

# Projektstart IEA EBC Annex 72: Bewertung von Umweltwirkungen während des gesamten Lebenszyklus von Gebäuden

**Alexander Passer, Martin Röck**

Technische Universität Graz (TUG), Waagner-Biro-Straße 100, Graz, AT  
+43 (316) 873 – 7153, alexander.passer@tugraz.at  
+43 (316) 873 – 7652, martin.roeck@tugraz.at

**Rolf Frischknecht**

treeze GmbH, Kanzleistrasse 4, 8610 Uster, CH  
frischknecht@treeze.ch, www.treeze.ch

**Thomas Lützkendorf**

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Kaiserstraße 12, Karlsruhe, DE  
+49 (0)721 608-48336, thomas.luetzkendorf@kit.edu

## **Kurzfassung:**

Vor dem Hintergrund ambitionierter Ziele der Staatengemeinschaft in Bezug auf die Reduktion von Treibhausgasemissionen und anderen Umweltwirkungen (COP21) konzentriert sich das Forschungsprojekt *IEA EBC Annex 72: Bewertung von Umweltwirkungen während des gesamten Lebenszyklus von Gebäuden* auf die Harmonisierung von Methoden zur Bewertung der konstruktionsspezifischen und betriebsbedingten Umweltauswirkungen (Primärenergiebedarf, Treibhausgasemissionen und andere Indikatoren) während des gesamten Lebenszyklus von Gebäuden unter Anwendung der Methode des Life Cycle Assessment (LCA).

Um die Anwendbarkeit von harmonisierten Methoden in den entscheidenden Planungsphasen zu unterstützen, wird die Integration in digitale Entwurfs- und Planungsprozesse weiterentwickelt sowie die Entwicklungspotenziale von Benchmarks auf der Gebäudeebene anhand zahlreicher internationaler Fallstudien untersucht. Teilnehmerländer, in denen keine regionalen Datenbanken verfügbar sind, sollen zudem in der Entwicklung von LCA-Datenbanken unterstützt werden.

Neben wissenschaftlichen Berichten zur harmonisierten Bewertungsmethode und Erkenntnissen aus der Analyse von Fallstudien zu möglichen Benchmarks werden spezifische Richtlinien für die Anwendung der Bewertungsmethode im Entwurfs- und Planungsprozess erstellt und Architekten, Ingenieuren und anderen Planungsfachleuten zur Verfügung gestellt.

**Keywords:** Lebenszyklusanalyse (LCA), Building Information Modeling (BIM), Entkarbonisierung, Umweltwirkungen

# 1 Einleitung

## 1.1 Hintergrund

Im Bau- und Immobilienbereich gewinnt die Anwendung der Prinzipien einer nachhaltigen Entwicklung (UN (United Nations) 2015) zunehmend an Bedeutung. Neben der ökonomischen, gesellschaftlichen und kulturellen Bedeutung der gebauten Umwelt zeichnet sich diese durch hohe Stoff- und Energieströme und die damit verbundenen Wirkungen auf die globale und lokale Umwelt aus. Aufgrund des mit der Herstellung, Errichtung, Nutzung und Instandhaltung von Gebäuden verbundenen Energieverbrauchs - ca. 40% des weltweiten Verbrauchs, zumeist an nicht erneuerbaren Energieträgern entfallen auf die Beheizung - kommt dem Bau- und Immobilienbereich bei der Verbesserung der Energie- und Ressourceneffizienz oberste Priorität zu. Zur Begrenzung negativer Auswirkungen des Klimawandels wurde auf der Pariser Klimakonferenz (COP21) im Dezember 2015 von „195 Länder die erste umfassende und rechtsverbindliche weltweite Klimaschutzvereinbarung [geschlossen]. 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.“ (European Commission (EC) 2015)

Die Arbeiten der Internationalen Energieagentur (IEA) folgen dem Ziel, eine Reduktion der Emissionen um 80% bis 2050 zu erreichen – ein Wert der auch auf Ebene der Europäischen Union (EU) formuliert wurde. 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 einer Umsetzung dieser Anforderungen an die Gebäudeenergieeffizienz verschiebt sich inzwischen der Schwerpunkt der umweltbezogenen Auswirkungen von der Nutzungs- auf die Herstellungs- und Errichtungsphase. Der Energieaufwand für die Herstellung von Bauprodukten und die baustoffspezifischen (engl. embodied) Umweltwirkungen gewinnen – sowohl relativ als auch absolut – an Bedeutung. Die Erfassung, Bewertung und gezielte Beeinflussung der gebäudebedingten Umweltwirkungen während des gesamten Lebenszyklus ist daher wichtig, um Wechselwirkungen zwischen baustoffspezifischen und betriebsbedingten (engl. operational) Umweltwirkungen zu erkennen, Verschiebung von Umweltwirkungen in andere Lebenszyklusphasen zu verhindern und die Gesamtwirkungen zu minimieren.

## 1.2 Problemstellung

Der derzeitige Strategieplan des *Energy in Buildings and Communities Technology Collaboration Programme* (EBC TCP) benennt explizit die Notwendigkeit einer Reduktion des Gesamtenergieverbrauchs und der Treibhausgas-Emissionen im Gebäudelebenszyklus. Weiter wird auf die Notwendigkeit einer Harmonisierung der Bewertungsmethoden und deren praxistauglicher Anwendung im Planungsprozess hingewiesen.

*„(...) The reduction of total energy use and CO<sub>2</sub> emissions throughout building life cycles is required. For this reason, a scientific basis to estimate embodied energy and CO<sub>2</sub> emissions becomes more important. Although there are already different methods to obtain data for embodied energy and CO<sub>2</sub>, the best method or combination of methods needs to be*

*investigated by reaching a common understanding of how to achieve practical and reliable solutions"* (IEA 2013)

Diesbezüglich hatte die IEA bereits in den Jahren 1996 - 1999 das Forschungsprojekt *IEA EBC Annex 31: Energy Related Environmental Impact of Buildings* durchgeführt, welches auf der Grundlage des Life Cycle Assessment (LCA) (CEN 2009), aufbaute. Durch den kürzlich abgeschlossenen *IEA EBC Annex 57: Evaluation of Embodied Energy and CO<sub>2</sub> Equivalent Emissions for Building Construction* (Oka 2016) konnten bereits wesentliche Schritte zu Analyse- und Bewertungsmethoden für die konstruktionsspezifischen Umweltwirkungen von Gebäuden erarbeitet werden. Während der IEA EBC Annex 57 dabei auf die „graue Energie“ (Primärenergiebedarf) und die mit der Herstellung von Baumaterialien verbundenen Treibhausgas-Emissionen fokussierte und Vorschläge für eine einheitliche Vorgehensweise bei der Bewertung von Energieaufwand und Treibhausgasemissionen für die Herstellung, Errichtung und Instandhaltung von Gebäuden erarbeitete, gibt es für eine Bewertung des gesamten Lebenszyklus unter Einbeziehung zusätzlicher Umweltindikatoren noch erheblichen Abstimmungs- und Harmonisierungsbedarf.

Auf Ebene der Europäischen Union wurden bereits generelle Zielvorgaben an die Mitgliedsländer formuliert (EU 2020/2050 Ziele, neue Bauprodukteverordnung (EC 2011), Arbeiten des CEN/TC 350 (CEN 2017), Strategie der Europäischen Kommission, Product Environmental Footprint (PEF) (EC 2013), etc.), die nationale Umsetzung bedarf jedoch noch der Klärung von zahlreichen Fragestellungen im Detail. So hat sich gezeigt, dass die Vorgaben der Normen des CEN/TC 350 (CEN 2012b) sehr allgemein sein werden und Details ggf. zusätzlich national festgelegt werden müssen. Parallel wird derzeit vielerorts an Grundlagen und Hilfsmitteln zur Beschreibung umweltrelevanter Merkmale von Bauprodukten gearbeitet, z.B. in Form von Produktkategorieregeln (PCRs) und deren Umsetzung in Form von Umweltproduktdeklarationen (EPDs) (CEN 2012a), oder PEF Category Rules (PEF-CRs) (Passer et al. 2015). Innerhalb Europa könnten aufgrund dieser vielschichten Entwicklungen (national) divergierende Bewertungsansätze und somit auch vermeidbare Handelshemmnisse entstehen.

Grundsätzlich gilt festzuhalten, dass Nachhaltigkeitsbewertungen nur auf Bauwerksebene durchgeführt werden sollen, um alle Dimensionen (ökologische, soziale, ökonomische) sowie die der funktionalen und technischen Performance zu berücksichtigen. Derzeit werden derartige Bewertungen von Gebäuden meist nach einem der etablierten Bewertungssysteme (TQB, ÖGNI – bzw. DGNB–Gütesiegel, klima:aktiv, SGNI, SNBS, LEED, BREEAM u.a.) durchgeführt. Eine Grundlage zur Beurteilung der Umweltqualität als Teilaspekt der Nachhaltigkeit sind ökologische Bewertungen die zum Teil auf der Methode der Ökobilanz basieren. Berücksichtigt wird u.a. der Energieaufwand zur Herstellung der verwendeten Bauprodukte und der Energieverbrauch in der Nutzungsphase. Die zur Beurteilung der Nachhaltigkeit von Gebäuden verwendeten Methoden und Indikatoren sind jedoch sehr unterschiedlich. Eine internationale Harmonisierung ist anzustreben.

## 2 IEA EBC Annex 72

### 2.1 Fragestellungen

Um die ambitionierten Ziele in Bezug auf den Bausektor zu erreichen, ist eine transparente und harmonisierte Analyse und Bewertung der Umweltwirkungen von Gebäuden über deren gesamten Lebenszyklus entscheidend. Die Analyse und Bewertung der Umweltwirkung von Gebäuden umfasst mehrere Forschungsfelder und Einzelthemen, die innovative Lösungsansätze sowie eine Harmonisierung unter Berücksichtigung nationaler und regionaler Gegebenheiten erfordern (IEA EBC 2017):

- *Environmental optimization:* Die Verringerung der Umweltwirkung von Gebäuden unter Berücksichtigung aller Lebenszyklusphasen erfordert die Optimierung des Wechselspiels von konstruktions- sowie baustoffspezifischen (embodied) und betriebsbezogenen (operational) Umweltwirkungen.
- *Net zero energy buildings:* Es existiert ein Klärungsbedarf bei der Definition des energetischen Anforderungsniveaus sowie für Berechnungsgrundlagen und Systemgrenzen einer Energie- und Emissionsbilanz von nahezu Null-Energie-Gebäuden unter Nutzung der Lebenszyklusanalyse.
- *Environmental design process:* Eine Voraussetzung zur Anwendung der Lebenszyklusanalyse in der Entwurfs- und Planungsphase ist ihre vollständige Integration in entsprechende Planungsprozesse und -werkzeuge.
- *Service life:* Es besteht Klärungsbedarf bei den Annahmen zur Lebensdauer von Bauprodukten und der Nutzungsdauer von Bauwerken.
- *Technology development:* Offene Fragen einer Berücksichtigung zukünftiger Entwicklungen bei bereits existierenden und neuen Technologien sowie zu den Ansätzen und Konsequenzen möglicher Änderungen in der Nutzung von Gebäuden in ihrem Lebenszyklus bedürfen einer Klärung.
- *Aggregation and assessment of current and future emissions:* Obwohl ein großer Teil der lebenszyklusbezogenen Umweltwirkungen in der Zukunft anfallen wird, ist die Ermittlung und Berücksichtigung konstruktions- und baustoffspezifischer Umweltwirkungen im Zusammenhang mit der Produktions- und Bauphase nicht zu vernachlässigen. Die Grundlagen zur Bewertung heutiger und künftiger Wirkungen sowie für deren Aggregation sind weiter zu entwickeln.

Der neue *IEA EBC Annex 72: Assessing Life Cycle Related Environmental Impacts Caused by Buildings* (IEA EBC 2017) konzentriert sich auf die Harmonisierung und Operationalisierung der Ermittlung und Bewertung von Umweltwirkungen während des gesamten Lebenszyklus von Gebäuden (Abb. 1). Zur Operationalisierung der Lebenszyklusbewertung von Gebäuden – z.B. mit Hilfe digitaler Planungsmethoden wie dem Building Information Modeling (BIM) – werden konkrete Leitlinien unter anderem für die Anwendung im Planungsprozess erarbeitet und Planenden und EntscheiderInnen zur Verfügung gestellt.

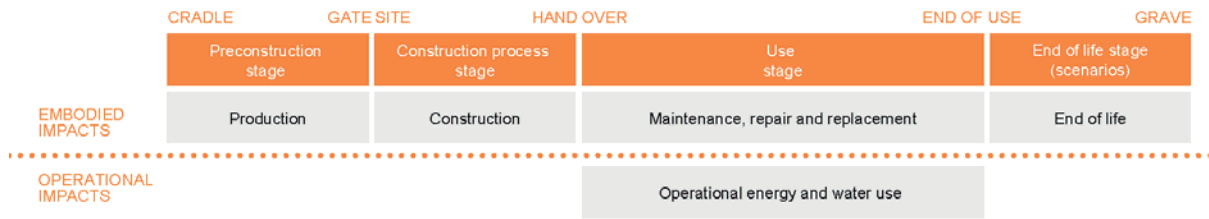


Abb. 1: Phasen und Umweltwirkungen im Lebenszyklus von Gebäuden. (Quelle: AGNHB TU Graz, IEA EBC Annex 72 proposal)

## 2.2 Projektziele

Die angestrebten Ziele des IEA EBC Annex 72 sind:

- einen internationalen Konsens über die Methodik zur Bewertung der Umweltwirkungen über den Lebenszyklus von Gebäuden zu erreichen,
- Methoden zur Festlegung umweltspezifischer Benchmarks zu unterschiedlichen Gebäudetypen für die während ihres gesamten Lebenszyklus verursachten Umweltwirkungen zu entwickeln, um diese bereits in der Planungsphase zu reduzieren,
- Leitfäden und Werkzeuge für Planende und EntscheiderInnen zu erarbeiten, um eine Bewertung der Umweltwirkungen im Gebäude-Lebenszyklus bereits im Planungsprozess zu unterstützen,
- Fallstudien zur Beantwortung der formulierten Forschungsfragen zu bearbeiten und zu analysieren, um empirische Kennwerte abzuleiten.
- teilnehmende Partnerländer bei der Entwicklung nationaler oder regionale Datensätze sowie von Planungshilfsmitteln mit lokalem Bezug zu unterstützen

Für Österreich ist besonders die Mitarbeit bei der Entwicklung von Ansätzen zur Harmonisierung von Bewertungsmethoden sowie zur Analyse und Weiterentwicklung von Planungs- und Bewertungsabläufen und -hilfsmitteln relevant. Zusätzlich sind die Ergebnisse aus der Analyse der nationalen und internationalen Case Studies und die darauf aufbauende Diskussion um Benchmarks von Bedeutung, um die nationalen Entwicklungen im Bereich des Nachhaltigen Bauens einordnen und entsprechende Bewertungsmaßstäbe zur Verfügung stellen zu können. Dies ist wichtig um die Erkenntnisse aus dem internationalen Projekt in Österreich zielgerecht zu verbreiten und Bewertungsmethoden sowie Instrumente zur Verfügung zu stellen, mit denen die österreichischen Ziele zur Reduktion der Umweltwirkungen von Gebäuden erreicht werden können.

## 2.3 Arbeitsprogramm

Das Arbeitsprogramm des IEA EBC Annex 72 ist in fünf Subtasks gegliedert:

- Subtask 1 – Grundlagen zur Vereinheitlichung von Bewertungsmethoden
- Subtask 2 – Bewertungsabläufe und -instrumente
- Subtask 3 – Case Studies
- Subtask 4 – LCA-Datenbanken für den Bausektor
- Subtask 5 – Dissemination

Im Folgenden werden die Subtasks gemäß derzeitigem Planungsstand vorgestellt:

### 2.3.1 Subtask 1 - Grundlagen zur Vereinheitlichung von Bewertungsmethoden

Dieser Subtask (ST) wird sich auf die Weiterentwicklung und Harmonisierung von methodischen Grundlagen für die Lebenszyklusbewertung von Gebäuden und sowie die

Erarbeitung, Anwendung und Interpretation von Benchmarks konzentrieren. Es werden, von den im IEA EBC Annex 57 erarbeiteten Leitlinien und Ansätzen ausgehend, die methodischen Grundlagen auf den gesamten Lebenszyklus von Gebäuden ausgedehnt.

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

ST2 konzentriert sich auf die Beschreibung und Entwicklung von Gebäudebewertungsinstrumenten, insbesondere die Integration der Bewertungsabläufe in Building Information Modeling (BIM). Es werden die Möglichkeiten zur Verknüpfung von Umweltinformationen für die Lebenszyklusanalyse mit Elementen in BIM untersucht, sowie der Einfluss der Modellqualität und unterschiedlicher Bewertungsabläufe im Hinblick auf eine vollständige und konsistente Bewertung während der verschiedenen Stufen des Planungsprozesses ermittelt. Die zunehmende Anwendung und Standardisierung dieser Prozesse in Österreich und Europa (ÖN A6241, CEN/TC 442) bieten die Grundlage für die geplante Einbettung.

### **2.3.3 Subtask 3 – Case Studies**

In ST3 soll ein umfangreicher Satz von Fallstudien analysiert und entsprechend der in Subtask 1 vereinbarten Methodik quantifiziert werden. Diese Fallstudien werden zur Diskussion über die Entwicklung empirischer Benchmarks bzw. der Validierung andersartiger Benchmarks (auf Grundlage von ST1) genutzt. Es wird untersucht, ob eine Typologie von klimatischen und technischen Rahmenbedingungen eingerichtet werden kann, um empirisch abgeleitete Benchmarks in den beteiligten Nationen anzuwenden.

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

ST4 bearbeitet die Entwicklung und Bereitstellung von Lebenszyklusbewertungs-Datenbanken, die auf den Bausektor ausgerichtet sind. Es richtet sich vor allem an Länder mit einem aktuellen Mangel an zuverlässiger, länderspezifischer LCA-Datenbank.

### **2.3.5 Subtask 5 – Dissemination**

Die Arbeiten in ST5 unterstützen die Subtasks 1 bis 4 bei der Finalisierung, Verbreitung und Kommunikation der erzielten Ergebnisse.

## **2.4 Erwartete Ergebnisse**

Die Ergebnisse des internationalen Projekts werden in folgenden Deliverables abgebildet:

- D1: Webseite für die Kommunikation von Aktivitäten, Leistungen und Berichten (ST5)
- D2: Bericht über harmonisierte Leitlinien zur Lebenszyklusbewertung von Gebäuden (ST1)
- D3: Bericht über Leitlinien für Architekten und Planer zur Optimierung der Lebenszyklus-Performance von Gebäuden während des Entwurfs- und Planungsprozesses (ST2, ST3)
- D4: Bericht über nationale LCA-Datenbanken, die im Bausektor eingesetzt werden, einschließlich der standardisierten Charakterisierung aller für den Bausektor relevanten LCA-Datenbanken (ST1, ST4)
- D5: Bericht über die Auswertung von Case Studies (mit einer standardisierten Vorlage, ST3)
- D6: Bericht über die Festlegung von Umwelt-Benchmarks für Gebäude (Grundlagen, Methoden, Beispiele) (ST1, ST3)



- D7: Bericht über die Einrichtung nationaler/regionaler LCA-Datenbanken, abgestimmt auf die Anforderungen des Bausektors (ST4)

## 2.5 ProjektDetails

### 2.5.1 Projektstatus

Der IEA EBC Annex 72 wurde im Herbst 2016 eingereicht und beim IEA ExCo-Meeting im November 2016 in Australien genehmigt. Nach den knapp einjährigen Vorbereitungsarbeiten startet die Arbeitsphase des Annexes im November 2017 und läuft bis Oktober 2021.

### 2.5.2 Internationales Konsortium

Beim letzten Vorbereitungstreffen des IEA EBC Annex 72 im Mai 2017 in Kopenhagen waren 32 TeilnehmerInnen aus 18 Ländern vor Ort, in Summe beabsichtigen derzeit 35 Institute aus über 20 Ländern eine aktive Teilnahme am Annex – erfreulicherweise haben auch mehrere nicht-EBC und nicht-IEA Länder ihr Interesse an einer Mitarbeit im IEA EBC Annex 72 bekundet.

### 2.5.3 Österreichische Beteiligung

Österreich wird im IEA EBC Annex 72 die Leitung von *Subtask 2: Building assessment workflows and tools* übernehmen und sich an den inhaltlichen Arbeiten zu ST1, ST2, ST3 und ST4 sowie in der allgemeinen Berichterstellung und Verbreitung in ST5 beteiligen.

Durch die Subtask-Leitung Österreichs können die genannten nationalen Anforderungen und Entwicklungen im Bereich des Nachhaltigen Bauens, der Integration produktspezifischer Informationen zur Lebenszyklus-Optimierung von Gebäuden in der Planungsphase sowie bestehende nationale Normung und Forschung zum Thema computergestützte Gebäudemodellierung besondere Berücksichtigung finden.

### 2.5.4 Einbindung nationaler Stakeholder

Die Vernetzung der internationalen ExpertInnen untereinander als auch mit den nationalen Stakeholdern erfolgt im Projektverlauf im Rahmen von nationalen und internationalen Workshops sowie durch die Verbreitung der Erkenntnisse auf relevanten Konferenzen und der Einreichung von Publikationen in fachspezifischen Journals. Durch die geplanten Expertenbefragungen werden die nationalen Stakeholder zudem bereits in einer frühen Projektphase eingebunden um Expertise und Anforderungen aus österreichischer Sicht in den IEA EBC Annex 72 einzubringen. Nähere Details zu aktuellen IEA Projekten sowie dem laufenden EBC Annex 72 werden auf der Homepage der IEA Forschungskooperation<sup>1</sup> veröffentlicht.

## 3 Zusammenfassung und Ausblick

Im IEA EBC Annex 72 werden gemeinsame internationale Rahmenbedingungen für die Ermittlung der gesamten lebenszyklusrelevanten Umweltwirkungen von Gebäuden erarbeitet. Um die Anwendbarkeit dieser harmonisierten Methode(n) in der Planung zu unterstützen, wird die Integration mit bestehenden Werkzeugen des Entwurfs- und Planungsprozesses untersucht, sowie die Entwicklung von Richtwerten auf Gebäudeebene vorangetrieben.

---

<sup>1</sup> <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/iea>

Gerade die aktuellen Fortschritte im Bereich computergestützter Planungsmethoden (e.g. BIM) bieten hier Möglichkeiten zur Integration spezifischer Kennwerte und relevanter Bauteilinformationen (Röck et al. 2017) innerhalb multidimensionaler, digitaler Gebäudemodelle.

Das erste Expertenmeeting der Arbeitsphase des IEA EBC Annex 72 fand Ende November an der Technischen Universität Graz statt. Im Rahmen dieses ersten Treffens – welches somit den offiziellen Startschuss des internationalen Projektes darstellt – wird auch bereits ein Expertenworkshop zu den spezifischen Themen des von Österreich geleiteten Subtask 2 stattfinden. Ebenso wird unmittelbar nach diesem Treffen die Einbindung der nationalen Stakeholder beginnen, welche bereits 2018 zu ersten Erkenntnissen führen soll.

Die Ergebnisse der Arbeiten des IEA EBC Annex 72 sollen über die Projektlaufzeit regelmäßig auf internationalen und nationalen Konferenzen vorgestellt und dadurch verbreitet werden. In diesem Zusammenhang herauszustreichen ist die für 2019 geplante *Sustainable Built Environment* Konferenz SBE19 in Graz bei der erneut die Einbindung und Vernetzung der österreichischen Wissenschaftscommunity etabliert und die Verbreitung der Erkenntnisse gefördert werden soll.

## Acknowledgement

Die österreichische Beteiligung am IEA EBC Annex 72 wird im Rahmen der IEA-Forschungskooperation im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie durchgeführt. Die Autoren danken den fördernden Stellen und den dort zuständigen Personen als auch den internationalen ProjektpartnerInnen für die bisherige gute Zusammenarbeit.



## LITERATUR

CEN, 2009. ÖN EN ISO 14040 2009, Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework.pdf. , p.21.

CEN, 2012a. *ÖNORM EN 15804: Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products*, Austria.

CEN, 2012b. *ÖNORM EN 15978:2012-10-01-Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method*, Vienna.

CEN, 2017. Technical Committee: CEN TC 350. Available at: [https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:7:0::::FSP\\_ORG\\_ID:481830&cs=181BD0E0E925FA84EC4B8BCCC284577F8](https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:7:0::::FSP_ORG_ID:481830&cs=181BD0E0E925FA84EC4B8BCCC284577F8).

EC, 2013. 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. *Official Journal of the European Union*, L 124, p.216. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=OJ:L:2013:124:TOC>.

EC, 2011. 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. , pp.5–43. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=URISERV:mi0078>.

European Commission (EC), 2011. Energy Roadmap 2050. *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic And Social Committee and the Committee of the Regions*, pp.1–20. Available at: [http://ec.europa.eu/energy/energy2020/roadmap/doc/com\\_2011\\_8852\\_en.pdf%5Cnpapers2://publication/uuid/00A6EE00-34F0-47F3-B603-598C0F929393](http://ec.europa.eu/energy/energy2020/roadmap/doc/com_2011_8852_en.pdf%5Cnpapers2://publication/uuid/00A6EE00-34F0-47F3-B603-598C0F929393).

European Commission (EC), 2015. European Commission, COP 21. Available at: [https://ec.europa.eu/commission/priorities/energy-union-and-climate/climate-action-decarbonising-economy/cop21-un-climate-change-conference-paris\\_de](https://ec.europa.eu/commission/priorities/energy-union-and-climate/climate-action-decarbonising-economy/cop21-un-climate-change-conference-paris_de).

IEA, 2013. *Strategic Plan 2014 - 2019 Energy in Buildings and Communities Programme*,

IEA EBC, 2017. IEA EBC Annex 72: Assessing Life Cycle Related Environmental Impacts Caused by Buildings. Available at: <http://www.iea-ebc.org/projects/ongoing-projects/ebc-annex-72/>.

Oka, T., 2016. *IEA EBC ANNEX 57 - Factsheet*, Tochigi.

Passer, A. et al., 2015. 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*, 20(9), pp.1199–1212. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s11367-015-0926-3>.

Röck, M., Habert, G. & Passer, A., 2017. Visualising Embodied Impacts Using Building Information Modelling (BIM). In *Conference Proceedings of World Sustainable Built Environment Conference 2017 Hong Kong*. pp. 2053–2059. Available at: <http://wsbe17hongkong.hk/download/WSBE17 Hong Kong - Conference Proceedings.pdf>.

UN (United Nations), 2015. Sustainable Development Goals. Available at: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>.