



Sachstand 17.10.2023

## Vergleichende Ökobilanz – Fortschreibung

Für das Projekt „Zillestraße in Berlin“

### **Auftraggeber**

ASSIDUUS Development GmbH, Bleibtreustraße 34, 10707 Berlin

### **Verfasser**

ee concept GmbH, Spreestraße 3, 64295 Darmstadt

Anne Wagner, Dipl.-Ing. Architektur, Energieberaterin, wagner@ee-concept.de

Angèle Tersluisen, Prof. Dr.-Ing. Architektur, DGNB Consultant, Energieberaterin, tersluisen@ee-concept.de

# INHALT

<b>A</b>	<b>FRAGESTELLUNG</b>	<b>3</b>
A.1	Anlass und Ziel der Untersuchung.....	3
<b>B</b>	<b>BILANZIERUNG ÖKOBILANZ</b>	<b>4</b>
B.1	Grundlagen Ökobilanz.....	4
B.1.1	Methodik und Normung Ökobilanz.....	4
B.1.2	Lebenswegmodule.....	4
B.1.3	Datensätze.....	5
B.2	Bewertung und Vergleichbarkeit von Ökobilanzen.....	5
B.2.1	Nationale Bewertungs- und Zertifizierungssysteme.....	5
B.3	Bewertung und Vergleichbarkeit International.....	7
B.3.1	Internationale Zertifizierungssysteme.....	7
B.4	Zwischenfazit und resultierende Fragestellung.....	8
<b>C</b>	<b>STAND DER WISSENSCHAFT</b>	<b>9</b>
C.1	Quellenrecherche Einfluss Lebenswegmodule.....	9
C.1.1	How Feasible Is Their Adoption?.....	9
C.1.2	Model for Life Cycle Assessment (LCA) of buildings.....	10
C.1.3	A Case Study Analysis (2022).....	12
C.1.4	Whole Life Carbon Assessment of 60 buildings.....	12
C.1.5	Treibhausgasbilanzierung von Holzgebäuden.....	12
C.2	Ergebnis.....	12
<b>D</b>	<b>ÖKOBILANZ ZILLESTRABE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER RECHERCHEERGEBNISSE</b>	<b>14</b>
D.1	Ansätze für fehlende Lebenswegmodule.....	14
D.1.1	Datenanalyse Ökobilanz Zillestraße.....	14
D.1.2	Bilanzierungsgrenze.....	14
D.1.3	Ansätze für Lebenswegmodule Zillestraße.....	14
D.2	Aktualisierung der Berechnung.....	17
D.2.1	Ökobilanz Konstruktion: Vergleich - Einbezug fehlender Lebenswegmodule.....	18
D.2.2	Ökobilanz Konstruktion und Betrieb.....	19
D.2.3	Ökobilanz Konstruktion und Betrieb (Verbesserung Strom-Mix).....	20
D.2.4	Ökobilanz Konstruktion und Betrieb (Bezug Ökostrom).....	21

---

E Fazit	22
QUELLEN	23
ANHANG	23

---

# A FRAGESTELLUNG

## A.1 Anlass und Ziel der Untersuchung

Am Zillecampus in Berlin entsteht ein neues Gebäudeensemble. Ein Teil der dabei erhaltenen Bestandsbebauung wird von einer Aufstockung ergänzt, zudem erweitern Neubauten das Quartier. Hierfür wurde im Bericht „Vergleichende Ökobilanz“ vom 22.08.2022 eine vertiefende ökologische Untersuchung der Treibhausgasemissionen der Konstruktion und des Betriebes der Gebäude erfasst. Ziel ist, die ökologischen Auswirkungen der aktuellen Gebäudeplanung (Bestandserhalt und Neubauten) einer kompletten neuen Bebauung des Quartiers gegenüberzustellen. Die Bilanzierung erfolgte anhand der Lebenswegmodule A1–A3, B4, B6, C3–C4 und D nach DIN EN 15804.

**In diesem Bericht soll der Einfluss der nicht betrachteten Lebenswegmodule recherchiert und erfasst werden. Anschließend wird die Ökobilanzierung anhand der Rechercheergebnisse ergänzt werden. So kann eine Vollständigkeit und internationale Vergleichbarkeit gewährleistet werden.**

Es werden folgende Fragen beantwortet:

- Inwieweit sind ökobilanzielle Ergebnisse vergleichbar? Was muss zur Vergleichbarkeit gegeben sein?
- Welche Lebenswegmodule haben hohen Anteil am Gesamtergebnis? Wie groß ist der Einfluss der nicht betrachteten Lebenswegmodule?
- Wie sind die ökobilanziellen Ergebnisse der Zillestraße, wenn alle (verfügbaren) Lebenswegmodule miteinberechnet werden? Welche Werte können für die nicht betrachteten Lebenswegmodule angesetzt werden?



Abbildung 1 Visualisierung Zillestraße, Partner und Partner Architekten

## B BILANZIERUNG ÖKOBILANZ

### B.1 Grundlagen Ökobilanz

#### B.1.1 Methodik und Normung Ökobilanz

Mit der Ökobilanz können die ökologischen Auswirkungen einer Dienstleistung, eines Produktes oder eines Gebäudes erfasst und bewertet werden. Die Methodik der Ökobilanz erfolgt in Deutschland üblicherweise nach den Normen DIN EN ISO 14040 und 14044, die Berechnungsmethode für die Gebäudeökobilanz anhand der DIN EN 15978. Bei einer Ökobilanz werden sämtliche Umweltwirkungen und Ressourceneinsätze betrachtet. In diesem Bericht wird explizit das Treibhauspotenzial genauer untersucht. Dieser hat einen deutlichen Einfluss auf den Klimawandel und ist von aktueller Relevanz.

- Umweltwirkung: Das **Treibhauspotenzial** (Global Warming Potential, GWP; in Bezug auf die Baustoffe auch „**Graue Emissionen**“) bezeichnet die Summe der ausgestoßenen Treibhausgase, die den Klimawandel weiter beschleunigen. Die Angabe erfolgt als „CO<sub>2</sub>-Äquivalente“ (CO<sub>2</sub>e).

#### B.1.2 Lebenswegmodule

Die Lebenswegmodule der DIN EN 15804 sind Grundlage für ökobilanzielle Berechnungen. Im Rahmen dieser Recherche werden insbesondere die Lebenswegmodule nach DIN EN 15804 untersucht. Die Norm formuliert Produktkategorieregeln für Umweltdeklarationen für Bauprodukte und -leistungen.

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

Abbildung 2 Lebenswegmodule nach DIN EN 15804

Die Norm DIN EN 15804+A1 wurde Anfang 2020 von der Norm DIN EN 15804+A2 abgelöst. Die Berechnungsmethode und Wirkkategorien der Normen sind unterschiedlich, weshalb diese nicht gemeinsam verwendet werden dürfen. Derzeit stehen in Deutschland für Zertifizierungen und in den Software-Tools beide Normen zur Verfügung. Eine Umstellung der Tools auf die Norm DIN EN 15804+A2 erfolgt schrittweise.

### B.1.3 Datensätze

#### B.1.3.1 Datentyp

In Datensätzen können die ökologischen Auswirkungen von Materialien und Prozessen eingesehen werden. Dabei werden sämtliche umweltrelevante Parameter für verschiedene Lebenswegmodule aufgezeigt. Es existieren verschiedene Datensatztypen:

- **Generische Datensätze:** Diese stellen einen vereinfachten Standard-Datensatz für Baustoffe dar und werden auf Grundlage von Literatur und Statistiken erstellt. Die Daten sind qualitätsgeprüft, jedoch nicht verifiziert, je nach Datengrundlage sind konservative Sicherheitsaufschläge von 10-30% hinterlegt. Zum einen, weil die Datengrundlage nicht konsistent ist aber auch um Anreize bei Herstellern zu schaffen und die Generierung sowie Verwendung von Umweltproduktdeklarationen (EPDs) zu fördern.
- **Umweltproduktdeklarationen (EPDs):** EPDs basieren auf Herstellungsdaten eines Unternehmens oder auch Verbandes und sind verifiziert sowie qualitätsgesichert. Die Datensätze werden oft beim Unternehmen oder der Ökobaudat veröffentlicht. Dabei gibt es folgende Unterscheidungen:
  - Spezifischer Datensatz: Hersteller- bzw. Unternehmensspezifische Daten für ein konkretes Produkt eines Werkes
  - Durchschnittsdatsatz: Durchschnittliche Daten von verschiedenen Firmen, Werken, Verbänden oder Produkte
  - Muster EPD Datensatz: Unspezifische Datensätze auf Basis von Muster Deklarationen (Datennutzung eines Produktes mit ähnlicher Materialzusammensetzung als Wort-Case-Ansatz)
- **Repräsentative Datensätze:** Dabei handelt es sich um Daten, die eine Region oder Land repräsentieren (z.B. Durchschnitt DE). Die Daten sind nicht verifiziert, jedoch extern qualitätsgeprüft.

Folglich können die Ergebnisse der Ökobilanz für das gleiche Bauprodukt – je nach Datensatz – sehr unterschiedlich sein. Wenn möglich sollte eine EPD des tatsächlich eingebauten Produktes zur Bilanzierung herangezogen werden. Dies ist jedoch in frühen Leistungsphasen nicht möglich, da hier die Produkte noch nicht feststehen. Zudem sind EPDs aktuell noch nicht für alle Produkte verfügbar, was dazu führt, dass andere Datensätze genutzt werden.

#### B.1.3.2 Datensatz-Plattform

Die online Plattform „Ökobaudat“ ([www.oekobaudat.de](http://www.oekobaudat.de)) des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) stellt Daten für die Ökobilanzierung von Bauwerken und Bauprodukten der Öffentlichkeit zur Verfügung. Alle Daten werden vor Aufnahme geprüft, sind normkonform (DIN EN 15804), unterliegen Qualitätskontrollen und können für die Lebenszyklusanalyse von Gebäuden genutzt werden.

## B.2 Bewertung und Vergleichbarkeit von Ökobilanzen

### B.2.1 Nationale Bewertungs- und Zertifizierungssysteme

Die Ökobilanz ist essenzieller Bestandteil in den deutschen Bewertungs- und Zertifizierungssystemen.

**DGNB:** Die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen – DGNB e. V wurde 2007 in Deutschland gegründet und vergibt das Gütesiegel Nachhaltiges Bauen in verschiedenen Qualitätsstufen. Die Entwicklung und Weiterentwicklung von Zertifizierungssystemen für private Bauvorhaben ist zentraler Bestandteil des Vereins. Es existieren viele Nutzungsprofile und Versionen für verschiedene Gebäudetypologien und Anwendungsfälle. Derweil hat die DGNB sich auch international etabliert.

**BNB:** Das Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen wurde vom BBSR (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung) in Kooperation mit der DGNB entwickelt. Das System ist für verschiedene Gebäudetypologien anwendbar

und eine Zertifizierung erfolgt durch Konformitätsprüfstellen. Im Gegensatz zur DGNB adressiert das Bewertungssystem öffentliche Bauvorhaben. Ausgewählte Bauvorhaben der öffentlichen Hand müssen Mindestanforderungen des Bewertungssystems erfüllen.

**QNG:** Das Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) formuliert Nachhaltigkeitsanforderungen an Gebäude und stellt aktuell eine Grundlage zur Vergabe von Fördermitteln dar. Grundanforderungen des Siegels bildet der Nachweis über die Erfüllung von allgemeinen und besonderen Anforderungen. Im Rahmen des BEG-Programms (Bundesförderung für effiziente Gebäude) sind Förderungen für Baumaßnahmen an die QNG-Anforderungen geknüpft.

**B.2.1.1** Bilanzierungsgrenze und Datengrundlage

Folgen werden die betrachteten Lebenswegmodule nach DIN EN 15804 der aktuellen Bewertungs- und Zertifizierungssysteme für Neubauten aufgezeigt:

	A1-3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	C1	C2	C3	C4	D
DGNB	x						x		x			x	x	(x)
BNB	x						x		x			x	x	
QNG	x						x		x			x	x	

x aktuelle Bilanzierung  
 (x) wurde bisher bilanziert

Abbildung 3 Bilanzierungsgrenze Nationale Zertifizierungs- und Bewertungssysteme

Bislang wurden in den Zertifizierungssystemen unterschiedliche Module einbezogen. Mit der Entwicklung und Veröffentlichung des QNG-Systems als Anforderungen für nationale Förderungen hat die DGNB in der aktuellen Version 2023 die Bilanzgrenze angepasst. Die Ökobilanz der Version 2023 orientiert sich damit erstmals an der Bilanzierungsmethodik nach QNG und das Modul D wird nicht mehr betrachtet. Damit ist ein erster Schritt zur Vereinheitlichung der Gebäudeökobilanzen in Deutschland getan.

Details zur Bilanzierungsmethode, wie Detailtiefe der zu betrachteten Bauteile sowie die Abschneide-Kriterien werden in den zugehörigen Zertifizierungs-Steckbriefen definiert. Es existiert jedoch an wenigen Stellen unzureichende Informationen, sodass es nicht auszuschließen ist, dass auch hieraus – je nach Bearbeitung – unterschiedliche Ergebnisse resultieren.

Die Wahl des Datensatztyps hat Auswirkungen auf das Ergebnis (vgl. Kapitel Datentyp). Werden Baustoffe mit generischen Daten abgebildet, sind aufgrund von Sicherheitszuschläge höhere Umweltwirkungen zu erwarten als bei der Nutzung von spezifischen Herstellungsdaten. Dies ist jedoch in frühen Planungsphasen nicht möglich, da das konkrete Produkt oft noch nicht feststeht. Zudem stehen nicht für alle Baustoffe Datensätze bzw. verschiedene Datentypen zur Verfügung.

## B.3 Bewertung und Vergleichbarkeit International

### B.3.1 Internationale Zertifizierungssysteme

Die ökobilanziellen Ergebnisse aus unterschiedlichen Zertifizierungssystemen und Ländern sind nur bedingt vergleichbar. Um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten, muss die gleiche Bilanzgrenze und Datengrundlage gegeben sein.

Je nach Zertifizierungssystem werden verschiedene Lebenswegmodule abgebildet und der Betrachtungszeitraum variiert, was verschiedene Ergebnisse zur Folge hat. Die Ramboll-Studie „Comparing differences in building life cycle assessment methodologies“ [1] hat die betrachteten Module in verschiedenen Ländern aufgezeigt:

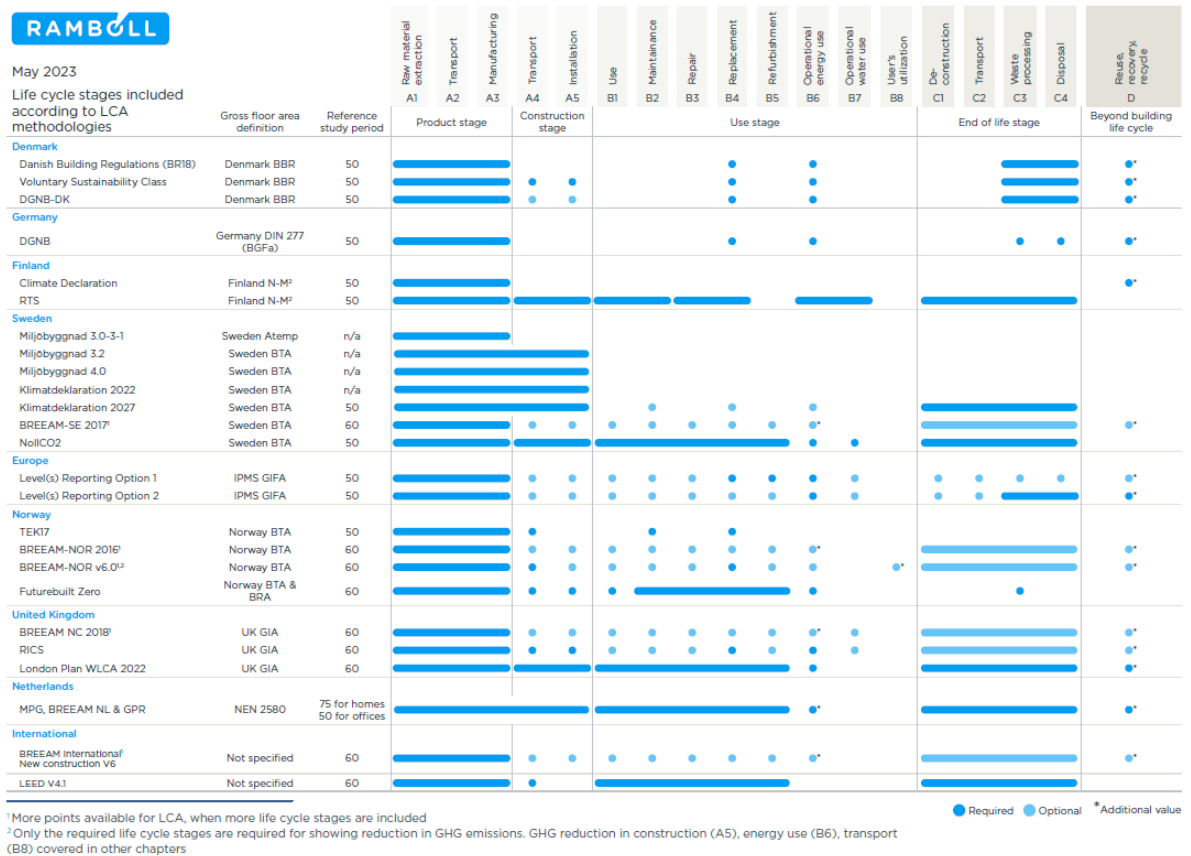


Abbildung 4 Vergleich Bilanzierungsgrenzen von Ökobilanzen; Ramboll-Studie "Comparing differences in building life cycle assessment methodologies"; S. 7 [1]

Die der Bilanzgrenzen der betrachteten Lebenswegmodule weisen im internationalen Vergleich große Unterschiede auf. Während beispielsweise in den Niederlanden (MPG, BREEAM NL & GPR) alle Lebenswegmodule bis auf B7 und B8 betrachtet werden, bewertet das System „Miljöbyggnad 3.0-3.1“ in Schweden nur die Herstellungsmodule. Der Bilanzierungszeitraum weist mit 50 bis 75 Jahre im internationalen Vergleich Unterschiede auf. In einigen Systemen ist die Abbildung einiger Module nicht verpflichtend und als „optional“ gekennzeichnet.

Darüber hinaus gibt es weitere Unterschiede, welche die Bauteile (u.a. Gründung, interne Oberflächen), die Detailtiefe oder Gebäudeflächenberechnung betreffen. Zudem ist die Verfügbarkeit und Wahl des Datensatzes bzw. des Daten-



satztyps ausschlaggebend für die Ergebnisse. Aufgrund von länderspezifischen Berechnungsmethoden ist die Betriebsenergie nicht international vergleichbar. In der Studie wird erwähnt, dass es die Berechnungsmethoden und Emissionsfaktoren der Länder variieren und der Energiebedarf der Gebäude von den klimatischen Bedingungen abhängt.

## B.4 Zwischenfazit und resultierende Fragestellung

Ökobilanzergebnisse sind nur innerhalb eines Systems, nicht jedoch systemübergreifend vergleichbar. Selbst innerhalb eines Systems bestimmt die Wahl der Datensätze über die Ergebnisse.

Ein Vergleich der Ergebnisse kann nur erfolgen, wenn die Datengrundlage bekannt ist sowie die gleiche Bilanzgrenze und Berechnungsmethode genutzt wird. Eine international einheitliche Regelung und Harmonisierung der Berechnungsparameter sind notwendig, um die Ergebnisse vergleichbar zu machen.

Ein Ansatz hierzu bietet „Level(s)“ – das System der Europäischen Kommission bewertet die Nachhaltigkeit von Gebäuden und soll einen gemeinsamen Rahmen zur Bewertung von Ökobilanzen schaffen. Hier werden alle Lebenswegmodule bis auf B8 bilanziert, wobei einige der Module optional abgebildet werden können (vgl. Abb. 4).

Weiterhin schafft die EU-Gebäuderichtlinie (EPBD – *Energy performance of buildings directive*) eine einheitliche Berechnungsmethodik zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden in der Europäischen Union. Somit sind bereits erste Schritte zur Vereinheitlichung getätigt. Dennoch ist eine Harmonisierung aller Berechnungsparameter international anspruchsvoll und eine potenzielle Umsetzung in die Praxis wird Zeit benötigen [1].

Hinsichtlich der Unterschiede zwischen den Bilanzierungsmethoden stellt sich die Frage, wie groß der nominale Unterschied der Bilanzierungsergebnisse ist und wie die in der Bilanz nach BNB / DGNB fehlenden Lebenswegmodule trotz fehlender Datenbasis der Ökobaudat berücksichtigt werden können.

## C STAND DER WISSENSCHAFT

### C.1 Quellenrecherche Einfluss Lebenswegmodule

Es wurde eine detaillierte Recherche wissenschaftlicher Arbeiten durchgeführt, um die oben genannten Fragen beantworten zu können. Folgend werden die ausschlaggebenden Paper zusammengefasst:

#### C.1.1 How Feasible Is Their Adoption?

Del Rosario et al untersuchen in dem Artikel *“Environmental Product Declarations as Data Source for the Environmental Assessment of Buildings in the Context of Level(s) and DGNB: How Feasible Is Their Adoption?”* [2] die Anwendbarkeit von Umweltproduktdeklarationen (EPDs) als Datenquelle für die Gebäudeökobilanzierung. Es werden zwei Bewertungssysteme gegenübergestellt: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) und die Pilotversion des deutschen Rahmenwerks „Level(s)“. Die Studie macht die Unterschiede von EPDs und generischen Daten deutlich und zeigt Datenlücken auf, die für eine vollständige Ökobilanz unabdingbar sind. Die Untersuchung erfolgt anhand eines Bürogebäudes in Norditalien.

In allen untersuchten EPDs ist die Produktionsphase (A1–A3) abgebildet, die Lebenswegmodule A4–A5, C2–C4 und D erscheinen in 62% der Daten und die Nutzungsphasen sowie das Lebenswegmodul C1 sind in ca. 30% der EPDs enthalten. Ein Vergleich zwischen den Transportemissionen (Lebenswegmodul A4 und C2) der EPDs und einem „Design Scenario“ (Grundlage: Angaben der Planenden) zeigt, dass die Daten der EPDs konservativ angesetzt sind.



Abbildung 5 Unterschiede der Treibhausgasemissionen anhand verschiedener Szenarien der Transporte vom Werk auf die Baustelle

Die Treibhausgasemissionen der Transporte sind unter Anwendung der EPDs höher (doppelt so hoch) als unter Anwendung der Angaben der Planenden. Die Studie zeigt die Verteilung der Umweltauswirkungen entlang des Lebenszyklus bei DGNB und Level(s) auf (vgl. Abb. 6). Unterschiede in der Berechnung beider Systeme sind der Bilanzierungszeitraum (50 Jahre bei DGNB, 60 Jahre bei Level(s)), die DGNB berücksichtigt einen Sicherheitszuschlag (20% für vereinfachte Bilanzierung) und die betrachteten Lebenszyklusmodule (im Vergleich zur DGNB berücksichtigt Level(s) zusätzlich die Module A4–A5 und C2).

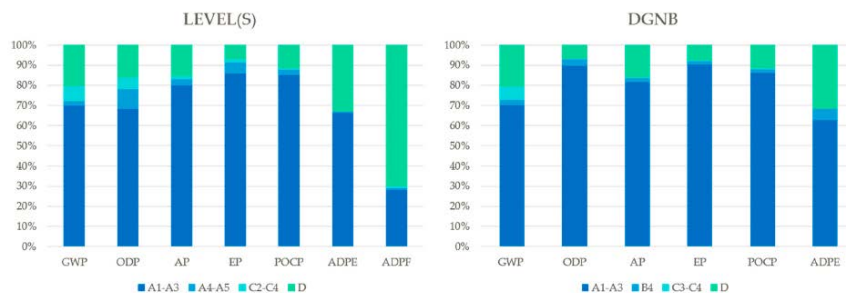


Abbildung 6 Verteilung der Umweltauswirkungen der Lebenswegmodule von Level(s) und DGNB

Dabei wird deutlich, dass in beiden Systemen die Produktionsphase (A1–A3) den größten Einfluss am Gesamtlebenszyklus aufweist. Bei Betrachtung des GWP (Global Warming Potential; Treibhausgasemissionen) der Level(s)-Bewertung zeigt sich, dass der Einfluss von den Modulen A4–A5 mit weniger als 3% sehr gering ist.

### C.1.2 Model for Life Cycle Assessment (LCA) of buildings

Der Bericht „*Model for Life Cycle Assessment (LCA) of buildings*“ im Rahmen des Projektes „EFIResources: Resource Efficient Construction towards Sustainable Design“ [3] befasst sich mit der Entwicklung eines Modells und Benchmarks für die Gebäudeökobilanz (Lifecycle assessment; LCA) und deren Implementierung in ein Softwaretool. Der technische Bericht des Joint Research Centers (JRC) der europäischen Kommission soll durch die wissenschaftlichen Erkenntnisse politische Entscheidungen auf europäischer Ebene unterstützen. Dabei werden die Lebenswegmodule analysiert und der Einfluss am Gesamtlebenszyklus herausgearbeitet.

Im Rahmen der Analyse wird aufgezeigt, dass die Informationen zum Lebenswegmodul A4 (Transport vom Produktionsstandort zur Baustelle) auf Schätzungen und Szenarien beruhen können. Es ist auch möglich die Transportwege der einzelnen Materialien nachzuvollziehen und entsprechend abzubilden. Falls Daten für das Modul A5 (Einsatz von Geräten und Maschinen zur Errichtung des Gebäudes) nicht vorhanden sind, können diese ebenfalls abgeschätzt werden. Derzeit gibt es kaum Studien zu dieser Lebenszyklusphase, sodass es schwierig ist Werte dafür zu quantifizieren. Eine Veröffentlichung beziffert den Strombedarf für Erstellung von Einfamilienhäusern auf 0,5–3 kWh/GFA, Mehrfamilienhäuser auf 5–20 kWh/GFA und Nichtwohngebäude auf 20–80 kWh/GFA [4], was als grobe Annahme genutzt werden kann. Eine weitere Studie weist ähnliche Werte für Einfamilienhäuser 1–5 kWh/GFA auf und für Mehrfamilienhäuser 1,1–18,2 kWh/GFA aus [5]. Die Bezugsfläche GFA (gross floor area) ist die internationale Bezeichnung entspricht der Bruttogrundfläche (BGF).

Die Module B1–B5 enthalten Daten, die für die Nutzung (Wartung, Sanierung, Reparatur) relevant sind. Sollten bei der Gebäudeerstellung Aspekte beachtet worden sein, die Auswirkungen auf die Nutzung haben (z.B. Anpassungsfähigkeit), sollte das in den Modulen Beachtung finden. Die Studie vernachlässigt die Lebenswegmodule B1–B5 in der Berechnung. Es wird beschrieben, dass davon ausgegangen wird, dass die Beton-Tragstruktur keine Instandhaltung und Reparaturen bedarf. Bei Beton kann während der Nutzungsphase Karbonatisierung einsetzen, diese findet jedoch lediglich an exponierten, unbeschichteten Oberflächen statt. Trotzdem kann es dadurch zu unerwünschten Effekten, wie Korrosion kommen, sodass wiederum entsprechende Instandhaltung und Reparaturen berücksichtigt werden müssen. Die End-of-life-Phase beinhaltet u.a. die Lebenswegmodule C1 und C2. Derzeit gibt es wenig Informationen über das Modul C1, welches den Rückbau/Abriss des Gebäudes inklusiver aller Geräte und Maschinen abbildet. Falls keine Informationen für diese Phase vorliegen, zeigt eine Studien Annäherungswerte auf, die je nach Tragwerk/Material angesetzt werden können [6].

	Frame to be recycled (in MJ/kg)	Frame to be reuse (in MJ/kg)
Steel frame	0,239	0,432
Concrete frame	0,070	0,061
Wood frame	0,323	0,176

Abbildung 7 Energieverbrauch (MJ/kg) für den Rückbau/Abriss unterschiedlicher Tragwerke

Der höhere Energieaufwand für Stahl ist durch das schwere Gewicht und die längere Dauer begründet. Im Gegensatz dazu sind die Prozesse für Tragwerke aus Beton schneller und erfordern weniger Zeit.

Die Transportentfernungen für Modul C2 können erfasst oder abgeschätzt werden oder auf durchschnittlichen Transportentfernungen basieren.

Anhand der Analyse wird eine Ökobilanz für ein Bürogebäude (Tragwerk Beton) erstellt und alle Lebenswegmodule bis auf B1-B5 miteinberechnet.

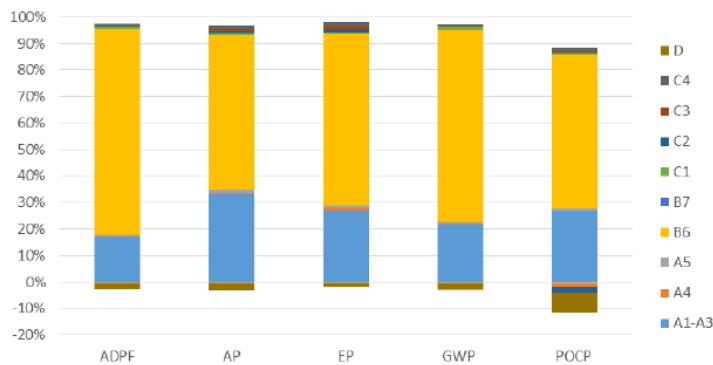


Abbildung 8 Einfluss Lebenswegmodule

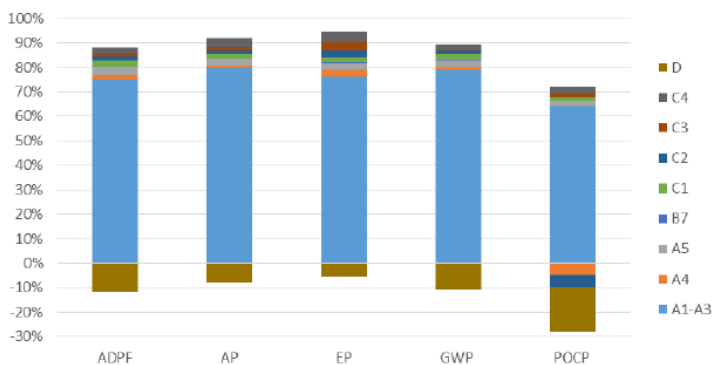


Abbildung 9 Einfluss Lebenswegmodule (ohne B6)

Das Ergebnis zeigt, dass das Lebenswegmodul B6 in dem Modell den größten Einfluss am Gebäudelebenszyklus hat. Die Bilanzierung ohne Modul B6 zeigt die Bedeutung der Lebenswegmodule A1-A3 auf, diese machen ca. 80% des Global Warming Potential aus.

### C.1.3 A Case Study Analysis (2022)

In dem Artikel *“How Transport Modelling affects the building Life Cycle Assessment (LCA) results: A Case Study Analysis (2022)”* [7] untersuchen Soust-Verdaguer et al verschiedene Modellierungsansätze für Transportmodule in der Gebäudeökobilanz. Etablierte Ansätze Transporte zu beziffern, erfolgen beispielsweise anhand von durchschnittlichen Entfernungen, GIS-basierte Methoden oder die Entfernungen werden bereits erhobene Daten übernommen (z.B. aus EPDs). Dabei wird deutlich, dass die Abweichung zwischen realen Transportdaten und Standardszenarios bis zu 30% betragen können. Die Studien schlägt vor Standardszenarien für die Transportentfernungen besser zu definieren und anzupassen, um realistische Ergebnisse zu erzielen.

### C.1.4 Whole Life Carbon Assessment of 60 buildings

In der Studie *„Whole Life Carbon Assessment of 60 buildings – Possibilities to develop benchmark values for LCA of buildings“* [8] der Aalborg Universität werden 60 Gebäude unterschiedlicher Nutzungen ökobilanziert, mit dem Ziel Benchmarks zu entwickeln. Dabei werden die Lebenswegmodul A1-A3, B4, B6, C3 und C4 abgebildet. Der Grund ist gemäß Studie, dass es sich dabei um die relevantesten Phasen des Lebenszyklus handelt und es an Erfahrung- und Praxiswerte, der nicht erfassten Module fehlt. Zudem werden die bilanzierten Module auch in der vereinfachten Ökobilanz im Level(s)-System betrachtet. Die Studie sagt nichts über den Anteil der fehlenden Lebenswegmodule aus, bestätigt jedoch den Ansatz, dass es sich bei den gewählten Modulen um die relevantesten handelt und es sich dabei um eine sinnvolle Herangehensweise handelt. Weiterhin weist die Studie darauf hin, dass mit mehr zu Verfügung stehenden Daten die übrigen Lebenswegmodule ergänzt werden sollten.

### C.1.5 Treibhausgasbilanzierung von Holzgebäuden

Das Forschungsprojekt *„Treibhausgasbilanzierung von Holzgebäuden – Umsetzung neuer Anforderungen an Ökobilanzen und Ermittlung empirischer Substitutionsfaktoren“* [9] setzt sich mit dem Einfluss von Holz bei der Gebäudeerstellung auseinander und vergleicht die Ökobilanz von Holzgebäuden mit mineralischen Gebäuden. In der Berechnung werden die Lebenswegmodule A1-A3, B2, B4, C3-C4 und D. Laut Autoren wird der Transport zur Baustelle (Modul A4) nicht abgebildet, da der Einfluss auf den Gesamt-Lebenszyklus der Treibhausgasemissionen sehr gering ist: Laut Studie wird dieser bei einem Einfamilienhaus aus Massivholz mit 0,8% (Summe Modul A4: 442 kgCO<sub>2</sub>e) bzw. aus Porenbeton mit 1,1% (Summe Modul A4: 848 kgCO<sub>2</sub>e) beziffert. Die Transportentfernungen für Massivholz wurde dabei mit 300km, für Betonsteine mit 100km berechnet. Weitere Baustoffe (u.a. Bodenaufbauten, Fenster, Dämmung) gehen mit 40–50km in die Bilanz mit ein. Alle Materialien werden per LKW transportiert. Die in Studie bilanzierten Transportwege (Werk zur Baustelle) von mineralischen Baustoffen sind kürzer als die von Holz. Dagegen sind Holz- und Holzwerkstoffe meist leichter, wodurch Transportemissionen pro Einheit geringer ausfallen.

## C.2 Ergebnis

Es wird deutlich, dass die Betriebsenergie (Lebenswegmodul B6) sowie die Herstellung der Materialien einen hohen Anteil an den Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus ausmachen.

In der Studie *„Model for Life Cycle Assessment (LCA) of buildings“* belaufen sich die Anteile der Module A1-A3 und B6 auf bis zu 95% der Gesamtemissionen im Lebenszyklus (3). Folglich sind insbesondere diese Lebenswegmodule die relevanten Module für die Berechnung der Ökobilanz. Die Studie bezieht sich dabei auf ausgewählte Bürogebäude mit einem hohen Anteil mineralischer Baustoffe. Es ist zu erwarten, dass bei Bilanzierung eines Holzgebäudes die End of life Module aufgrund der thermischen Verbrennung am Lebensende auch einen hohen Anteil im Lebenszyklus ausmachen.

Die Transporte sowie die Erstellung und der Rückbau/Abriss der Gebäude haben in den Studien einen vergleichsweise geringen Einfluss. Die Lebenswegmodule während der Nutzung (B1-B3 und B5) werden in den Studien nicht betrachtet, hier gibt es nur wenige und lückenhafte Daten.

Die Quellen zeigen Studien und Ansätze aus verschiedenen europäischen Ländern mit unterschiedlichen Materialien und Bilanzgrenzen. Somit ist keine komplette Vergleichbarkeit gewährleistet und die Ergebnisse sind nicht unveränderlich auf andere Bauvorhaben übertragbar. Dennoch können die Gesamterkenntnisse zum Einfluss der Lebenswegmodule als Näherungswerte genutzt werden. Zudem können Teilergebnisse der Studien je nach Anwendungsfall nach Plausibilitätsprüfung auf andere Bauprojekte angewendet werden.

## D ÖKOBILANZ ZILLESTRABE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER RECHERCHEERGEBNISSE

### D.1 Ansätze für fehlende Lebenswegmodule

Die „Vergleichende Ökobilanz“ der Zillestraße von 2022 (siehe Anhang 1) soll möglichst realitätsnah fortgeführt und die bislang nicht betrachteten Lebenswegmodule bestmöglich abgebildet werden.

#### D.1.1 Datenanalyse Ökobilanz Zillestraße

Die Berechnung der vergleichenden Ökobilanz von 2022 basiert auf Daten der Ökobaudat. Folgend werden die Datensätze der neu eingebrachten Baustoffe genauer analysiert, um die Ergebnisse besser analysieren zu können und hohe Einflussfaktoren und Stellschrauben zu identifizieren.

##### D.1.1.1 Datentyp

Dabei werden folgende Datensatztypen genutzt:

- Generische Datensätze: 400
- Durchschnitt Datensätze: 34
- Repräsentative Datensätze: 73
- Spezifische Datensätze: 13

In der Bilanz werden insbesondere Generische Datensätze genutzt. Der Anteil der anderen Datentypen ist mit weniger als 20% sehr gering. Die spezifischen Datensätze machen dabei den geringsten Anteil aus. Zum Zeitpunkt der Bilanzierung standen die Produkte noch nicht final fest, sodass kaum spezifische Daten genutzt werden konnten. Aufgrund des Sicherheitszuschlages (ca.10-30%) in den generischen Daten stellt die Gesamtbilanz folglich ein konservatives Ergebnis dar. Bei Nutzung spezifische Daten sind geringe Umweltwirkungen im Lebenszyklus zu erwarten.

#### D.1.2 Bilanzierungsgrenze

Die Bilanzierungsgrenze zeigt die betrachteten Lebenswegmodule der Berechnung im Bericht „Vergleichende Ökobilanz“ von 2022 (siehe Anhang 1) und der aktuellen Fortschreibung auf:

	A1-3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Bericht 2022	x						x		x				x	x	x
Fortschreibung 2023	x	x	x	(x)	(x)	(x)	x	(x)	x	x	x	x	x	x	x

x Bilanzierung

(x) Bilanzierung ausgewählter Baustoffe

Abbildung 10 Bilanzierungsgrenze

#### D.1.3 Ansätze für Lebenswegmodule Zillestraße

Die Werte für die Werte A1-3, B4, B6, C3-C4 sowie D bleiben bestehen (siehe Anhang 1). Für die fehlenden Lebenswegmodule werden Standardwerte gem. Stand der Forschung angesetzt sowie vereinfachte Annahmen getroffen.

LEBENSWEG-MODUL	ANNAHMEN BILANZIERUNG
A1-A3	<i>Keine Änderungen gg. Bericht 2022: Materialspezifische Daten Ökobaudat gem. Bauteilkatalog</i>
A4	Abschätzung Transportentfernung (Herstellung – Baustelle); Bilanzierungswerte gem. Ökobaudat
A5	Literaturwerte Gebäudeerstellung
B1-3, B5*	Vereinfachte Annahme ausgesuchter Baustoffe gem. Ökobaudat
B4	<i>Keine Änderungen gg. Bericht 2022: Standardnutzungsdauer gem. BBSR</i>
B6	<i>Keine Änderungen gg. Bericht 2022: Energiebedarf gem. GEG-Berechnung</i>
B7	Ansatz gemäß nachhaltigesbauen.de pro Person und Tag; Bilanzierungswerte gem. Ökobaudat
C1	Literaturwerte Gebäuderückbau
C2	Abschätzung Transportentfernung (Baustelle – Aufbereitung/Entsorgung); Werte gem. Ökobaudat
C3	<i>Keine Änderungen gg. Bericht 2022: Materialspezifische Daten Ökobaudat gem. Bauteilkatalog</i>
C4	<i>Keine Änderungen gg. Bericht 2022: Materialspezifische Daten Ökobaudat gem. Bauteilkatalog</i>
D	<i>Keine Änderungen gg. Bericht 2022: Materialspezifische Daten Ökobaudat gem. Bauteilkatalog</i>

Abbildung 11 Datengrundlagen für die Bilanzierung

Lebenswegmodule A1-A3: Die Bilanzierung erfolgt gem. Bericht 2022 „Ökobilanzieller Vergleich“ Zillestraße (siehe Anhang 1). Der Bauteilkatalog und die materialspezifischen Daten der Ökobaudat werden zugrunde gelegt. Besonderheiten bei der Bilanzierung stellt der Beton dar, der abweichend von Standardwerten verminderte CO<sub>2e</sub>-Emissionen aufweisen kann.

Lebenswegmodul A4: Die realen Transportentfernungen<sup>1</sup> werden für die relevanten Bauteilmassen ermittelt: Holz (ca. 55km aus Werk in Marienwerder; Brandenburg), Stahlprofile (ca. 55km von Händler in Brandenburg); Beton (ca. 25km aus Betonwerk Nähe Berlin). Für alle weiteren Baustoffe wird eine konservative Abschätzung von 100km gewählt. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass der Großteil der Materialien in Berlin und Brandenburg hergestellt wird. Die Transporte werden mit 0,1067 kgCO<sub>2e</sub>/tkm (Transport LKW siehe Ökobaudat) bilanziert und beziehen sich somit sowohl auf die Entfernung als auch das Gewicht der Baustoffe.

Lebenswegmodul A5: Für die Berechnung der Treibhausgasemissionen der Gebäudeerstellung werden Literaturwerte herangezogen. Dabei wird von einem Strombedarf von 20-80kWh/GFA ausgegangen [4]. Entsprechend kommt ein gemittelter Wert von 50kWh/GFA zum Ansatz und die Gebäudefläche (BGF exklusive Fläche Bestandserhalt) wird zugrunde gelegt.

Lebenswegmodule B1, B2, B3 und B5: Oft sind diese Module in den Datensätzen der Ökobaudat nicht deklariert und zudem sind in der Literatur kaum Werte dafür zu finden. Zudem gibt es Materialien, von denen keine nutzungsspezifischen Emissionen zu erwarten sind, diese sind entsprechend mit „0“ beziffert. Es ist zu vermuten, dass diese Module für die oberflächennahen Bauteile aufgrund von äußeren Einflüssen (z.B. Abnutzung durch Personen, Klima und Wetterereignisse) relevanter sind als beispielsweise für Baustoffe, die durch andere Bauteile geschützt werden. Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass die nutzungsspezifischen Emissionen einen geringen Anteil am Gesamtergebnis im Lebenszyklus aufweisen. Aufgrund der Datenlücken in der Ökobaudat und geringen Informationen in der Literatur, werden in dieser Studie lediglich die nutzungsspezifischen Emissionen für Beton bilanziert. Diese liegen vor – für alle weiteren relevanten Baustoffe fehlt die Datengrundlage. Die Daten für Beton weisen eine Karbonatisierung während der Nutzungsphase auf (siehe Ökobaudat). Bezüglich etwaiger Reparaturen, Instandhaltungs- oder Erneuerungsemissionen konnten keine plausiblen pauschalisierten Ansätze recherchiert werden, so dass diese nicht angesetzt werden. Der Austausch von Bauteilen am Ende der jeweiligen Lebensdauer wurde bilanziert.

<sup>1</sup> Bilanziert wird nur der Transport vom Werk zur Baustelle, der Transport für die Rohstoffe zum Werk wird in A2 berücksichtigt.



Lebenswegmodul B4: Die Bilanzierung erfolgt gem. Bericht 2022 „Ökobilanzieller Vergleich“ Zillestraße (siehe Anhang 1). Die Standardnutzungsdauern gem. BBSR (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung) werden angesetzt

Lebenswegmodul B6: Die Bilanzierung erfolgt gem. Bericht 2022 „Ökobilanzieller Vergleich“ Zillestraße (siehe Anhang 1). Die Daten der Energiebedarfsberechnung gem. GEG werden zugrunde gelegt.

Lebenswegmodul B7: Die Bilanzierung erfolgt gem. [www.nachhaltigesbauen.de](http://www.nachhaltigesbauen.de) (BNB-System) pauschalisiert mit dem Mittelwert 25 Liter pro Person und Tag, 750 Personen, 251 Arbeitstage mit dem Ökobaudat-Datensatz.

Lebenswegmodul C1: Für den Gebäuderückbau bzw. Abriss werden folgende Energiebedarfe für die Materialfraktionen angenommen: Abriss Beton zum Recycling (0,07MJ/kg), Rückbau Holz zur Wiederverwendung (0,176MJ/kg) und Abriss sonstige Baustoffe (0,07MJ/kg) [6]. Die Berechnung der Treibhausgasemissionen beziehen sich auf den Energieeinsatz von Dieselkraftstoff.

Lebenswegmodul C2: Die Transportentfernungen von der Baustelle zum Aufbereitungsort bzw. zur Deponie werden abgeschätzt. Dafür werden für relevanten Materialfraktionen vereinfachte Annahmen getroffen: Beton (100km; Aufbereitung/ Deponie), Holz (300km; Wiederverwendung/thermische Verwertung); Weitere Baustoffe (100km; Aufbereitung / Deponie). Dabei wird davon ausgegangen, dass ein Großteil der mineralischen Baustoffe für eine Re- bzw. Downcycling aufbereitet wird. Metallische Abfallfraktionen können bei sortenreiner Trennung gut recycelt werden. Bei diesen Prozessen wird angenommen, dass es entsprechende Anlagen in maximal 100km Entfernung gibt. Da man aktuell keine Aussage über potenzielle Wiederverwendungsstandorte der Holzbaustoffe treffen kann, wird hier eine konservative Transportentfernung von 300km angenommen werden. Die Transporte werden mit 0,1067 kgCO<sub>2</sub>e/tkm (Transport LKW siehe Ökobaudat) bilanziert und beziehen sich somit sowohl auf die Entfernung als auch das Gewicht der Baustoffe.

Lebenswegmodul C3: Die Bilanzierung erfolgt gem. Bericht 2022 „Ökobilanzieller Vergleich“ Zillestraße. Der Bauteilkatalog und die materialspezifischen Daten der Ökobaudat werden zugrunde gelegt. Neben der Normbilanzierung werden die potenziellen Treibhausgasemissionen einer kreislaufgerechten Konstruktion dargelegt. Dafür wird davon ausgegangen, dass die rückbaufähigen Holzbauteile (Brettschichtholz, Schnittholz Buche, Konstruktionsvollholz, Zellulosefaser Einblas-Dämmstoff, Oriented Strand Board, Spanplatte, Nadelschichtholz – getrocknet, Zellulosefaserplatten) stofflich wiederverwendet, statt thermisch verwertet werden. Dieses Szenario wird vereinfacht abgebildet, indem die Entsorgung (C3 und C4) sowie das Recyclingpotenzial (D) nicht betrachtet werden.

Lebenswegmodul C4: Die Bilanzierung erfolgt gem. Bericht 2022 „Ökobilanzieller Vergleich“ Zillestraße. Der Bauteilkatalog und die materialspezifischen Daten der Ökobaudat werden zugrunde gelegt. Neben der Normbilanzierung werden die potenziellen Treibhausgasemissionen einer kreislaufgerechten Konstruktion dargelegt. Dafür wird davon ausgegangen, dass die rückbaufähigen Holzbauteile (Brettschichtholz, Schnittholz Buche, Konstruktionsvollholz, Zellulosefaser Einblas-Dämmstoff, Oriented Strand Board, Spanplatte, Nadelschichtholz – getrocknet, Zellulosefaserplatten) stofflich wiederverwendet, statt thermisch verwertet werden. Dieses Szenario wird vereinfacht abgebildet, indem die Entsorgung (C3 und C4) sowie das Recyclingpotenzial (D) nicht betrachtet werden.

Lebenswegmodul D: Die Bilanzierung erfolgt gem. Bericht 2022 „Ökobilanzieller Vergleich“ Zillestraße. Der Bauteilkatalog und die materialspezifischen Daten der Ökobaudat werden zugrunde gelegt. Neben der Normbilanzierung werden die potenziellen Treibhausgasemissionen einer kreislaufgerechten Konstruktion dargelegt. Dafür wird davon

ausgegangen, dass die rückbaufähigen Holzbauteile (Brettschichtholz, Schnittholz Buche, Konstruktionsvollholz, Zellulosefaser Einblas-Dämmstoff, Oriented Strand Board, Spanplatte, Nadelschichtholz – getrocknet, Zellulosefaserplatten) stofflich wiederverwendet, statt thermisch verwertet werden. Dieses Szenario wird vereinfacht abgebildet, indem die Entsorgung (C3 und C4) sowie das Recyclingpotenzial (D) nicht betrachtet werden.

In einigen Zertifizierungen und Bewertungsmethoden (u.a. QNG) wird das Modul D nicht mitberechnet jedoch informativ ausgewiesen. Die Bilanzierung der Zillestraße wird das Modul D mit berechnet, um Gutschriften wie Recyclingpotenziale anzurechnen.

## D.2 Aktualisierung der Berechnung

Die Berechnungsgrundlagen (Datengrundlage und Bilanzierungsgegenstand) haben sich im Vergleich zum Bericht 2022 „Ökobilanzieller Vergleich“ nicht geändert und sind im Anhang 1 einsehbar. Die Abweichungen in der Methode betrifft lediglich die Bilanzgrenze, welche (inkl. aller Annahmen) in Kapitel D.1.2 und D.1.3 dargestellt sind.

Dargestellt werden folgend

- Der Vergleich der Konstruktion im Vergleich zur aktualisierten Bilanz unter Einbezug fehlender Lebenswegmodule
- Die Gegenüberstellung von Konstruktion und Betrieb
- Die Gegenüberstellung von Konstruktion und Betrieb unter Berücksichtigung der Entwicklung des Strommixes
- Die Auswirkung von Ökostrom

Die Ökobilanz würde sich nochmals anders darstellen, wenn statt des anrechenbaren selbstgenutzten PV-Stroms der gesamte PV-Jahresertrag angerechnet würde. Dies wäre realitätsnah, da eingespeister Strom den deutschen Strommix treibhausgasneutraler werden lässt und real einen positiven Effekt auf die Umwelt hat. Angerechnet werden könnte eine Gutschrift für 87.000 kWh/a eingespeisten Strom. Diese Bilanzierung wurde hier jedoch nicht dargestellt.

### D.2.1 Ökobilanz Konstruktion: Vergleich - Einbezug fehlender Lebenswegmodule

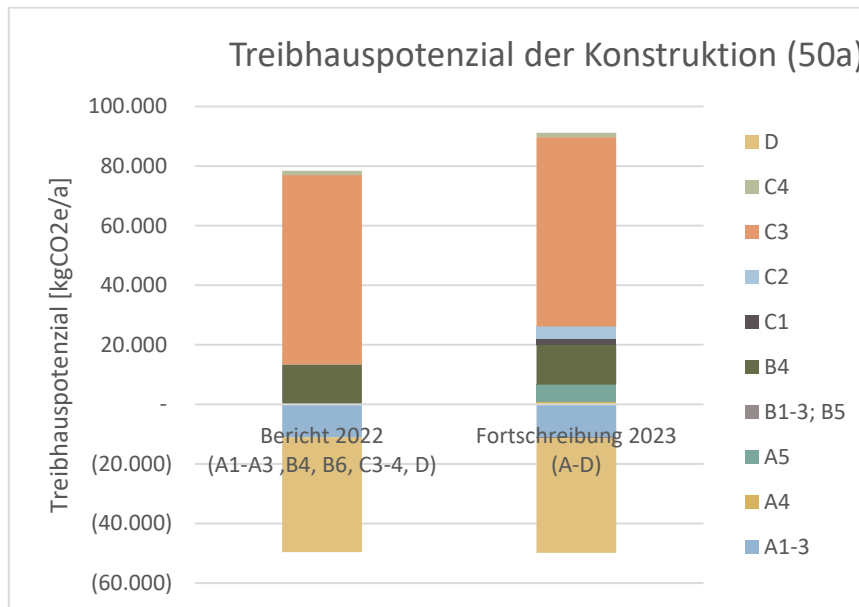


Abbildung 12 Ergebnisse Konstruktion

Die Gesamtergebnisse der Ökobilanz „Fortschreibung 2023“ weisen höhere Werte auf als die der Berechnung des Berichtes von 2022. Der Einbezug der nicht betrachteten Lebenswegmodule führt zu etwa 12.500 kgCO<sub>2</sub>e/a Mehremissionen. Diese Mehremissionen haben jedoch einen vergleichsweise geringen Einfluss auf die Gesamtergebnisse im Lebenszyklus. Der höchste Anteil der Emissionen geht von dem Lebenswegmodul C3 aus, diese sind in erster Linie in der thermischen Verwertung von Holz am Lebensende begründet. Die Gutschriften der Energierückgewinnung werden in Modul D berücksichtigt, welche große Einsparungen der Treibhausgasemissionen zur Folge hat. Im Vergleich kann durch den Einbezug der fehlenden Lebenswegmodule etwas höhere Emissionen verzeichnet werden. Es zeigt sich, dass die neu einbezogenen Lebenswegmodule trotz konservativer Annahmen lediglich einen geringen Anteil im Gesamtergebnis aufweisen.

### D.2.2 Ökobilanz Konstruktion und Betrieb

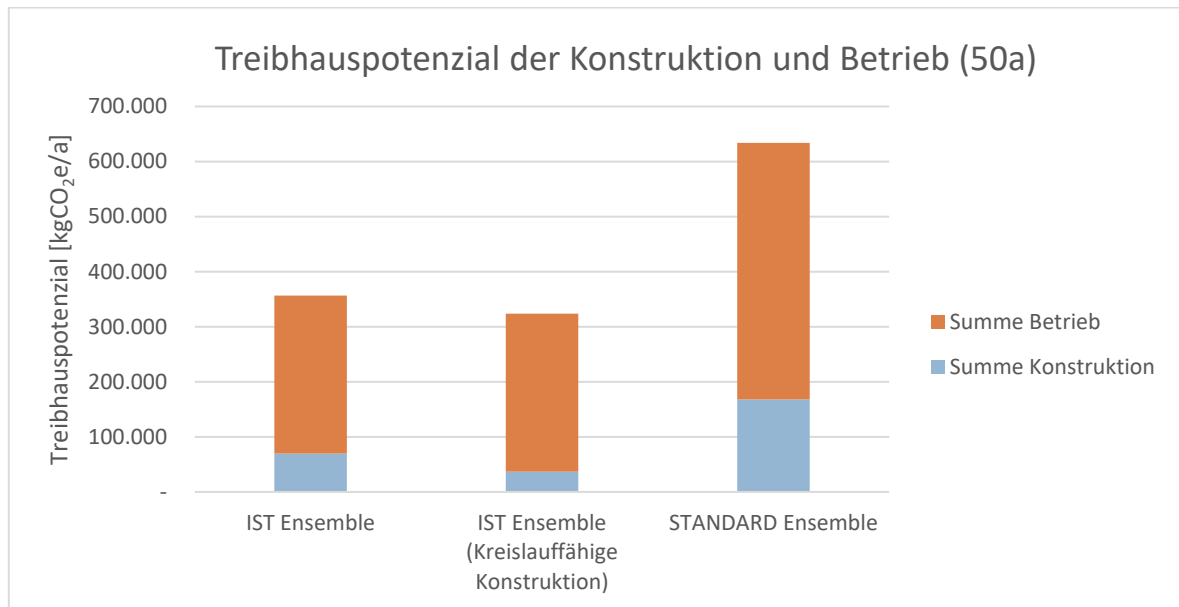


Abbildung 13 Konstruktion und Betrieb

Die Ergebnisse zeigen die Treibhausgasemissionen des kompletten Lebenszyklus differenziert nach Betrieb und Konstruktion. Dafür wurden die zuvor dargelegten Konstruktionsergebnisse der einzelnen Lebenszyklusphasen aufaddiert und als Summe dargestellt.

Es zeigt sich, dass die Treibhausgase des Betriebes den größten Anteil an den ausgestoßenen Emissionen über den Lebenszyklus ausmachen. Beim Ist-Gebäude ist der hohe Anteil des Betriebes mitunter durch die CO<sub>2</sub>e-reduzierte Konstruktion bedingt. Die Werte des Betriebes sind beim Ist-Gebäude im Vergleich zum Standardgebäude deutlich geringer, was auf den hohen Anteil an erneuerbaren Energien zurückzuführen ist.

Unter Berücksichtigung der kreislauffähigen Konstruktion wird deutlich, dass die Konstruktion hier kaum noch Anteil am Gesamtergebnis besitzt. Im Bereich der Konstruktion zeigt die Bilanz eine geringe CO<sub>2</sub>e-Bindung auf. Der hohe Holzanteil in Verbindung mit einer kreislauffähigen Konstruktion kann die ausgestoßenen Emissionen der anderen Baustoffe, wie beispielsweise Beton und Stahl, substituieren.

### D.2.3 Ökobilanz Konstruktion und Betrieb (Verbesserung Strom-Mix)

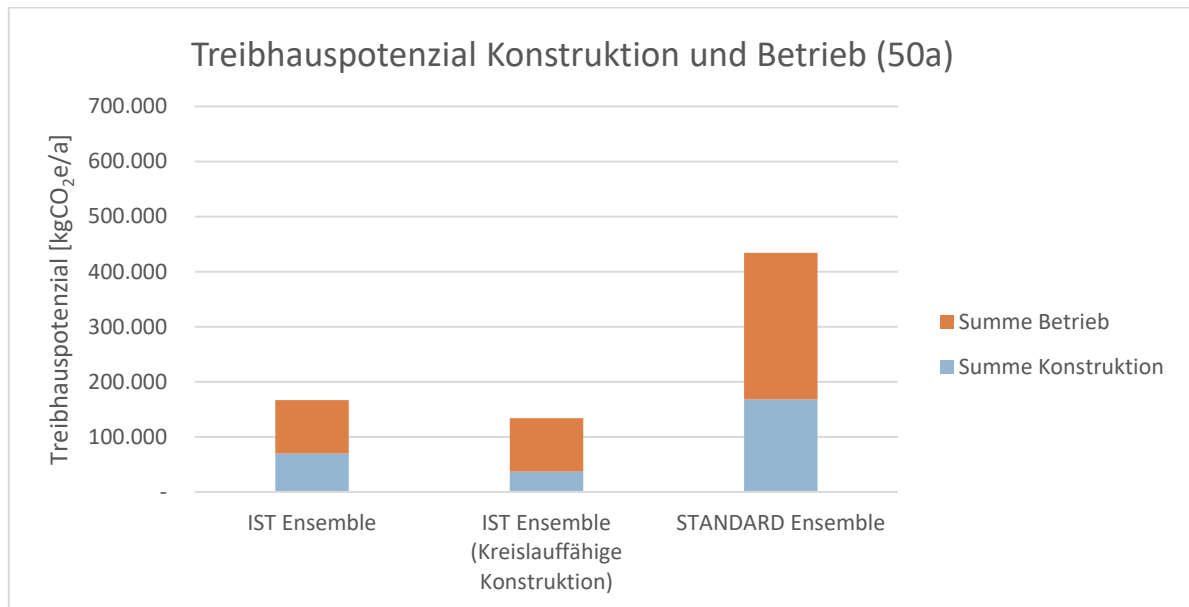


Abbildung 14 Konstruktion und Betrieb (Verbesserung Strom-Mix)

Unter Einbezug kontinuierlich sinkender CO<sub>2</sub>e-Emissionen des deutschen Strommix bis 2050 reduziert sich die Treibhausgasbilanz im Lebenszyklus im Vergleich zur vorangegangenen Darstellung sowohl beim Ist- als auch beim Standard-Gebäude. Die Reduktion des Ist-Gebäudes ist dabei deutlich höher als die des Standardgebäudes. Dies liegt daran, dass das Ist-Gebäude komplett über Strom versorgt wird. Die Berechnung des Betriebes des Standardgebäudes basiert neben Strom auf einer zum Teil fossil erzeugten Wärmeversorgung, wofür keine CO<sub>2</sub>e-Verbesserung angesetzt werden kann.

Bei der Bilanzierung der kreislauffähigen Konstruktion des Ist-Gebäudes sieht man, dass der Konstruktion noch einen minimalen Anteil am gesamten Lebenszyklus ausmacht und im Vergleich zum Standardgebäude eine große Menge an Treibhausgasemissionen eingespart werden können.

#### D.2.4 Ökobilanz Konstruktion und Betrieb (Bezug Ökostrom)

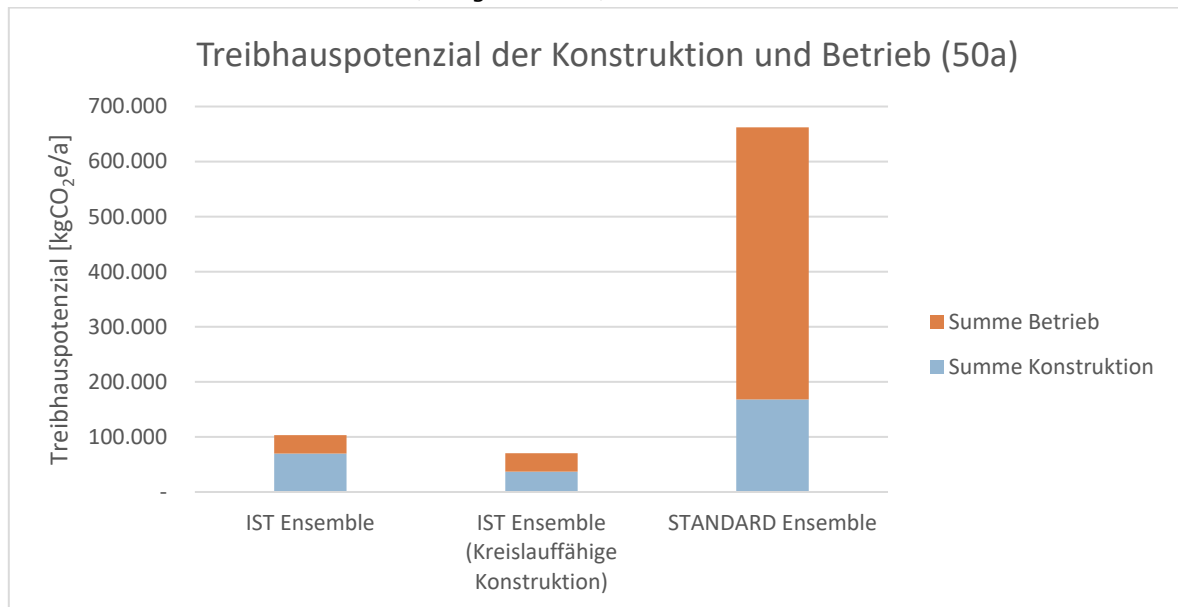


Abbildung 15 Konstruktion und Betrieb (Bezug Ökostrom)

Der Bezug von Ökostrom minimiert die CO<sub>2</sub>e-Emissionen des Betriebes im Lebenszyklus, der dabei bilanzierte Emissionsfaktor bildet eine fast komplett regenerative Stromerzeugung durch Windkraft ab. Unter der Annahme, dass das Standardgebäude weiterhin den Strom des aktuellen deutschen Strommix bezieht, zeichnet sich so eine enorme Einsparung an Treibhausgasen des Ist Gebäudes ab. Diese Einsparung wird unter Einbezug der kreislaufgerechten Konstruktion nochmals verstärkt: Im Vergleich zum Standardgebäude verfügt das Ist Gebäude über minimierte Treibhausgas-Emissionen.

Der Großteil der noch zu verzeichnenden Betriebsemissionen (85% der Betriebsemissionen des IST Ensembles) wird im gezeigten Modell durch das Modul B7 (Wassereinsatz) erzeugt, auf das der Ökostrombezug keine Auswirkungen hat, da die Bilanzierung durch Ökobaudat-Daten erfolgt.

## E Fazit

Die Berechnung zeigt, dass das Gebäudeensemble auch unter Einbezug der zuvor nicht abgebildeten Lebenswegmodule geringe CO<sub>2</sub>e-Emissionen im Lebenszyklus aufweisen. Unter den genannten Modellbedingungen stellt sich das geplante Gebäudeensemble im Vergleich zu einem Standardgebäude als adäquate nachhaltigkeitsorientierte Lösung dar. In allen betrachteten Modellen und Szenarien verfügt das Ist-Gebäude über deutlich geringere CO<sub>2</sub>e-Emissionen als das Standardgebäude.

Die Berechnung bestätigt, dass die zuvor nicht bilanzierten Module geringen Einfluss auf das Gesamtergebnis haben. Zudem stellt das Gesamtergebnis durch einen hohen Anteil generischer Datensätze eine konservative Bilanz dar, so dass bei Nutzung spezifischer Daten geringere Treibhausgasemissionen zu erwarten sind. Der eingespeiste PV-Strom wird bilanziell nicht berücksichtigt.

Insgesamt werden in dem Projekt verschiedene Strategien angewendet und Materialien eingebracht, welche Treibhausgasemissionen einsparen. In Summe führt das zu einem zukunftsweisenden und nachhaltigkeitsorientierten Gebäudeensemble. Die Konstruktion, welche zu einem hohen Anteil aus Holz besteht, fungiert als Kohlenstoffspeicher und kann somit CO<sub>2</sub>e-Emissionen, welche beispielsweise bei der Herstellung mineralischer Baustoffe anfallen, substituieren. Zudem schafft die kreislauffähige Konstruktion, eine Grundlage für eine potenzielle Wieder- bzw. Weiterverwendung der Komponenten, was wiederum zu zur Einsparung von Ressourcen und Emissionen führt. Die strombasierte Energieerzeugung verfügt über das Potenzial in Zukunft bzw. durch Auswahl des Stromanbieters verbesserte CO<sub>2</sub>e-Werte abzubilden.

Das IST Ensemble weist unter Berücksichtigung der Kreislauffähigkeit der Konstruktionen und unter Bezug von Ökostrom, bilanziert mit Hilfe konservativ gewählter Ansätze (datensatzspezifischer Sicherheitszuschläge, vgl. D.1.1.1) und ohne Berücksichtigung des in das Stromnetz eingespeisten PV-Stroms, eine auf 10,61% reduzierte Treibhausgasemission im Lebenszyklus im Vergleich zu einem Standardgebäude auf.

## QUELLEN

- [1] Astle, P.; Gibbons, L.; Eriksen, A.; Comparing differences in building life cycle assessment methodologies, RAM-BOLL, 2023
- [2] Del Rosario, P.; Palumbo, E.; Traverso, M. Environmental Product Declarations as Data Source for the Environmental Assessment of Buildings in the Context of Level(s) and DGNB: How Feasible Is Their Adoption? Sustainability 2021, 13, 6143. <https://doi.org/10.3390/su13116143>
- [3] Gervasio, H. and Dimova, S., Model for Life Cycle Assessment (LCA) of buildings, EUR 29123 EN, Publications Office of the European Union, 2018, ISBN 978-92-79-79973-0, doi:10.2760/10016, JRC110082.
- [4] Arnold, A., Development of a method for recording energy costs and uses during the construction process, PhD Thesis, University of Texas A&M, 2008.
- [5] Sjunnesson, J., Life Cycle Assessment of Concrete, Master Thesis, University of Lund, Sweden, 2005.
- [6] Athena Sustainable Materials Institute, Demolition Energy Analysis of Office Building Systems, Ontario, 1997.
- [7] B Soust-Verdaguer et al 2022 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1078 012096
- [8] Zimmermann, R. K., Andersen, C. M. E., Kanafani, K., & Birgisdottir, H. (2021). *Whole Life Carbon Assessment of 60 buildings: Possibilities to develop benchmark values for LCA of buildings*. Polyteknisk Boghandel og Forlag. BUILD Report No. 2021:12 <https://sbi.dk/Pages/Whole-Life-Carbon-Assessment-of-60-buildings.aspx>
- [9] Hafner A.; Rüter S.; Ebert S.; Schäfer S.; König, H.; Cristofaro L.; Diederichs; S.; Kleinhenz, M.; Krechel, M. (2017): Treibhausgasbilanzierung von Holzgebäuden – Umsetzung neuer Anforderungen an Ökobilanzen und Ermittlung empirischer Substitutionsfaktoren (THG-Holzbau). 148 S. Forschungsprojekt: 28W-B-3-054-01 Waldklimafonds. BMEUBMUB. ISBN: 978-3-00-055101-7

## ANHANG

„Vergleichende Ökobilanzierung“ für das Projekt Zillestraße; Bericht 2022