle Programmierung. ....	66
Abbildung 14: Darstellungsmöglichkeiten des Optimierungspotenzials (Boxplot, 3D-Modellvisualisierung). ....	66
Abbildung 15: Bild von einem energieoptimierten Gebäude. Eberle, D., & Aicher, F. (Eds.). (n.d.). be 2226 - Die Temperatur der Architektur.....	67
Abbildung 16: Screenshot von der Annex72-Website. Quelle: <a href="https://annex72.iea-ebc.org">https://annex72.iea-ebc.org</a> .....	68
Abbildung 17: Verleihung des „Most cited paper“ an die Publikation: „Embodied GHG emissions of buildings – The hidden challenge for effective climate change mitigation. Röck M., et al. 2020“ des Int. Journals Applied Energy.....	70

## Literaturverzeichnis

Arehart J. H., Hart J., Pomponi F., & D'Amico B. (2021). Carbon sequestration and storage in the built environment. *Sustainable Production and Consumption*.

Balouktsi M., Lützkendorf T., Röck M., Passer A., Reisinger T., & Frischknecht R. (2020, November). Survey results on acceptance and use of Life Cycle Assessment among designers in world regions: IEA EBC Annex 72. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 588(3), 032023.

Birgisdóttir H., Stranddorf L. K. et al.: Case Study Collection; EBC Annex 72: Assessing Life Cycle Related Environmental Impacts Caused by Buildings. Treeze Ltd., 2023. DOI: 10.5281/zenodo.7468792

Carcassi O. B., Habert G., Malighetti L. E. & Pittau F. Material Diets for Climate-Neutral Construction. *Environmental Science and Technology*, 56, 5213–5223 (2022).

Churkina G., Organschi A., Reyer C. P., Ruff A., Vinke K., Liu Z., Reck B. K., Graedel T. E., & Schellnhuber H. J. (2020). Buildings as a global carbon sink. *Nature Sustainability*, 3, 269–276.

Cherubini F., Peters G. P., Berntsen T., Strømman A. H., & Hertwich E. (2011). CO<sub>2</sub> emissions from biomass combustion for bioenergy: atmospheric decay and contribution to global warming. *GCB Bioenergy*, 3(5), 413–426

Guest G., Cherubini F., & Strømman A. H. (2013). Global warming potential of carbon dioxide emissions from biomass stored in the anthroposphere and used for bioenergy at end of life. *Journal of Industrial Ecology*, 17, 20–30.

Hoxha E., Passer A., Saade M. R. M., Trigaux D., Shuttleworth A., Pittau, F. Allacker, K. Habert, G. (2020). Biogenic carbon in buildings: a critical overview of LCA methods. *Buildings and Cities*, 1(1), 504– 524.

IPCC (2021) *Climate Change 2021; The Physical Science Basis; Summary for Policy Makers; Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Working Group I, IPCC Secretariat, Geneva, Switzerland.

Levasseur A., Lesage P., Margni M., Deschênes L., & Samson R. (2010). Considering time in LCA: Dynamic LCA and its application to global warming impact assessments. *Environmental Science & Technology*, 44(8), 3169–3174.

Longo S., Cellura M., Montana M., et al.: Life-cycle Optimization of Building Performance: A Collection of Case Studies; EBC Annex 72: Assessing Life Cycle Related Environmental Impacts Caused by Buildings. Treeze Ltd., 2023. DOI: 10.5281/zenodo.7468477

Lützkendorf T., Balouktsi M., et al.: Context-specific Assessment Methods for Life Cycle-related Environmental Impacts Caused by Buildings; EBC Annex 72: Assessing Life Cycle Related Environmental Impacts Caused by Buildings. Treeze Ltd., 2023. DOI: 10.5281/zenodo.7468316

Lützkendorf T. & Balouktsi M. (2020, November). The level of knowledge, use and acceptance of LCA among designers in Germany: A contribution to IEA EBC Annex 72. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 588(4), 042046.

Lützkendorf T., Balouktsi, M., Röck M., & Reisinger T. (2020) Integration von Umweltaspekten in den Planungsprozess von Gebäuden – Kenntnisstand, Umsetzungsgrad, Handlungsvorschläge. KIT - Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Available at.  
[https://www.oew.kit.edu/downloads/A72\\_A.1.1\\_Designers%20survey\\_mit%20Summary\\_Final.pdf](https://www.oew.kit.edu/downloads/A72_A.1.1_Designers%20survey_mit%20Summary_Final.pdf)

Lützkendorf T., Balouktsi M., Frischknecht R., Peuportier B., Rasmussen F., Satola D., Wiberg A. H., Birgisdóttir H., Dowdell D., Lupisek A., Malmquist T., Obrecht T. P., Trigaux D.: Benchmarking and Target-setting for the Life Cycle-based Environmental Performance of Buildings; EBC Annex 72: Assessing Life Cycle Related Environmental Impacts Caused by Buildings. Treeze Ltd., 2023.

Maierhofer D., Röck M., Saade M. R. M., Hoxha E., Passer A., Critical life cycle assessment of the innovative passive nZEB building concept 'be 2226' in view of net-zero carbon targets, Building and Environment, Volume 223, 2022.

Ministère de la transition écologique (2020). RE2020: Une nouvelle étape vers une future réglementation environnementale des bâtiments neufs plus ambitieuse contre le changement climatique. <https://www.ecologie.gouv.fr/re2020-nouvelle-etape-vers-future-reglementation-environnementale-des-batiments-neufs-plus>.

Moncaster A., Malmqvist T., Polycarpou K., Anderson J., Francart N.: Understanding the Impact of Individual, Industry & Political Decisions on Transitions Towards Environmental Sustainability; EBC Annex 72: Assessing Life Cycle Related Environmental Impacts Caused by Buildings. Treeze Ltd., 2023. DOI: 10.5281/zenodo.7468835

Moschetti R., Brattebø H., Sparrevik M. (2019). Exploring the pathway from zero-energy to zero-emission building solutions: A case study of a Norwegian office building. *Energy and Buildings*, 188–189, 84-97.

Palaniappan S., Frischknecht R., U Chae C.: Guidelines for Establishing an Easy-to-use National LCA Database for the Construction Sector; EBC Annex 72: Assessing Life Cycle Related Environmental Impacts Caused by Buildings. Treeze Ltd., 2023. DOI: 10.5281/zenodo.7468416

Passer A., Obrecht T. P., Alaux N. et al.: Guidelines for design decision-makers; EBC Annex 72: Assessing Life Cycle Related Environmental Impacts Caused by Buildings. Treeze Ltd., 2023. DOI: 10.5281/zenodo.7468687

Peñaloza D., Erlandsson M., Falk A. (2016). Exploring the climate impact effects of increased use of bio-based materials in buildings. *Construction and Building Materials*, 125, 219-226.

Pomponi F., Moncaster A. (2016). Embodied carbon mitigation and reduction in the built environment – What does the evidence say? *Journal of Environmental Management*, 181, 687-700

Rasmussen F. N., Malmqvist T. & Birgisdóttir H. (2020, November). Drivers, barriers and development needs for LCA in the Nordic building sector—a survey among professionals. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 588(3), 032022.

Szalay, Z. & Lupísek A. (2022). Attitude Towards LCA in Hungary and Czechia – Results of a Survey among Building Design Professionals. CESB 2022 Conference, Prague, Czech Republic

U Chae C., Kim S., Frischknecht R.: World Building Life-Cycle Based Databases and Repositories for the Building and Construction Sector; EBC Annex 72: Assessing Life Cycle Related Environmental Impacts Caused by Buildings. Treeze Ltd., 2023. DOI: 10.5281/zenodo.7468725

Zibell L., Bolscher H., Beznea A., Finesso A., Forestier O., Hereford J., Moerenhout J., Cardellini G., Trigaux D. J. F., Schelhaas M., Chavez L. G., Saade M. R. M., Passer A., Hoxha E., Bates J., Kaar A.L. *Evaluation of the climate benefits of the use of Harvested Wood Products in the construction sector and assessment of remuneration schemes*. Report to the European Commission, DG Climate Action, under Contract N° 340201/2020/831983/ETU/CLIMA.C.3, Trinomics BV, Rotterdam.

### Referenzen der Fußnoten

(1)(2)(24) Website des EBC Annex 72: verfügbar unter <https://annex72.iea-ebc.org> (abgerufen 2023)

(3) R. Frischknecht, H. Birgisdóttir, T. Lützkendorf, S. Palaniappan, A. Passer: Project Summary Report; EBC Annex 72: Assessing Life Cycle Related Environmental Impacts Caused by Buildings. Treeze Ltd., 2023. DOI 10.5281/zenodo.7468021

(4) IEA GABC 2018: International Energy Agency, United Nations Environment Programme: 2018 Global Status Report: towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector. Global Alliance for Buildings and Construction, 2018, France.

(5) IEA & UN Environment 2018: Website der United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Sustainable Development, Sustainable Development Goals, verfügbar unter [https://sdgs.un.org/#goal\\_section](https://sdgs.un.org/#goal_section) (abgerufen 2023)

(6) Website des IEA EBC Annex 72, Publikationen, verfügbar unter <https://annex72.iea-ebc.org/publications> (abgerufen 2023)

(7) United Nations: UN sustainable development goals, 2015. [Online]. Verfügbar unter [https://sdgs.un.org/#goal\\_section](https://sdgs.un.org/#goal_section) (abgerufen 2023)

(8) European Commission, COP 21. [Online]. Verfügbar unter: [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/international-action-climate-change/climate-negotiations/paris-agreement\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/international-action-climate-change/climate-negotiations/paris-agreement_en) (abgerufen 2023)

(9) Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN ISO 14040 2009, Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. ASI, Austria, 2009.

(10) Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN ISO 14044: 2006 10 01 - Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen. ASI, Österreich, 2006.

- (11) Website des EBC Annex 57, verfügbar unter <http://www.annex57.org/> (abgerufen 2023)
- (12) EC: "REGULATION (EU) No 305/2011 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC," 2011.
- (13) "Technical Committee: CEN TC 350." [Online]. Verfügbar unter <https://standards.cencenelec.eu/BPCEN/481830.pdf> (abgerufen 2023)
- (14) EC: "COMMISSION RECOMMENDATION of 9 April 2013 on the use of common methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations," Off. J. Eur. Union, 2013.
- (15) CEN: ÖNORM EN 15978 - Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode. Österreich, 2012,
- (16) CEN: ÖNORM EN 15804 - Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products. Austria, 2012,
- (17) A. Passer et al.: Environmental product declarations entering the building sector: critical reflections based on 5 to 10 years experience in different European countries. The International Journal of Life Cycle Assessment, 2015.
- (18) M. Röck, A. Passer, G. Habert: Quantification and visualisation of embodied impacts using BIM. Elsevier B.V, 2017
- (19) Website der Ecoinvent Database "Ecoinvent Centre: life cycle inventory (LCI) data, database ecoinvent data.", ecoinvent Association, verfügbar unter <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/>. (abgerufen 2023)
- (20) Website „baubook“, baubook GmbH, verfügbar unter <https://www.baubook.info/de> (abgerufen 2023)
- (21) Website der Nachhaltigkeitssoftware „GaBi“, Sphera Solutions, Inc., verfügbar unter <https://gabi-software.com> (abgerufen 2020)



# Anhang

## Journal Publications

\*Reports in which Austria is main author – bold

**Frischknecht, R., Balouktsi, M., Lützkendorf, T., Aumann, A., Birgisdottir, H., Ruse, E. G., Hollberg, A., Kuitinen, M., Lavagna, M., Lupišek, A., Passer, A., Peupartier, B., Ramseier, L., Röck, M., Trigaux, D., & Vancso, D. (2019).** Environmental benchmarks for buildings: needs, challenges and solutions—71st LCA forum, Swiss Federal Institute of Technology, Zürich, 18 June 2019.

*International Journal of Life Cycle Assessment*, **24(12)**, 2272–2280.

<https://doi.org/10.1007/s11367-019-01690-y>

**Habert, G., Röck, M., Steininger, K., Lupíšek, A., Birgisdottir, H., Desing, H., Chandrakumar, C., Pittau, F., Passer, A., Rovers, R., Slavkovic, K., Hollberg, A., Hoxha, E., Jusselme, T., Nault, E., Allacker, K., & Lützkendorf, T. (2020).** Carbon budgets for buildings: harmonising temporal, spatial and sectoral dimensions. *Buildings and Cities*, **1(1)**, 429–452.

<https://doi.org/10.5334/bc.47>

**Obrecht, T. P., Röck, M., Hoxha, E., & Passer, A. (2020).** BIM and LCA integration: A systematic literature review. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 14). MDPI.

<https://doi.org/10.3390/su12145534>

**Röck, M., Saade, M. R. M., Balouktsi, M., Rasmussen, F. N., Birgisdottir, H., Frischknecht, R., Habert, G., Lützkendorf, T., & Passer, A. (2020).** Embodied GHG emissions of buildings – The hidden challenge for effective climate change mitigation. *Applied Energy*, **258**.

<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114107>

**Llatas, C., Soust-Verdaguer, B., & Passer, A. (2020).** Implementing Life Cycle Sustainability Assessment during design stages in Building Information Modelling: From systematic literature review to a methodological approach. In *Building and Environment* (Vol. 182). Elsevier Ltd.

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107164>

**Lützkendorf, T., & Frischknecht, R. (2020).** (Net-) zero-emission buildings: a typology of terms and definitions. *Buildings and Cities*, **1(1)**, 662–675.

<https://doi.org/10.5334/bc.66>

**Hoxha, E., Passer, A., Saade, M. R. M., Trigaux, D., Shuttleworth, A., Pittau, F., Allacker, K., & Habert, G. (2020).** Biogenic carbon in buildings: a critical overview of LCA methods. *Buildings and Cities*, **1(1)**, 504–524.

<https://doi.org/10.5334/bc.46>

**Satola, D., Röck, M., Houlihan-Wiberg, A., & Gustavsen, A. (2020).** Buildings Life Cycle GHG Emissions of Residential Buildings in Humid Subtropical and Tropical Climates: Systematic Review and Analysis.

<https://doi.org/10.3390/buildings110>

**Röck, M., Baldereschi, E., Verellen, E., Passer, A., Sala, S., & Allacker, K. (2021). Environmental modelling of building stocks – An integrated review of life cycle-based assessment models to support EU policy making. In *Renew Sustain Energy Rev*, 2021; (Vol. 151). Elsevier Ltd.**  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111550>

**Hollberg, A., Kiss, B., Röck, M., Soust-Verdaguer, B., Wiberg, A. H., Lasvaux, S., Galimshina, A., & Habert, G. (2021). Review of visualising LCA results in the design process of buildings. In *Building and Environment* (Vol. 190). Elsevier Ltd.**  
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107530>

Satola, D., Balouktsi, M., Lützkendorf, T., Wiberg, A. H., & Gustavsen, A. (2021). How to define (net) zero greenhouse gas emissions buildings: The results of an international survey as part of IEA EBC annex 72. *Building and Environment*, 192.  
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107619>

Galimshina, A., Moustapha, M., Hollberg, A., Padey, P., Lasvaux, S., Sudret, B., & Habert, G. (2021). What is the optimal robust environmental and cost-effective solution for building renovation? Not the usual one. *Energy and Buildings*, 251.  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111329>

**Hoxha, E., Maierhofer, D., Saade, M. R. M., & Passer, A. (2021). Influence of technical and electrical equipment in life cycle assessments of buildings: case of a laboratory and research building. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 26(5), 852–863.**  
<https://doi.org/10.1007/s11367-021-01919-9>

Francart, N., Widström, T., & Malmqvist, T. (2021). Influence of methodological choices on maintenance and replacement in building LCA. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 26(11), 2109–2126.  
<https://doi.org/10.1007/s11367-021-01985-z>

Goulouti K., Favre D., Giorgi M., Padey P., Galimshina A., Habert G., & Lasvaux S. (2021) Dataset of service life data for 100 building elements and technical systems including their descriptive statistics and fitting to lognormal distribution. In: *Data in Brief*, 36, 107062.

Montana F., Longo S., Birgisdottir H., Cellura M., Frischknecht R., Guarino F., Kiss B., Peuportier B., Recht T., Riva Sanseverino E., Szalay Zs. (2021) Multicriteria-Oriented Optimization of Building Energy Performances: The Annex 72 IEA-EBC Experience. In: *Energy systems evaluation (volume 2)* (pp. 239-260). Springer, Cham. Brismark, J., Malmqvist, T., & Borgström, S. (2022). Climate Mitigation in the Swedish Single-Family Homes Industry and Potentials for LCA as Decision Support. *Buildings*, 12(5).  
<https://doi.org/10.3390/buildings12050588>

**Soust-Verdaguer, B., Obrecht, T. P., Alaux, N., Hoxha, E., Saade, M. R. M., Röck, M., Garcia-Martinez, A., Llatas, C., Gómez de Cózar, J. C., & Passer, A. (2023). Using systematic building decomposition for implementing LCA: The results of a comparative analysis as part of IEA EBC Annex 72. *Journal of Cleaner Production*, 384.**  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135422>

## Conference Papers

### **\*Reports in which Austria is main author – bold**

Lupíšek, M. Nehasilová, J. Železná, P. Hájek, B. Pospíšilová and M. Hanák. Potential for interconnection of tools for cost estimation and life cycle assessment of partial carbon footprint in the building sector in Czechia. *MINI-SYMPOSIA 8: IEA EBC Annex 72: Assessing life-cycle related environmental impacts caused by buildings, 2018.*

B. Peuportier and P. Schalbart. Building life cycle assessment tools developed in France. *MINI-SYMPOSIA 8: IEA EBC Annex 72: Assessing life-cycle related environmental impacts caused by buildings, 2018.*

A. Hollberg, P. Vogel and G. Habert. LCA benchmarks for decision-makers adapted to the early design stages of new buildings. *MINI-SYMPOSIA 8: IEA EBC Annex 72: Assessing life-cycle related environmental impacts caused by buildings, 2018.*

T. Lützkendorf and M. Balouktsi. Principles for the development and use of benchmarks for life-cycle related environmental impacts of buildings. *MINI-SYMPOSIA 8: IEA EBC Annex 72: Assessing life-cycle related environmental impacts caused by buildings, 2018.*

R. Frischknecht. Assessing life cycle related environmental impacts caused by buildings (IEA EBC Annex 72). *MINI-SYMPOSIA 8: IEA EBC Annex 72: Assessing life-cycle related environmental impacts caused by buildings, 2018.*

L. Tschümperlin and R. Frischknecht. Lessons learned from establishing environmental benchmarks for buildings in Switzerland. *MINI-SYMPOSIA 8: IEA EBC Annex 72: Assessing life-cycle related environmental impacts caused by buildings, 2018.*

D. Trigaux, K. Allacker, F. De Troyer, W. Debacker, W.C. Lam, L. Delem, L. Wastiels, R. Servaes and E. Rossi. Belgian approach to mainstream LCA in the construction sector. *MINI-SYMPOSIA 8: IEA EBC Annex 72: Assessing life-cycle related environmental impacts caused by buildings, 2018.*

F.N. Rasmussen and H. Birgisdóttir. Life cycle assessment benchmarks for Danish office buildings. *MINI-SYMPOSIA 8: IEA EBC Annex 72: Assessing life-cycle related environmental impacts caused by buildings, 2018.*

A. García-Martínez, J.C. Gómez de Cózar and M. Ruiz Alfonsea. Using BIM-based methods to obtain life cycle environmental benchmarks for buildings. *MINI-SYMPOSIA 8: IEA EBC Annex 72: Assessing life-cycle related environmental impacts caused by buildings, 2018.*

Palaniappan and V. Bindu Inti. Development of a simplified methodology for creating embodied energy database of construction materials and processes in India. *MINI-SYMPOSIA 8: IEA EBC Annex 72: Assessing life-cycle related environmental impacts caused by buildings, 2018.*

**M. Röck, A. Passer, D. Ramon and K. Allacker. The coupling of BIM and LCA—challenges identified through case study implementation. *MINI-SYMPOSIA 8: IEA EBC Annex 72: Assessing life-cycle related environmental impacts caused by buildings, 2018.***

B. Kiss, Zs. Szalay and E. Kácsor. Environmental impacts of future electricity production in Hungary with reflect on building operational energy use. *MINI-SYMPOSIUM 8: IEA EBC Annex 72: Assessing life-cycle related environmental impacts caused by buildings, 2018.*

Zs. Szalay and B. Kiss. Modular methodology for building life cycle assessment for a building stock model. *MINI-SYMPOSIUM 8: IEA EBC Annex 72: Assessing life-cycle related environmental impacts caused by buildings, 2018.*

L. Delem, L. Wastiels and K. Allacker. Effects of LCA impact categories and methodology on the interpretation of a building's environmental performance. *MINI-SYMPOSIUM 8: IEA EBC Annex 72: Assessing life-cycle related environmental impacts caused by buildings, 2018.*

W. Yang, Q.Y. Li, L. Yang, J. Ren and X.Q. Yang. Analyzing the life cycle environmental impacts in the Chinese building design process. *MINI-SYMPOSIUM 8: IEA EBC Annex 72: Assessing life-cycle related environmental impacts caused by buildings, 2018.*

S. Lasvaux, M. Giorgi, D. Favre, A. Hollberg, V. John and G. Habert. Review of existing service lives' values for building elements and their sensitivity on building LCA and LCC results. *MINI-SYMPOSIUM 8: IEA EBC Annex 72: Assessing life-cycle related environmental impacts caused by buildings, 2018.*

M.K. Dixit and V. Venkatraj. Improving the reliability and specificity of an Input-Output-based Hybrid (IOH) method for computing embodied energy of a building. *MINI-SYMPOSIUM 8: IEA EBC Annex 72: Assessing life-cycle related environmental impacts caused by buildings, 2018.*

J. Dahmen, J. Kim and C.M. Ouellet-Plamondon. Life cycle assessment of alternative masonry to concrete blocks. *MINI-SYMPOSIUM 8: IEA EBC Annex 72: Assessing life-cycle related environmental impacts caused by buildings, 2018.*

**Frischknecht, R., Birgisdottir, H., Chae, C. U., Lützkendorf, T., & Passer, A. (2019). IEA EBC Annex 72 - Assessing life cycle related environmental impacts caused by buildings - Targets and tasks. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 323(1).***  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/323/1/012042>

**Frischknecht, R., Birgisdottir, H., Chae, C. U., Lützkendorf, T., Passer, A., Alsema, E., Balouktsi, M., Berg, B., Dowdell, D., Garcia Martinez, A., Habert, G., Hollberg, A., König, H., Lasvaux, S., Llatas, C., Nygaard Rasmussen, F., Peuportier, B., Ramseier, L., Röck, M., ... Yang, W. (2019). Comparison of the environmental assessment of an identical office building with national methods. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 323(1).***  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/323/1/012037>

**Kiss, B., Röck, M., Passer, A., & Szalay, Z. (2019). A cross-platform modular framework for building Life Cycle Assessment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 323(1).***  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/323/1/012103>

**Soust-Verdaguer, B., García Martínez, A., Llatas, C., Gómez de Cózar, J. C., Allacker, K., Trigaux, D., Alsema, E., Berg, B., Dowdell, D., Debacker, W., Frischknecht, R., Ramseier, L., Veselka, J., Volf, M., Hajek, P., Lupíšek, A., Malik, Z., Habert, G., Hollberg, A., ... Passer, A. (2020). Implications of using systematic decomposition structures to organize building LCA information: A comparative analysis**

**of national standards and guidelines- IEA EBC ANNEX 72. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 588(2).**

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/588/2/022008>

Frischknecht, R., Ramseier, L., Yang, W., Birgisdóttir, H., Chae, C. U., Lützkendorf, T., Passer, A., Balouktsi, M., Berg, B., Bragança, L., Butler, J., Cellura, M., Dixit, M., Dowdell, D., Francart, N., García Martínez, A., Gomes, V., Gomes da Silva, M., Guimaraes, G., ... Zara, O. (2020). Comparison of the greenhouse gas emissions of a high-rise residential building assessed with different national LCA approaches - IEA EBC Annex 72. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 588(2).

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/588/2/022029>

**Röck, M., Balouktsi, M., Saade, M. R. M., Rasmussen, F. N., Hoxha, E., Birgisdóttir, H., Frischknecht, R., Habert, G., Passer, A., & Lützkendorf, T. (2020). Embodied GHG emissions of buildings - Critical reflection of benchmark comparison and in-depth analysis of drivers. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 588(3).**

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/588/3/032048>

Francart, N., & Malmqvist, T. (2020). Investigation of maintenance and replacement of materials in building LCA. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 588(3).

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/588/3/032027>

**Obrecht, T. P., Röck, M., Hoxha, E., & Passer, A. (2020). The challenge of integrating Life Cycle Assessment in the building design process - A systematic literature review of BIM-LCA workflows. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 588(3).**

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/588/3/032024>

Lützkendorf, T., & Balouktsi, M. (2020). The level of knowledge, use and acceptance of LCA among designers in Germany: A contribution to IEA EBC Annex 72. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 588(4).

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/588/4/042046>

Rasmussen, F. N., Malmqvist, T., & Birgisdóttir, H. (2020). Drivers, barriers and development needs for LCA in the Nordic building sector - A survey among professionals. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 588(3).

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/588/3/032022>

**Balouktsi, M., Lützkendorf, T., Röck, M., Passer, A., Reisinger, T., & Frischknecht, R. (2020). Survey results on acceptance and use of Life Cycle Assessment among designers in world regions: IEA EBC Annex 72. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 588(3).**

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/588/3/032023>

Moncaster, A. M., & Malmqvist, T. (2020). Reducing embodied impacts of buildings - Insights from a social power analysis of the UK and Sweden. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 588(3).

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/588/3/032047>

**Hoxha, E., Röck, M., Truger, B., Steininger, K., & Passer, A. (2020). Austrian GHG emission targets for new buildings and major renovations: An exploratory study. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 588(3).**

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/588/3/032052>

Lützkendorf, T.; Frischknecht R., Balouktsi M., Röck M., Houlihan Wiberg A., Satola D., Passer A., Birgisdottir H., Nygaard Rasmussen F., Chae C., Palaniappan S. (2021) NEW MITIGATION SOLUTIONS IN CONSTRUCTION - use case for assessment methods.

Houlihan Wiberg A., Satola D., Lützkendorf T., Balouktsi M., Frischknecht R., Gustavsen A. (2021) Defining (net) zero greenhouse gas emissions buildings: a key mitigation pathway.

**Di Bari, R., Horn, R., Bruhn, S., Alaux, N., Ruschi Mendes Saade, M., Soust-Verdaguer, B., Potř Obrecht, T., Hollberg, A., Birgisdottir, H., Passer, A., & Frischknecht, R. (2022). Buildings LCA and digitalization: Designers' toolbox based on a survey. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1078(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1078/1/012092>**

**Truger, B., Nabernegg, S., Lackner, T., Röck, M., Alaux, N., Hoxha, E., Saade, M. R. M., & Passer, A. (2022). Life cycle GHG emissions of the Austrian building stock: A combined bottom-up and top-down approach. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1078(1).**

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1078/1/012024>

**Röck, M., Allacker, K., Auinger, M., Balouktsi, M., Birgisdottir, H., Fields, M., Frischknecht, R., Habert, G., Sørensen, L. H. H., Kuittinen, M., le Den, X., Lyngge, K., Muller, A., Nibel, S., Passer, A., Piton, F., Rasmussen, F. N., Saade, M. R. M., Alaux, N., ... Lützkendorf, T. (2022). Towards indicative baseline and decarbonization pathways for embodied life cycle GHG emissions of buildings across Europe. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1078(1).**

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1078/1/012055>

Frischknecht R. (2022) The buried giant: construction materials shape the environmental footprint of buildings. Keynote. Accepted. CESB 2022, Prague, Czech Republic.

<https://doi.org/10.14311/APP.2022.38.0001>

Gomes, V., Pulgrossi, L., Gomes Da Silva, M., Balouktsi, M., Lützkendorf, T., & Frischknecht, R. (n.d.). *To weigh or not to weigh. Recommendations for communicating aggregated results of buildings LCA.*

Balouktsi, M., & Lützkendorf, T. (2022). Net zero emission buildings: next generation of benchmarks and calculation rules. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1078(1).

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1078/1/012052>

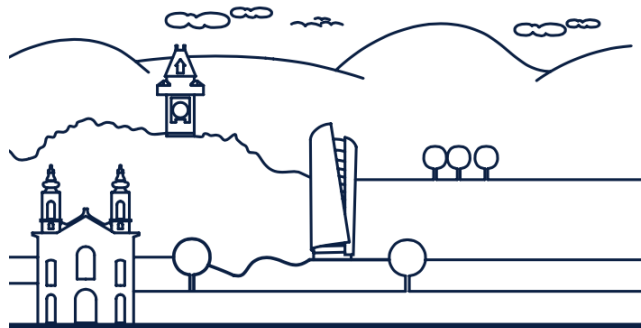
**Rasmussen, F. N., Trigaux, D., Alsema, E., Balouktsi, M., Birgisdóttir, H., Bohne, R., Dixit, M., Dowdell, D., Francart, N., Frischknecht, R., Foliente, G., Lupisek, A., Lützkendorf, T., Malmqvist, T., Garcia Martinez, A., Ouellet-Plamondon, C., Passer, A., Peuportier, B., Ramseier, L., ... Wiik, M. (2022). Existing benchmark systems for assessing global warming potential of buildings - Analysis of IEA EBC Annex 72 cases. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1078(1).**

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1078/1/012054>

Szalay, Z., & Lupíšek, A. (2022). ATTITUDE TOWARDS LCA IN HUNGARY AND CZECHIA – RESULTS OF A SURVEY AMONG BUILDING DESIGN PROFESSIONALS. *Acta Polytechnica CTU Proceedings*, 38, 72–76. <https://doi.org/10.14311/APP.2022.38.0072>

Balouktsi, M., & Lützkendorf, T. (2022). OPTIONS OF MODELLING REFURBISHMENT IN LCA: CONTINUOUS IMPROVEMENT STRATEGY AND NEXT LIFE CYCLE APPROACH. *Acta Polytechnica CTU Proceedings*, 38, 31–37. <https://doi.org/10.14311/APP.2022.38.0031>

## Graz Declaration



## Graz Declaration for Climate Protection in the Built Environment

### Outcome of SBE19

An intact natural environment is not only vital for humankind but also provides the basis for further social and economic development. For more than 30 years, the international scientific community has provided a strong body of evidence on the increasingly high atmospheric concentrations of man-made greenhouse gases (GHG) and the need to reduce these in order to limit the damages and risks caused by global warming. The UNFCCC has endorsed this and has started international processes for collectively reducing these harmful GHG-emissions. However, the most recent IPCC report<sup>1</sup> conclusively shows that much more action is urgently needed if global warming is to be kept within 1.5°C increase. These actions must occur in a much shorter time-span.

The operation of buildings is responsible for approximately 40% of Europe's energy consumption and 36% of CO<sub>2</sub> emissions, making them the single largest cause of energy consumption and GHG-emissions. In addition, there are energy consumption and emissions caused by the manufacturing of construction products for creation and refurbishment of buildings and constructed assets.<sup>2</sup> Urgent actions are needed to cut energy consumption and GHG-emissions caused in construction product industry as well as in the construction, facilities management and real estate sectors. Therefore, the reduction of life cycle related carbon footprint of construction works shall become an imperative.

Good examples already show that it is feasible to create a net-zero GHG-emission built environment. In addition to addressing climatic and environmental concerns, these projects also engage with wider societal concerns expressed in the UN Sustainable Development Goals (SDGs).<sup>3</sup> These positive examples are proof of technical, social and economic feasibility. There is an imperative to adopt these practices widely.

The objectives of limiting global warming require translation into actions for the specific sectors and actors.

The signatories assembled in Graz (SBE19) therefore declare:

(1) Governments have a vital leadership role in establishing and enforcing long-term principles, values and priorities and therefore must create effective policies and frameworks for enabling the transition towards net-zero GHG-emission built environments. This includes the protection of the natural basis for life – e.g. reducing the concentration of atmospheric GHGs and the harmful impacts on society and the environment. Legally binding international, national and local requirements shall be put in place and respect and include scientifically-based GHG-emission targets to stay within a 1.5°C increase.

(2) Specific GHG-emission targets and budgets are needed for the construction and property sectors - these need to be scalable (both top-down and bottom-up for construction products, buildings, cities, building stocks) and have clearly defined timeframes in order to deliver net-zero GHG-emission levels by or before the middle of this century. To be effective, targets and budgets must be enshrined in legislation and standards. Requirements need to be framed in terms of performance and ensure that no preference should be given to certain technologies. As a matter of urgency and to avoid lock-in effects, binding requirements must be introduced by 2025 due to the built environment's long lifespan and impacts.

<sup>1</sup> IPCC (2018) Global Warming of 1.5 C (Special Report). <https://www.ipcc.ch/sr15/>

<sup>2</sup> In addition to the operational part, 11% of the global building related GHG-emissions are caused by the construction industry.

<sup>3</sup> e.g. reduced environmental impacts, resilience, innovation, health and wellbeing, reduced inequalities, responsible consumption and production, and affordable housing.



## Monte Verità Declaration on a built environment within planetary boundaries

Outcome of IEA EBC Annex 72

### 0 Preamble

Buildings substantially contribute to and influence the quality of life. At the same time, they are one key element to help achieving several of the Sustainable Development Goals launched by UN Environment, in particular #11 Sustainable Cities and Communities, #12 Sustainable Consumption and Production and #13 Climate Action. A comprehensive assessment of buildings addresses the environmental, the social and the economic performance. The environmental dimension covers life cycle based impacts such as climate change caused by greenhouse gas emissions along the life cycle of buildings, impacts on the local environment and potential health risks e.g. due to indoor air quality.

The declaration and its recommendations focus on the life cycle based environmental impacts and resource consumption, the core topic of the experts and their research institutes co-operating in IEA EBC Annex 72. While this declaration has a special focus on greenhouse gas emissions, further environmental impacts including resource consumption are also addressed to avoid burden shifting.

The experts co-operating in the IEA EBC Annex 72 “Assessing Life Cycle Related Environmental Impacts Caused by Buildings” acknowledge that

- mankind is responsible for the rapidly increasing global temperature which is causing severe human suffering and irreparable damages on fragile ecosystems.
- CO<sub>2</sub> emissions need to be urgently and drastically reduced and globally reach net zero well before 2050 to stay within the remaining global budget which increases the likelihood that the global temperature increase stays below 1.5°C.<sup>1</sup>
- the emissions of all other greenhouse gases (GHG) need to be reduced similarly.
- the planetary boundaries are exceeded with respect to pressure on biodiversity, nitrogen and phosphorous flows.
- freshwater is overused in several regions of the world.
- the concentration of aerosols (air quality) is far too high in many metropolitan areas and agglomerations of the world.
- Buildings put pressure on local and global natural resources
- buildings are causing about 40 % of global CO<sub>2</sub> emissions, either directly, or indirectly via the energy and the construction materials sectors.
- buildings, building related infrastructures and their supply chains are one driver for land use and land use change and landscape fragmentation and subsequent biodiversity losses.
- airborne pollutants emitted by the construction material industries are contributing substantially to the impairment of outdoor air quality.

<sup>1</sup> The emissions of other greenhouse gases need to be reduced to similarly low levels. That is why this Declaration addresses greenhouse gas emissions instead of CO<sub>2</sub> only.

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

+43 800 21 53 59

[servicebuero@bmk.gv.at](mailto:servicebuero@bmk.gv.at)

[bmk.gv.at](http://bmk.gv.at)