



# STADTQUARTIER 2050

Partner:

STUTTGART



Fraunhofer  
IBP

STADTWERKE  
STUTTGART



Universität Stuttgart

IREES  
research for future.

überlingen

BGÜ  
Baugenossenschaft Überlingen eG

Fraunhofer  
FIT  
Projektgruppe  
Wirtschaftsinformatik

STADTWERK  
AM SEE

energieagentur  
Ravensburg

puren®

FWW  
München

Assoziierte Partner:

SAINT-GOBAIN

SWSG  
Städtisches Wärmeversorgungsunternehmen Stuttgart

D3.4.1

## Ökobilanzbewertung von Energiekonzepten

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Erstellt im Verbundvorhaben STADTQUARTIER 2050  
im Rahmen der Förderinitiative „Solares Bauen/  
Energieeffiziente Stadt“ aus dem 6. Energieforschungs-  
programm

Autoren:

Katrin Lenz / Kristina Henzler, Fraunhofer IBP (GaBi)

Stuttgart, 24.10.2024

# Inhalt

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Kurzfassung</b>   | <b>6</b>  |
| <b>2</b> | <b>Konzept und methodisches Vorgehen</b>                       | <b>8</b>  |
| <b>3</b> | <b>Ökobilanz</b>   | <b>11</b> |
| 3.1      | Einführung   | 11        |
| 3.2      | Zielstellung   | 12        |
| 3.3      | Funktion und funktionelle Einheit                              | 13        |
| 3.4      | Bilanzgrenzen und Abschneidekriterien                          | 14        |
| 3.5      | Annahmen und Abschätzungen                                     | 16        |
| 3.6      | Umgang mit dem Gebäudebetrieb                                  | 18        |
| 3.7      | Datenqualität und verwendete Ökobilanzsoftware                 | 18        |
| 3.8      | Auswertung und Interpretation                                  | 20        |
| <b>4</b> | <b>Ökobilanzmodelle: Produkte und Technologien</b>             | <b>23</b> |
| 4.1      | Zielstellung   | 23        |
| 4.2      | Technische Systembeschreibung                                  | 23        |
| 4.3      | Funktion und funktionelle Einheit                              | 23        |
| 4.4      | Verwendete Ökobilanz-Software, Hintergrunddaten und Datensätze | 25        |
| 4.5      | Systemraumerweiterung und Allokation                           | 25        |
| 4.6      | Sachbilanz und Modellbildung                                   | 25        |
| 4.7      | Auswertung und Interpretation                                  | 28        |
| <b>5</b> | <b>Ökobilanzmodelle: Gebäude</b>                               | <b>31</b> |
| 5.1      | Zielstellung   | 31        |
| 5.2      | Funktion und Funktionelle Einheit                              | 31        |
| 5.3      | Modellbildung, verwendete Daten und Software                   | 32        |
| 5.4      | AP2.1 Quartier Stuttgart: Bettenhaus                           | 32        |
| 5.4.1    | Technische Systembeschreibung                                  | 32        |
| 5.4.2    | Sachbilanz   | 32        |
| 5.4.3    | Abschätzungen und Annahmen                                     | 33        |
| 5.4.4    | Ergebnisse und Interpretation                                  | 34        |
| 5.5      | AP2.2 Quartier Überlingen: Wohnhaus 10                         | 36        |
| 5.5.1    | Technische Systembeschreibung                                  | 36        |
| 5.5.2    | Sachbilanz   | 36        |
| 5.5.3    | Abschätzungen und Annahmen                                     | 37        |
| 5.5.4    | Ergebnisse und Interpretation                                  | 39        |
| 5.6      | AP3.2 Typgebäude   | 41        |
| 5.6.1    | Technische Systembeschreibung                                  | 41        |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 5.6.2      | Mapping-Verfahren von Gebäudetypen mit Typkonstruktionen  | 41        |
| 5.6.3      | Sachbilanz  | 46        |
| 5.6.4      | Ergebnisse und Interpretation                             | 47        |
| <b>6</b>   | <b>Ökobilanzmodelle: Quartiere</b>                        | <b>50</b> |
| 6.1        | Zielstellung  | 50        |
| 6.2        | Quartierskonzepte Stuttgart (AP2.1)                       | 51        |
| 6.2.1      | Technische Systembeschreibung und Sachbilanz              | 51        |
| 6.2.2      | Auswertung und Interpretation                             | 53        |
| 6.3        | Quartierskonzept Überlingen (AP2.2)                       | 59        |
| 6.3.1      | Technische Systembeschreibung und Sachbilanz              | 59        |
| 6.3.2      | Auswertung und Interpretation                             | 60        |
| 6.4        | Übertragbare Lösungsansätze und Quartierskonzepte (AP3.2) | 63        |
| 6.4.1      | Technische Systembeschreibung und Sachbilanz              | 63        |
| 6.4.2      | Auswertung und Interpretation                             | 65        |
| <b>7</b>   | <b>Zusammenfassung und Ausblick</b>                       | <b>68</b> |
| <b>8</b>   | <b>Literaturverzeichnis</b>                               | <b>69</b> |
| <b>9</b>   | <b>Anhang</b>   | <b>74</b> |
| <b>A.1</b> | <b>Technologiesteckbriefe für Wärmeerzeuger</b>           | <b>74</b> |
| A.1.1      | Kessel  | 74        |
| 1.1.1      | Gas-Brennwertgerät  | 74        |
| 1.1.2      | Pelletkessel  | 75        |
| 1.1.3      | Hackschnitzelkessel                                       | 76        |
| A.1.2      | Wärmepumpen   | 77        |
| 1.2.2      | Zusätzliches Equipment für die Abwasserwärmerückgewinnung | 78        |
| 1.2.3      | Soleverteiler   | 79        |
| 1.2.4      | Sole-Umwälzpumpe  | 80        |
| 1.2.5      | Erdsonde mit Soleflüssigkeit                              | 81        |
| 1.2.6      | Erdkollektor mit Soleflüssigkeit                          | 82        |
| 1.2.7      | Komponenten für Grundwasserwärmenutzung                   | 83        |
| 1.2.8      | Strom-Wärmepumpe (Luft-Wasser)                            | 84        |
| 1.2.9      | Agrothermiekollektor mit Monoethylenglykol-Wasser-Gemisch | 85        |
| A.1.3      | Solarthermie  | 86        |
| 1.3.1      | Flachkollektor  | 86        |
| 1.3.2      | Vakuumröhrenkollektor                                     | 87        |
| A.1.4      | Warmwasserbereitstellung                                  | 88        |

|   |            |
|---|------------|
| 1.4.1 Elektrischer Heizstab   | 88         |
| 1.4.2 Elektrischer Durchlauferhitzer                                      | 89         |
| <b>A.2 Technologiesteckbriefe für Stromerzeuger</b>                       | <b>90</b>  |
| A.2.1 Solar und Wind  | 90         |
| 2.1.2 PVT-Kollektor   | 91         |
| 2.1.3 Kleinwindkraft-Anlage   | 92         |
| <b>A.3 Technologiesteckbriefe für Lüftungsanlagen</b>                     | <b>93</b>  |
| A.3.1 Lüftungsanlagen   | 93         |
| 3.1.1 Zentrale Lüftungsanlagen mit Zu- und Abluft, 85 % WRG               | 93         |
| 3.1.2 Mechanische Lüftungsanlagen mit WRG > 85%                           | 94         |
| A.3.2 Lüftungskanäle und Zubehör Zu- und Abluftanlagen                    | 95         |
| 3.2.1 Lüftungskanäle und Zubehör Zu- und Abluftanlage (EFH)               | 95         |
| 3.2.2 Lüftungskanäle und Zubehör Zu- und Abluftanlage (MFH)               | 96         |
| <b>A.4 Technologiesteckbriefe für Übergabe/Verteilung</b>                 | <b>97</b>  |
| A.4.1 Übergabe  | 97         |
| 4.1.1 Übergabestation   | 97         |
| A.4.2 Netzleitungen   | 98         |
| A.4.3 Pumpen  | 100        |
| <b>A.5 Technologiesteckbriefe für Speicher</b>                            | <b>101</b> |
| A.5.1 Wärmespeicher   | 101        |
| 5.1.1 Pufferspeicher  | 101        |
| A.5.2 Stromspeicher   | 102        |
| 5.2.1 Batteriespeicher für PV-Eigenstromnutzung                           | 102        |
| <b>A.6 Technologiesteckbriefe für kombinierte Strom- und Wärmeezeuger</b> | <b>103</b> |
| <b>A.6.1 Blockheizkraftwerke (BHKW)</b>                                   | <b>103</b> |
| 6.1.1 Biogas-BHKW   | 103        |
| 6.1.2 Erdgas-BHKW   | 104        |
| 6.1.3 Holzgas-BHKW  | 105        |
| <b>A.7 Gebäudemodell AP2.1: Konstruktionskatalog</b>                      | <b>106</b> |
| <b>A.8 Gebäudemodell AP2.1: Verwendete Datensätze</b>                     | <b>108</b> |

|             |  |            |
|-------------|--|------------|
| <b>A.9</b>  | <b>Gebäudemodelle AP3.2: Mapping von Typkonstruktionen</b>   | <b>110</b> |
| <b>A.10</b> | <b>Gebäudemodelle AP3.2: Konstruktionskatalog</b>            | <b>113</b> |
| <b>A.11</b> | <b>Gebäudemodelle AP3.2: Verwendete Datensätze ÖKOBAUDAT</b> | <b>133</b> |

# 1 Kurzfassung

Die ökologische Bewertung von Quartieren und Energiekonzepten in Bezug auf deren Potenziale zum Klimaschutz rückt vor dem Hintergrund der deutschen Klimaschutzziele für 2045 [Bundestag 2024] und steigenden gesetzlichen Anforderungen [Bundestag 2020] immer mehr in den Vordergrund. Der Gebäudebetrieb nimmt hierbei eine Schlüsselrolle ein. Es zeigt sich aber auch, dass mit zunehmendem Ausbau und der Umgestaltung des Energiesystems hinzu erneuerbaren Energien, auch Fragen des gebäudebezogenen Ressourceneinsatzes und der konstruktionsbedingten Emissionen eine zunehmende Rolle spielen.

Im Rahmen des Projektes STADTQUARTIER 2050 wurden in den Demonstrationsstädten Stuttgart und Überlingen, klimaneutrale Energieversorgungskonzepte geplant und umgesetzt [Schrade 2020-1], [Maucher 2023]. Zusätzlich wurden verschiedene übertragbare Lösungsansätze für eine klimaneutrale Energieversorgung anhand definierter Quartierstypen erarbeitet [Schrade 2022-1], die den Fokus auf Klimaneutralität im Gebäudebetrieb legen.

In Bezug auf die zu erwartenden Umweltpotenziale aus konstruktionsbedingten Aspekten bei der Umsetzung dieser Energieversorgungskonzepte im Quartier, unterstützt die Methode der Ökobilanz (engl. Life Cycle Assessment, LCA [Beuth 2021-1] [Beuth 2021-2]). Mit Hilfe der Ökobilanzbewertung werden folgende Fragestellungen im Projekt untersucht:

- Welche absoluten Werte können die konstruktionsbedingten „grauen Umweltwirkungen“ (Emissionen und Energieeinsatz) des Quartierskonzeptes über den Lebenszyklus von 50 Jahren potenziell aufweisen?
- Welche Elemente des Quartierskonzeptes (Gebäude, Energieversorgung, Maßnahmen zur Kompensation wie PV) sind maßgeblich und potenziell verantwortlich für den konstruktionsbezogenen Umweltbeitrag über den Lebenszyklus?
- Welche Energieversorgungskonzepte können für einen möglichst geringen Beitrag zu den potenziellen konstruktionsbedingten Umweltwirkungen über den Lebenszyklus eventuell favorisiert werden?

Die Bilanzgrenzen der ökologischen Analyse erstrecken sich auf die Gebäude sowie die dezentralen und zentralen Technologien der Energieversorgung im jeweiligen untersuchten Quartier. Projektspezifische Ökobilanzmodelle für die Gebäude und die Technologien der Energieversorgung bilden die Grundlage für die ökologische Bewertung. Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse der Ökobilanzbewertung im Projekt zusammen und adressiert dabei:

- ausgewählte Energieversorgungskonzepte im Demonstrationsquartier Stuttgart;
- ein Energieversorgungskonzept im Demonstrationsquartier Überlingen;
- ausgewählte dezentrale und zentrale Energieversorgungskonzepte, die in Bezug auf ihre Energiekosten und/oder ihre Investitionskosten als energetisch vorteilhaft eingestuft wurden, in drei ausgewählten Siedlungstypologien mit drei unterschiedlichen realisierten Gebäudestandards (EH100, EH55, EH40) [Schrade 2022-1].

Ein Großteil, der für die ökologische Analyse erarbeiteten Ökobilanzmodelle für die Gebäude und die Energieversorgung, bildet die Basis für die ökologischen Hintergrunddaten im Ökobilanzmodul für District ECA [Lenz 2024-2]. Sie wurden genutzt um Ökobilanzfunktionalität und -kennwerte für die kombinierte energetische und ökologische Stadtplanung im Stadtplanungstool District ECA zu implementieren.

## 2 Konzept und methodisches Vorgehen

Die ökologische Bewertung von Quartieren und Energiekonzepten in Bezug auf deren Potenziale zum Klimaschutz rückt vor dem Hintergrund der deutschen Klimaschutzziele für 2045 [Bundestag 2024] und steigenden gesetzlichen Anforderungen [Bundestag 2020] immer mehr in den Vordergrund. Der Gebäudebetrieb nimmt hierbei eine Schlüsselrolle ein. Es zeigt sich aber auch, dass mit zunehmendem Ausbau und der Umgestaltung des Energiesystems hinzu erneuerbaren Energien, auch Fragen des gebäudebezogenen Ressourceneinsatzes und der konstruktionsbedingten Emissionen eine zunehmende Rolle spielen.

Im Rahmen des Projektes STADTQUARTIER 2050 wurden in den Demonstrationsstädten Stuttgart und Überlingen, klimaneutrale Energieversorgungskonzepte geplant und umgesetzt [Schrade 2020-1], [Maucher 2023]. Zusätzlich wurden verschiedene übertragbare Lösungsansätze für eine klimaneutrale Energieversorgung anhand definierter Quartierstypen erarbeitet [Schrade 2022-1], die den Fokus auf Klimaneutralität im Gebäudebetrieb legen.

In Bezug auf die zu erwartenden Umweltpotenziale aus konstruktionsbedingten Aspekten bei der Umsetzung dieser Energieversorgungskonzepte im Quartier, unterstützt die Methode der Ökobilanz (engl. Life Cycle Assessment, LCA [Beuth 2021-1] [Beuth 2021-2]).

### **Methodisches Vorgehen**

Für die Ökobilanzierung wird hierzu ein dreistufiger Ansatz verfolgt (siehe Bild 1), der die Analyse-Ebene (Mikro; Makro; Meso), den Detailgrad der Analyse (Vollständig; Vereinfacht; Screening) [Gantner 2011-1] [Gantner 2011-2] und den Lebenszyklusbezug verknüpft. Der Lebenszyklusbezug ermöglicht die Erweiterung der Bilanzgrenzen für die Fragestellung der Klimaneutralität im Quartier, indem konstruktive Aspekte und Materialeinsatz im Quartier, neben den aus dem Gebäudebetrieb resultierenden CO<sub>2</sub>-äquivalenten Emissionen, mit berücksichtigt werden.

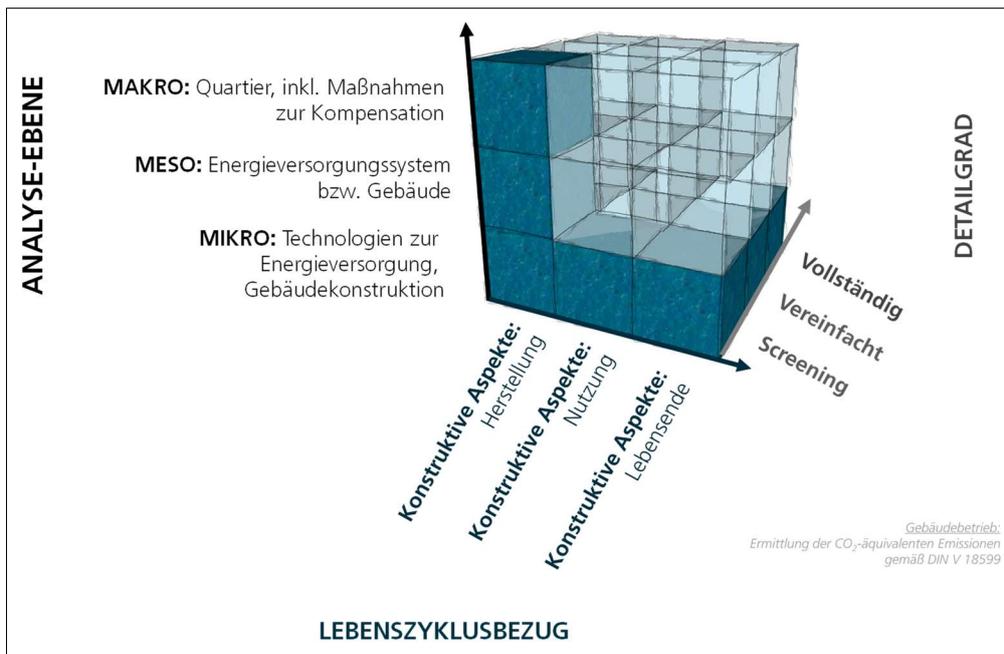


Bild 1:  
Dreistufiger Ökobilanz-Ansatz für die Analyse-Ebene, den Lebenszyklusbezug und den Detailgrad [Eigene Darstellung].

Die Analyse-Ebene definiert die Elemente (Meso und Mikro) des jeweiligen Quartiers (Makro), die Teil des sogenannten Untersuchungsrahmens werden. Diese sind:

- Gebäude (Meso) mit unterschiedlichen Bausteinen der Gebäudekonstruktion (Mikro) sowie unterschiedlichen Technologien der dezentralen Energieversorgung (Mikro);
- Energieversorgungssystem (Meso) mit einzelnen Technologie-Bausteinen für die dezentrale (gebäudenah/gebäudeintegrierte) und zentrale Energieversorgung (Mikro) sowie Maßnahmen zur Kompensation (Mikro).

Die Bilanzgrenzen der ökologischen Analyse erstrecken sich damit also auf die Gebäude sowie die dezentralen und zentralen Technologien der Energieversorgung. Projektspezifische Ökobilanzmodelle für die Gebäude und die Technologien der Energieversorgung bilden die Grundlage für die ökologische Bewertung.

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse der Ökobilanzbewertung im Projekt zusammen und adressiert dabei:

- vier verschiedene Energieversorgungskonzepte im Demonstrationsquartier Stuttgart;

- ein Energieversorgungskonzept im Demonstrationsquartier Überlingen,
- ausgewählte dezentrale und zentrale Energieversorgungskonzepte, die in Bezug auf Energiekosten und/oder Investitionskosten als besonders vorteilhaft energetisch eingestuft wurden, in drei ausgewählten Siedlungstypologien mit drei unterschiedlichen realisierten Gebäudestandards (EH100, EH55, EH40) [Schrade 2022-1].

Der realisierte Detailgrad für die Ökobilanzen in den Quartieren des Projektes SQ2050 ist als „vereinfacht“ einzustufen. Dies liegt u.a. in der Heterogenität der Eigentümerstrukturen in den Quartieren, der Notwendigkeit zur Abschätzung aufgrund fehlender Primärdaten sowie der anschließenden Integration von Ökobilanzkennwerten aus den vorliegenden Arbeiten in das Stadtplanungstool District ECA [Lenz 2024-2]. Spezifisch bilanziert werden die Sanierung des Bettenhauses im Quartier Stuttgart und der Neubau im Quartier Überlingen anhand des Gebäudes „Wohnhaus 10“.

## 3 Ökobilanz

### 3.1 Einführung

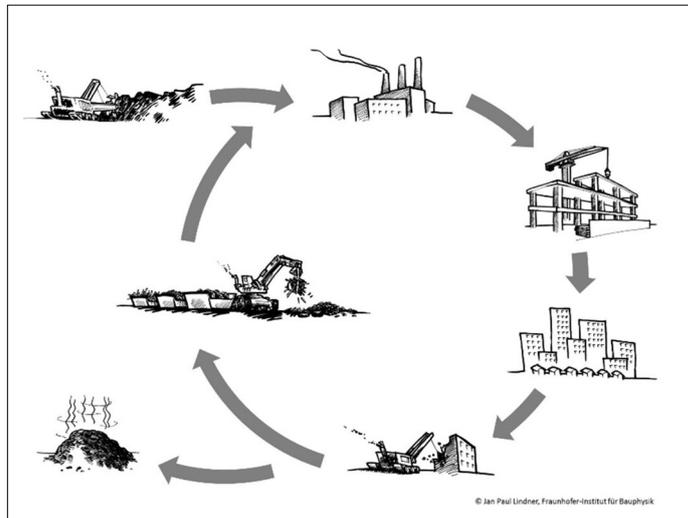


Bild 2:  
Lebenszyklus im Bauwesen [Fraunhofer IBP 2016].

**Allgemein:** Technisch hergestellte und vom Menschen genutzte Produkte haben Wirkungen auf die Umwelt – über ihren gesamten Lebenszyklus (Bild 2), von der Entnahme von Ressourcen aus der Natur, über die Herstellung und Nutzung der Produkte bis hin zu ihrem Lebensende. Die Ökobilanz ist eine international anerkannte und genormte Methode [Beuth 2021-1] [Beuth 2021-2], mit Hilfe derer diese potenziellen Umweltwirkungen (auch Umweltleistung genannt) objektiv und vergleichbar beziffert werden können. Es können unterschiedliche Umweltproblemfelder betrachtet werden. Die wohl gängigsten sind z. B. die globale Erwärmung und der Beitrag zum Klimawandel (GWP) oder aber auch der Verbrauch primärenergetischer fossiler Energieträger und Ressourcen (PENRT). Durch die Betrachtung des gesamten Lebenszyklus sowie verschiedener Umweltthemen, stellt die Ökobilanz sicher, dass Problemverlagerungen identifiziert werden und ökologische Optimierungsmaßnahmen zielgerichtet erfolgen können.

**Ablauf und Durchführung einer Ökobilanz:** Um die potenziellen Umweltwirkungen über den Lebenszyklus ermitteln zu können, müssen Ressourcen und Emissionen entlang der Wertschöpfungskette erfasst werden. Hierzu werden Struktur- und Funktionsmodelle in entsprechender Ökobilanz-Software aufgebaut. Zunächst werden die Zielstellung und ein festgelegter Untersuchungsrahmen definiert, um eine funktionelle Einheit (als vergleichbare Bezugsgröße für die Ergebnisse der Ökobilanz), die Systemgrenzen sowie die zu untersuchenden Lebenszyklusphasen abzugrenzen. In Übereinstimmung mit dem Untersuchungsrahmen, werden anschließend alle relevanten

Stoff- und Energieströme identifiziert und erfasst (Sachbilanz) und deren potenzielle Wirkungen auf die Umwelt bestimmt (Wirkungsabschätzung). Das Ziel (Auswertung und Interpretation) kann hierbei z. B. sein, entwicklungsbegleitend ökologische Hot Spots zu identifizieren, ein Ökobilanz-Screening für eine spezielle Lebenszyklusphase vorzunehmen oder eine umfassende Bilanz im Rahmen einer Nachhaltigkeitszertifizierung durchzuführen.

**Ökobilanzen im Bauwesen:** Ökobilanzen im Bauwesen stellen eine wichtige Grundlage für die Beurteilung der ökologischen Qualität von Bauprodukten, Gebäuden und Quartieren dar. Sie sind obligatorisch im Rahmen der Nachhaltigkeitszertifizierung [DGNB 2023] eingebunden und in Deutschland seit dem Jahr 2021 für die Bundesförderung für energieeffiziente Gebäude (BEG) [KfW 2022], [BMWSB 2022] verpflichtend. Für eine verbesserte Transparenz in der Kommunikation der Umweltleistung von Bauprodukten werden Umweltproduktdeklarationen (engl. Environmental Product Declaration (EPD) [Beuth 2020]) genutzt. EPD-Programmbetreiber sind beispielsweise das Institut für Bauen und Umwelt e.V. (IBU) [IBU 2024] oder das International EPD® System [EPD International 2024]. Die ÖKOBAUDAT [BMWSB 2021] stellt die größte europäische und frei zugänglich Datenbank für Bauprodukte dar, die insbesondere im Rahmen der Gebäudeökobilanz zur Anwendung kommt. Sie enthält Umweltinformationen für gängige Bauprodukte und Energieträger in generischer Form als auch spezifische Bauproduktinformation (EPDs). Die Umweltinformationen der ÖKOBAUDAT sind konform zu den Anforderungen der europäischen Normung [Beuth 2020] und basieren in der Regel auf der professionellen, industrienahen Expertensoftware und Datenbank Sphera LCA for Experts [Sphera 2023]. Die mit einem Gebäude verknüpften potenziellen Umweltwirkungen können mit Hilfe des Instruments der Gebäudeökobilanz [Beuth 2012] bewertet werden. Praxisrelevante Tools für die Gebäudeökobilanz verknüpfen vorhandene Umweltinformationen mit den Bestandteilen des Gebäudes, das in einzelne, strukturierte baukonstruktive und anlagentechnische Elemente und Schichten zerlegt wird. Sie unterstützen damit entwicklungsbegleitend sowohl in den frühen Planungsphasen als auch in der Detail-/Ausführungsplanung.

### 3.2 Zielstellung

Mit Hilfe der Ökobilanzbewertung soll die Frage beantwortet werden, welche potenziellen Umweltwirkungen sich über den Lebenszyklus für die analysierten Quartiere und die gewählten Energieversorgungs-konzepte ergeben.

Die Analyse soll vereinfacht erfolgen und entsprechende Hintergrunddaten (Technologiemodelle, Gebäudemodelle, Quartiersmodelle) hierfür bereit gestellt werden. Der Fokus der Analyse im Quartier liegt auf der Identifikation der sogenannten „grauen Umweltwirkungen (Emissionen und/oder Energie)“ über die Methode der Ökobilanz. Unter dem Begriff der „grauen Umweltwir-

kungen“ werden potenzielle lebenszyklusbezogene Umweltwirkungen verstanden, die konstruktiv mit dem Energieversorgungskonzept einhergehen. Sie fallen zusätzlich neben den potenziellen Umweltwirkungen des Gebäudebetriebes (verursacht durch den Einsatz von Energieträgern für die Bereitstellung von z. B. Wärme, Kälte und Strom) über den Lebenszyklus des Quartiers an. Sie stellen einen zusätzlichen „ökologischen Mehraufwand“ dar, der beim Wunsch zur Zielerreichung einer Klimaneutralität [Braune 2020] über den gesamten Quartierslebenszyklus potenziell mitberücksichtigt und gegebenenfalls zusätzlich kompensiert werden muss.

Mit Hilfe der Ökobilanzbewertung werden folgende Fragestellungen im Projekt untersucht:

- Welche Elemente des Quartierskonzepts (Gebäude, Energieversorgung, Maßnahmen zur Kompensation wie PV) sind maßgeblich und potenziell verantwortlich für den konstruktionsbezogenen Umweltbeitrag über den Lebenszyklus?
- Welche absoluten Werte können die konstruktionsbedingten „grauen Umweltwirkungen“ (Emissionen und Energieeinsatz) des Quartierskonzeptes über den Lebenszyklus von 50 Jahren potenziell aufweisen?
- Welche Energieversorgungskonzepte können für einen möglichst geringen Beitrag zu den potenziellen konstruktionsbedingten Umweltwirkungen über den Lebenszyklus eventuell favorisiert werden?

### 3.3 Funktion und funktionelle Einheit

Für die Analyse von Umweltpotenzialen im Rahmen der Ökobilanz wird eine Bezugsgröße für die Ergebnisdarstellung, die sogenannte funktionelle Einheit, benötigt. Die funktionelle Einheit repräsentiert eine quantifizierbare Größe zur Abbildung der maßgeblichen Funktion eines Quartiers über einen definierten Betrachtungszeitraum.

Die Funktion der bilanzierten Quartiere wird in der vorliegenden Analyse mit der Bereitstellung von thermisch konditionierter Gebäudefläche für unterschiedliche Nutzungszwecke (Wohnen, Nichtwohnen) über einen definierten Zeitraum gewählt. Die Funktion der zu bilanzierenden Energieversorgungskonzepte ist die Bereitstellung von Wärme, Kälte, Strom etc. und die Versorgung der unterschiedlichen Gebäude im Quartier über einen definierten Zeitraum. In Anlehnung an gängige funktionelle Einheiten aus der Nachhaltigkeitszertifizierung [DGNB 2023] beziehungsweise der Gebäudeförderung [BMWSB 2022] mit Flächenbezug, wird als Bezugseinheit gewählt:

- $1\text{m}^2$  konditionierte Nettoraumfläche (NRF) und 1 Jahr des Betrachtungszeitraums ( $1\text{m}^2_{\text{NRF}} \cdot \text{a}$ )

Als Betrachtungszeitraum werden 50 Jahre zu Grunde gelegt.

Als Flächenbezüge sind in den Quartieren sowohl die Wohnfläche als auch die thermisch konditionierte Nettogrundfläche (nach DIN V 18599) für die Energiebedarfsberechnung je Gebäude verfügbar. Letztere wird als Flächenbezugsgröße im Rahmen der funktionellen Einheit synonym als Nettoraumfläche genutzt. Die konditionierte Nettoraumfläche weicht von der konstruktiven Nettoraumfläche nach DIN 277 [Beuth 2021-3] ab, welche im Rahmen der Nachhaltigkeitszertifizierung für die funktionelle Einheit Berücksichtigung findet. Die Nettoraumfläche nach DIN 277 ist in der Regel höher als die thermisch konditionierte Nettoraumfläche. Die Ergebnisse der Ökobilanz auf Basis der thermisch konditionierten Fläche fallen daher höher aus.

Für die Bausteine des Quartiers auf der Meso- beziehungsweise Makroebene werden spezifische funktionelle Einheiten gemäß Kapitel 4 und Kapitel 0 festgelegt. Sie sind Grundlage für den Aufbau spezifischer Technologie- und Gebäudemodelle, die für die Quartiersbilanzierung benötigt werden.

### 3.4 Bilanzgrenzen und Abschneidekriterien

Lebenszyklusmodule: Die ökologische Bewertung der konstruktiven Aspekte im Quartier, Energieversorgungskonzepte sowie der Gebäude und eingesetzten Technologien über den Lebenszyklus richtet sich nach den Lebenszyklusmodulen gemäß EN 15978 [Beuth 2012]. Es werden die folgenden Lebenszyklusmodule (Bild 3) berücksichtigt:

- Herstellung (Modul A1-A3),
- Nutzung, d.h. Ersatz und Austausch (Modul B4),
- Lebensende, d.h. Abfallbehandlung für Wiederverwendung, Rückgewinnung und Recycling (Modul C3) und
- Lebensende, d.h. Entsorgung (Modul C4).

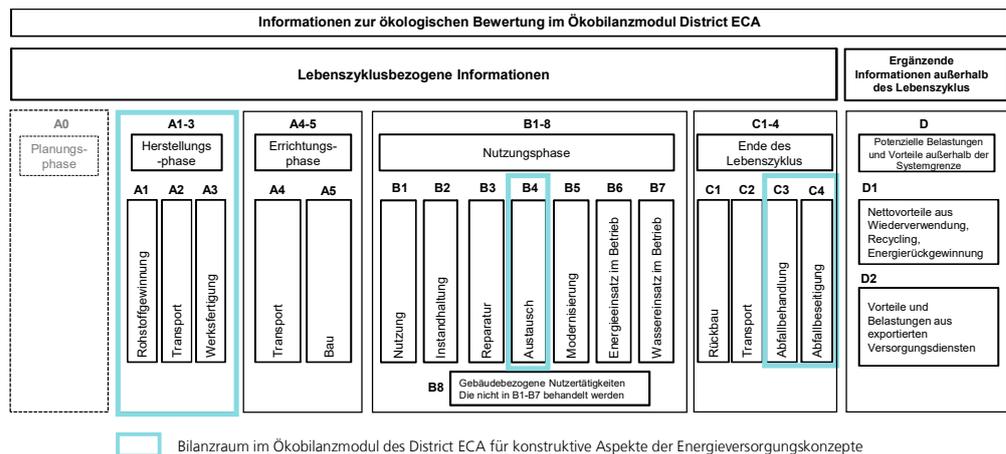


Bild 3: Berücksichtigte Lebenszyklusmodule für die Ökobilanzbewertung, Darstellung in Anlehnung an EN 15978 [Beuth 2012].

Sonstige Lebenszyklusmodule werden nicht in die Analyse integriert (Abschneidekriterium).

Bestandteile und Elemente: Der Begriff Energieversorgungskonzept schließt nach Projektdefinition sowohl die zu versorgenden Gebäude als auch die zentralen und dezentralen Technologien der Energieversorgung ein, die für die Energieversorgung benötigt werden. In Anlehnung an die Strukturierung von Kostengruppen (KG) der DIN 276 [Beuth 2018-2] werden folgende Kostengruppen differenziert:

- KG300 Baukonstruktion,
- KG400 Technische Anlagen (dezentral), d. h. gebäudeintegriert bzw. gebäudenah eingesetzt und
- KG500 Technische Anlagen (zentral), d. h. gebäudefern.

Für die KG300 Baukonstruktion (Kapitel 0) werden die folgenden Kostengruppen spezifisch berücksichtigt:

- KG320 Gründung, Unterbau;
- KG330 Außenwände/Vertikale Baukonstruktionen, außen;
- KG340 Innenwände/Vertikale Baukonstruktionen, innen;
- KG350 Decken/Horizontale Baukonstruktionen und
- KG360 Dächer.

Für die KG400 Technische Anlagen, zentral (Kapitel 4) werden die folgenden Kostengruppen inkludiert:

- KG420 Wärmeversorgungsanlagen: im Speziellen ausschließlich KG421 Wärmeerzeugungsanlagen;
- KG430 Raumluftechnische Anlagen und
- KG440 Elektrische Anlagen: im Speziellen Eigenstromversorgungsanlagen (PV).

Für die KG500 Technische Anlagen, dezentral (Kapitel 4) werden berücksichtigt:

- KG550 Technische Anlagen: im Speziellen KG554 Wärmeversorgungsanlagen, KG555 Raumluftechnische Anlagen und KG556 Elektrische Anlagen (PV, Windkraft).

Betrachtungszeitraum: Als Betrachtungszeitraum werden 50 Jahre für die Ökobilanz zu Grunde gelegt.

### 3.5 Annahmen und Abschätzungen

Die im Projekt zu bilanzierenden Quartiere bieten eine breite Variantenvielfalt. Neben der Bewertung von Bestands- und Neubauquartieren müssen auch Sanierungstätigkeiten abgebildet werden. Die hinter der energetischen Analyse liegende Bewertungslogik, ist in allen drei Anwendungsfällen (Bestand, Sanierung, Neubau) ähnlich. Für die ökologische Analyse muss an dieser Stelle allerdings differenziert werden, wie nachfolgend erläutert:

- Umgang mit Bestand: Für Bestandsquartiere und vorhandene Energieversorgungskonzepte ist der Beitrag durch konstruktive Aspekte im Rahmen der ökologischen Nachhaltigkeitsbewertung definitionsgemäß „Null“. Es erfolgt auch keine teilweise Anrechnung. Es werden nur die CO<sub>2</sub>-äquivalenten Emissionen ermittelt, die im Rahmen des Gebäudebetriebes (Kapitel 3.6) anfallen.
- Umgang mit Neubau: Es werden alle konstruktiven Elemente des Quartiers und des jeweiligen Energieversorgungskonzeptes im Sinne der Bilanzgrenzen (Kapitel 3.4) bilanziert und vollständig angerechnet. Die Bewertungslogik für konstruktive Aspekte berücksichtigt hier den sogenannten „Bau auf der grünen Wiese“.
- Umgang mit Sanierung: Für den Fall der Sanierung werden Maßnahmen auf Basis von Leistungsverzeichnissen (Primärdaten) spezifisch

abgebildet, generische Sanierungsmaßnahmen bilanziert oder pauschale Ansätze genutzt. Für die spezifische Bilanzierung werden vereinfacht nur die im Rahmen der Sanierung neu eingebrachten Materialströme berücksichtigt und analog dem Neubau in Herstellung, Ersatz/Austausch und Lebensende bilanziert. Im Falle der Energieversorgung (zentral und dezentral) wird vereinfacht immer von einem kompletten Tausch der Erzeugertechnologien (Strom, Wärme, Kälte, Lüftung etc.) ausgegangen.

Ersatz und Austausch von Komponenten (Modul B4): Der Ersatz und Austausch von Komponenten der Baukonstruktion sowie der technischen Anlagen wird über den Zeitraum von 50 Jahren berücksichtigt, sofern die Lebensdauer dieser Komponenten und Anlagen geringer als der Betrachtungszeitraum ist. Hierzu wird eine Austauschhäufigkeit mit ganzzahligem Austausch berücksichtigt. Für die Baukonstruktion werden die Nutzungsdauern gemäß Leitfaden Nachhaltiges Bauen [BMWSB 2021-1] und für die Technischen Anlagen gemäß VDI 2067 [VDI 2012] genutzt.

Szenarien für das Lebensende (Modul C): In Anlehnung an Vorgaben zur Ökobilanz aus der Nachhaltigkeitszertifizierung [DGNB 2023] beziehungsweise der Gebäudeförderung [BMWSB 2022] werden für das Lebensende materialgruppenspezifische Ansätze genutzt:

- Mineralische Materialien: Stoffliche Verwertung und/oder Entsorgung (Inertstoffdeponie);
- Metalle: Stoffliche Verwertung/Recycling;
- Materialien mit Heizwert: Thermische Verwertung;
- Alle sonstigen Materialien: Entsorgung (Inertstoffdeponie).

In der Regel sind diese materialgruppenspezifischen Ansätze sowie die hiermit verbundenen etwaigen Belastungen und Gutschriften in den hauptsächlich verwendeten Ökobilanzdaten der ÖKOBAUDAT [BMWSB 2021-2] enthalten. Für projektspezifische Modelle zur Abbildung der Energieversorgung werden diese Ansätze entsprechend übernommen und in der Modellbildung berücksichtigt.

Nicht-energetisch relevante Bauteilflächen: Insbesondere die Typgebäude der übertragbaren Lösungsansätze für Klimaneutralität [Schrade 2022-1] weisen nur energetisch relevante Bauteile der Gebäudehülle aus, die im Rahmen der Energiebedarfsberechnung Berücksichtigung finden. Für die Ökobilanz sind aber auch nicht-energetisch relevante Bauteile wie Gründung/Unterbau (KG320), Innenwände (KG340), Treppen (KG350) und Decken (KG350) von Bedeutung. Für die Innenwände (KG340) und Decken (KG350) wurden hierzu vergleichbare Gebäudeprojekte aus dem Baukosteninformationssystem BKI [BKI 2022] auf Flächeninformationen ausgewertet.

Für Gründung/Unterbau (KG320) und Treppen (KG350) wurden Erfahrungswerte für EFH und MFH aus vergangenen Projekten des Fraunhofer IBP zur Abschätzung gewählt. Die Ansätze nutzen für die Schließung vorhandener Datenlücken für Bauteile jeweils den Bezug zur Nettoraumfläche.

Sicherheitsaufschläge: Sicherheitsaufschläge sind in der vorliegenden Analyse bei Anwendung eines vereinfachten Bilanzierungsverfahrens nicht berücksichtigt. Sie führen bei Anwendung konservativer Bewertungsansätze zu erhöhten, absoluten und potenziellen Umweltwirkungen für die Gebäudekonstruktion sowie die Lebenszyklusmodule Herstellung (A1-A3), Austausch/Ersatz (B4) und Lebensende (C3-C4).

Detaillierte und zusätzliche spezifische Annahmen und Abschätzungen zur Abbildung der Technologien zur Energieversorgung werden im Kapitel 4 dokumentiert. Spezifische Annahmen für die Gebäude sind in Kapitel 5 zu finden. Generell werden konservative Annahmen zu Grunde gelegt.

### 3.6 Umgang mit dem Gebäudebetrieb

Die Eingangsdaten für die Bilanzierung des Gebäudebetriebs (Modul B6) werden gemäß Methodik der DIN V 18599 [Beuth 2018-1] ermittelt. Hierzu zählen u. a. Energiebedarfswerte für Strom, Wärme, Kälte als auch für die jährliche Energieproduktion bei Nutzung von Photovoltaik und Windkraft. Die so ermittelten Energiebedarfswerte werden mit den gemäß DIN V 18599 anzusetzenden Faktoren für die Ermittlung der CO<sub>2</sub>-äquivalenten Emissionen verrechnet. Die Faktoren gemäß DIN V 18599 basieren auf dem Rechenmodell von GEMIS [IINAS 2024]. Sie müssen von den Ökobilanzergebnissen für die konstruktiven Aspekte des Quartiers differenziert werden, da hier nicht zwingend Kongruenz und Deckungsgleichheit im methodischen Ansatz der verwendeten Faktoren und Hintergrunddaten gegeben ist.

### 3.7 Datenqualität und verwendete Ökobilanzsoftware

Aspekte der Datenqualität im Rahmen der Ökobilanz adressieren u. a. die Repräsentativität, Vollständigkeit, Genauigkeit, Konsistenz und Nachvollziehbarkeit der verwendeten Daten.

Umweltinformationen zur Berücksichtigung der Emissionen aus dem Gebäudebetrieb werden auf Grundlage der DIN V 18599 [Beuth 2018-1] ermittelt. Umweltinformationen zur Berücksichtigung von potenziellen Emissionen aus Herstellung (A1-A3), Ersatz/Austausch (B4) und Lebensende (C3-C4) werden konsistent zur EN 15804+A1 [Beuth 2020] bereitgestellt.

Die Datengrundlage der Ökobilanzmodelle für die Gebäude und die Technologien zur Energieversorgung stellen zu einem großen Anteil (in etwa 90 %)

öffentlich verfügbare Umweltinformationen dar. Hierbei werden zumeist generische Daten der ÖKOBAUDAT [BMWSB 2021-2] verwendet, welche um produktspezifische Daten sogenannter Umweltproduktdeklarationen ergänzt werden. Im Fall von Datenlücken, wurde für Hintergrunddaten der Ökobilanzmodelle der Technologien der Energieversorgung das Software und Datenbanksystem Sphera LCA for Experts [Sphera 2023] genutzt. Die verwendeten Hintergrunddaten sind geografisch repräsentativ für Deutschland und decken zeitlich den Zeitraum der Jahres 2018 bis 2022 ab. Ökologische Informationen für die Technologien der Energieversorgung sind unter Berücksichtigung spezifischer Bandbreiten für unterschiedliche Leistungsbereiche (z. B. Wärmepumpen im Leistungsbereich von 5 bis 500 kW) und auf Basis der Festlegung von Stellvertreter-Technologien (z. B. Photovoltaik, Silizium, monokristallin) bereitgestellt.

Generische wie auch spezifische Daten werden im Gebäudeökobilanz-Tool Generis® [Fraunhofer IBP 2024-4] für die Modellbildung genutzt und in aggregierter Form angebunden. Die Software Generis® [Fraunhofer IBP 2024-4] bietet hierzu die folgenden Hierarchie- bzw. Aggregations-Ebenen zur Strukturierung von Ökobilanzdaten:

- Prozess-Informationen: Sie stellen die unterste Ebene dar und beziehen sich auf spezifische Produkte und Materialien (z. B. Beton), spezifische Energieträger (z. B. Strom-Mix) oder spezifische Technologien der Energieversorgung (z. B. Wärmepumpe). Prozess-Informationen strukturieren sich gemäß EN 15804+A1 [Beuth 2020] und weisen die Umweltwirkungen in den einzelnen Lebenszyklusmodulen separat aus.
- Konstruktions-Informationen: Sie verknüpfen Prozess-Informationen auf Basis einzelner Schichtaufbauten mit Hilfe von Umrechnungsfaktoren zu einer Gesamtinformation für ein spezifisches (auch zusammengesetztes) Bauteil (z. B. eine Außenwand) für eine definierte Bezugsgröße (z. B. 1m<sup>2</sup>).
- Projekt-Informationen: Sie stellen die oberste Ebene der Aggregation dar und verknüpfen Konstruktions-Informationen zu einer Gesamtinformation für ein spezifisches Bauwerk (z. B. ein Gebäude).

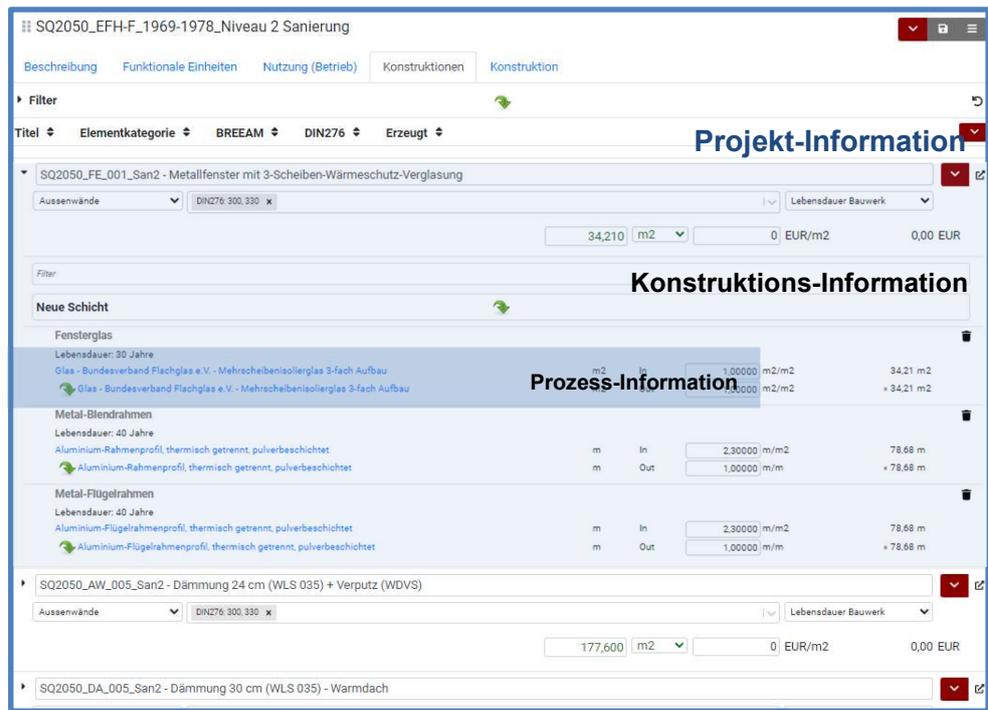


Bild 4:  
Strukturierung der Datengrundlage für District ECA im Tool Generis® am Beispiel EFH [Fraunhofer IBP 2024-4].

Konstruktions- und Projekt-Informationen werden unter Zuhilfenahme entsprechender Kategorien, Schlagworte und Auszeichnungsmarkierungen (so genannter Tags) und in Hinblick auf methodische Vorgaben zur Umsetzung der Quartiersökobilanz im Ökobilanzmodul strukturiert. Bild 4 zeigt ein Beispiel für ein Gebäudemodell Sanierung, EFH.

Massen- und Energieströme für die Modellbildung der Gebäude und Technologien der Energieversorgungskonzepte basieren zumeist auf Literaturdaten, u. a. technischen Systembeschreibungen für ausgewählte Stellvertreter-Technologien oder Planungshandbücher. Teilweise stehen auch herstellere-spezifische Primärdaten zur Verfügung, die im Projekt erhoben wurden. Die Qualität der verwendeten Daten kann als gut eingeschätzt werden.

### 3.8 Auswertung und Interpretation

Für die Wirkungsabschätzung werden international akzeptierte Umweltindikatoren und Wirkungskategorien verwendet, die u. a. auch im Rahmen der Nachhaltigkeitsbewertung und Gebäudeförderung Anwendung finden. Ihnen liegen belastbare wissenschaftliche Modelle zur Wirkungsabschätzung zu Grunde. Es werden die Umweltindikatoren und Wirkungskategorien gemäß EN 15804+A1 [Beuth 2020] genutzt.

Es werden Ergebnisse für folgende Wirkungskategorien und Umweltindikatoren mit Relevanz für die ökologische Bewertung im Projekt zur Verfügung gestellt:

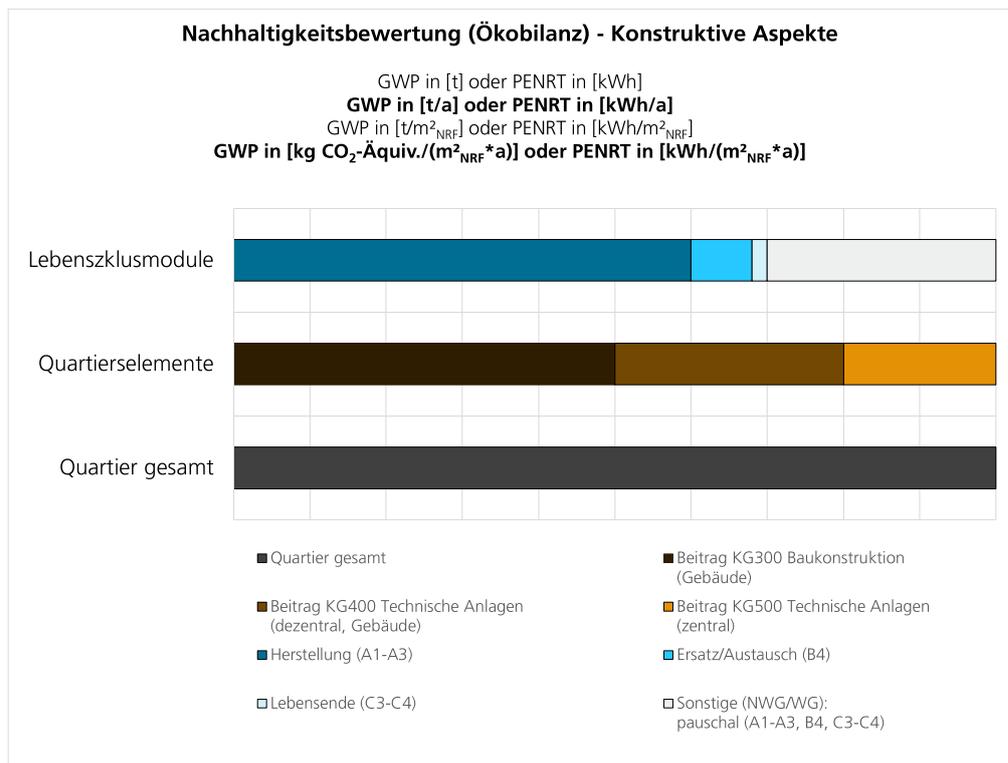
- Einsatz nicht erneuerbarer Primärenergie, total (PENRT) in [MJ]: als potenzieller Beitrag zur stofflichen und energetischen Nutzung von nicht erneuerbaren primärenergetischen Ressourcen sowie
- Treibhauspotenzial (GWP) in [kg CO<sub>2</sub>-Äquivalenten]: als potenzieller Beitrag zum Treibhauseffekt (Klimaerwärmung) beziehungsweise zur globalen Klimaänderung und zum globalen Klimawandel.

*Anmerkung: Für eine vereinfachte Kommunikation und in Analogie zur energetischen Gebäudebilanzierung werden die Ökobilanzergebnisse zum Einsatz nicht erneuerbarer Primärenergie (PENRT) in Kilowattstunden angegeben.*

Für die Interpretation der Ökobilanzergebnisse sind grundsätzlich folgende Sachverhalte relevant:

- Auftretende (negative) potenzielle Umweltwirkungen, die es zu vermeiden gilt, werden aus Sicht der Ökobilanz im mathematischen Sinne als positiver Wert dargestellt. Je geringer der Wert, desto vorteilhafter und desto weniger Emissionen sind potenziell mit dem Quartier verbunden.
- Auftretende (positive) potenzielle Umweltwirkungen, die es gegebenenfalls zu maximieren gilt, werden dagegen im mathematischen Sinne als negativer Wert dargestellt.
- Je näher die ermittelten Werte für das Treibhauspotenzial (GWP) an „Null“ liegen, desto eher kann Klimaneutralität erreicht werden.

Bild 5 gibt einen schematischen Einblick in die Visualisierung und Darstellung der Ökobilanzergebnisse im Projekt für konstruktive Aspekte im Quartierskontext.



**Bild 5:**  
 Schematische Darstellung der Visualisierung von Ökobilanzergebnissen für die konstruktiven Aspekte – nach Elementen des Quartiers am Beispiel eines mischgenutzten Quartiers [Eigene Darstellung].

Zum einen werden die Ergebnisse der Ökobilanz für konstruktive Aspekte des Quartiers über den Lebenszyklus als absoluter Gesamtwert ausgewiesen. Weiterhin wird differenziert nach den Beiträgen der einzelnen Bausteine des Quartiers: KG300 Baukonstruktion (Gebäude), KG400 Technische Anlagen (dezentral, Gebäude), KG500 Technische Anlagen (zentral). Zum anderen wird der Gesamtwert des Quartiers nach den Beiträgen der einzelnen Lebenszyklusmodule unterschieden: Herstellung (A1-A3), Ersatz/Austausch (B4) und Lebensende (C3-C4). Die Unterscheidung nach Lebenszyklusmodulen ist nur für die Wohngebäude (WG) umsetzbar. Auf Grund der fehlenden Verfügbarkeit und vorhandenen Struktur von Hintergrunddaten zur Ökobilanz für Nichtwohngebäude für die Kostengruppe KG300 Baukonstruktion, können diese nicht nach Lebenszyklusmodulen differenziert werden. Für die Nichtwohngebäude (NWG) wird nur ein aggregierter Wert aus den Lebenszyklusmodulen ausgewiesen und visualisiert (Wert „Sonstige NWG/WG“).

## 4 Ökobilanzmodelle: Produkte und Technologien

### 4.1 Zielstellung

Zielstellung des Aufbaus der Produkt- beziehungsweise Technologiemodelle ist es, quantifizierte lebenszyklusbezogene Umweltinformationen für die Quartiersökobilanz auf der Mikro- beziehungsweise Meso-Ebene (Kapitel 2) bereitzustellen. Umweltinformationen werden für die Demonstrationsquartiere Stuttgart (AP2.1) und Überlingen (AP2.2) als auch für die generischen Lösungsansätze (AP3.2) zur Verfügung gestellt. Die Umweltinformationen adressieren die konstruktiven Aspekte, d.h. sie stellen Informationen zum Materialeinsatz und somit zu den konstruktionsbedingten Umweltwirkungen der Technologien bereit.

Umweltinformationen werden für die im Bilanzrahmen des Quartiers (Kapitel 3.4) definierten Kostengruppen KG400 Technische Anlagen (zentral) und KG500 Technische Anlagen (dezentral) mit entsprechenden Ökobilanzmodellen abgebildet. Der Fokus liegt dabei auf den Erzeuger-/Speichertechnologien, Lüftungsanlagen und auf den Anlagenkomponenten für die zentrale Übergabe und Verteilung, die nicht über öffentlich verfügbare Datensätze der ÖKOBAUDAT [BMWSB 2021-2] für die Quartiersökobilanz abgebildet werden.

### 4.2 Technische Systembeschreibung

In den Technologiesteckbriefen in Anhang A.1 bis A.6 sind die technischen Systeme und TGA-Komponenten unter Angabe ihrer wesentlichen Randbedingungen und Charakteristiken für die Modellbildung beschrieben.

### 4.3 Funktion und funktionelle Einheit

In Tabelle 1 sind die deklarierten Einheiten der ökobilanziell bewerteten Technologiemodelle (zentral und dezentrale Technische Anlagen) in Anlehnung an EN 15804+A1 aufgeführt.

Tabelle 1:  
Gewählte funktionelle Einheiten für die Technologiemodelle.

| TGA-Gruppe                | TGA-Komponente   | Bezugsgröße   |
|---------------------------|--|---|
| Kessel                    | Gas-Brennwertgerät   | 1 Stück<br>Definierte Leistung [kW]   |
|                           | Pelletkessel   | 1 Stück<br>Definierte Leistung [kW]   |
|                           | Hackschnitzelkessel  | 1 Stück<br>Definierte Leistung [kW]   |
| Wärmepumpe                | Strom-Wärmepumpe (Sole-Wasser bzw. Wasser-Wasser)                            | 1 Stück<br>Definierte Nenn-Wärmeleistung [kW]   |
|                           | Zusätzliches Equipment für die Abwasserwärmerückgewinnung                    | Zusätzliches Equipment für die Abwasserwärmerückgewinnung für eine thermische Leistung von 1 kWth                       |
|                           | Soleverteiler  | 1 Stück<br>Definierte Anzahl an Solekreisen/Stück   |
|                           | Sole-Umwälzpumpe   | 1 Stück<br>Definierte Leistung [kW]   |
|                           | Erdsonde mit Soleflüssigkeit in Sonde  | 1 Erdsondenrohr mit 1 m Länge   |
|                           | Erdkollektor mit Soleflüssigkeit in Erdkollektor                             | 1 Erdkollektorrohr mit 1 m Länge  |
|                           | Komponenten für Grundwasserwärmenutzung                                      | Komponenten für Grundwasserwärmenutzung für 1 m Länge   |
|                           | Strom-Wärmepumpe (Luft-Wasser)   | 1 Stück<br>Definierte Nenn-Wärmeleistung [kW]   |
|                           | Agrothermiekollektor mit Monoethylenglykol-Wasser-Gemisch                    | 1 m <sup>2</sup>  |
| Blockheizkraftwerk (BHKW) | Biogas-BHKW  | 1 Stück<br>Definierte thermische Leistung [kWth]  |
|                           | Erdgas-BHKW  | 1 Stück<br>Definierte thermische Leistung [kWth]  |
|                           | Holzgas-BHKW   | 1 Stück<br>Bestehend aus 1 Stück Holzvergaser und 1 Stück Holzgas-BHKW<br>Jeweils definierte thermische Leistung [kWth] |
| Warm-Wasserbereitstellung | Elektrischer Heizstab  | 1 Stück<br>Definierte Leistung [kW]   |
|                           | Elektrischer Durchlauferhitzer   | 1 Stück<br>Definierte Leistung [kW]   |
| Verteilung                | Nahwärmenetz warm / Fernwärmeleitungen                                       | 1 gedämmte Rohrleitung mit 1 m Länge<br>Definierte Nennweite (DN)   |
|                           | Nahwärmenetz kalt  | 1 ungedämmte Rohrleitung mit 1 m Länge<br>Definierter Außendurchmesser (OD)   |
|                           | Netzpumpe  | 1 Stück<br>Definierte Leistung [kW]   |
|                           | Fern-/Nahwärmeübergabestation  | 1 Stück   |
| Solarthermie              | Flachkollektor   | 1 m <sup>2</sup> Kollektorfläche  |
|                           | Vakuumröhrenkollektor  | 1 m <sup>2</sup> Kollektorfläche  |
| Lüftungsanlagen           | Zentrale Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft mit 85 % Wärmerückgewinnung (WRG) | 1 Stück Lüftungsanlage<br>Definierter Volumenstrom [m <sup>3</sup> /h]  |

|                                 |   |  |
|---------------------------------|---|--|
|                                 | Mechanische Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung (WRG > 85 %) | 1 Stück Lüftungsanlage pro Definierter Volumenstrom [m <sup>3</sup> /h]                        |
|                                 | Lüftungskanäle und Zubehör Zu- und Abluftanlage                 | Kanäle und Zubehör pro MFH bzw. pro EFH  |
| Erneuerbare Strombereitstellung | Kleinwindkraft-Anlage   | 1m <sup>2</sup> Rotorfläche  |
|                                 | PV-Anlage   | 1 m <sup>2</sup> PV-Anlage (monokristallin bzw. multikristallin)                               |
|                                 | PVT-Kollektor   | 1 m <sup>2</sup> Kollektor-Aperturfläche   |
| Stromspeicher                   | Batteriespeicher für PV-Eigenstromnutzung                       | 1 Stück pro 1 kWh Speicherkapazität Lithium-Ionen-Batterie bzw. Lithium-Eisenphosphat-Batterie |
| Wärmespeicher                   | Pufferspeicher  | 1 Stück<br>Definiertes Speichervolumen [l]   |

#### 4.4 Verwendete Ökobilanz-Software, Hintergrunddaten und Datensätze

Es werden repräsentative Anlagenbeschreibungen herangezogen, um generische Ökobilanz-Modelle zu erstellen. Für die Modellierung der Produkte und Technologien wird das prozess- und flussbezogene Software und Datenbanksystem Sphera LCA for Experts, Content Version 2023.1 [Sphera 2023], verwendet.

#### 4.5 Systemraumerweiterung und Allokation

In den verwendeten Hintergrunddatensätzen der ÖKOBAUDAT sowie der Datenbank Sphera LCA for Experts können Allokationen enthalten sein, entsprechende Beschreibungen sind den Dokumentationen der Datensätze unter [www.oekobaudat.de](http://www.oekobaudat.de) bzw. <https://lcadatabase.sphera.com/> zu entnehmen.

#### 4.6 Sachbilanz und Modellbildung

Die Umweltprofile werden, sofern verfügbar, der öffentlichen Ökobilanzdatenbank ÖKOBAUDAT gemäß EN15804+A1 entnommen. Die verwendeten ÖKOBAUDAT-Datensätze sind technologisch und für Deutschland repräsentativ und beziehen sich auf das Referenzjahr 2018. Detaillierte Informationen zur Datenqualität können den Datensatz-Dokumentationen entnommen werden. Sind keine öffentlichen Datensätze verfügbar, so werden projektspezifische Umweltprofile mithilfe der professionellen Datenbank Sphera LCA for Experts [Sphera 2023] erstellt.

Für die Erstellung projektspezifischer Umweltprofile werden auf Basis der technischen Systembeschreibungen der Technologien die Materialströme

der Technischen Anlagen im Rahmen der Sachbilanz ermittelt. Sofern möglich, werden im Zuge von Herstelleranfragen Primärdaten für die verschiedenen technischen Systeme erhoben.

Bei fehlenden Informationen werden Werte aus Sekundärliteratur oder Expertenschätzungen herangezogen. Außerdem werden je nach Notwendigkeit Inter- oder auch Extrapolationen durchgeführt, um Umweltprofile für die geforderten Leistungsbereiche zu erstellen. Die erhobenen und genutzten Daten sind zeitlich repräsentativ für die Jahre 2019 und jünger.

Im Allgemeinen liegt der Modellierung des Lebensendes der technischen Anlagen vereinfacht die Annahme zugrunde, dass die technischen Systeme nach Erreichen ihrer Nutzungsdauer sortenrein in ihre Materialien getrennt werden. Zudem sind für die verschiedenen Materialien/Komponenten der TGA die in Tabelle 2 aufgeführten Sammel- und Recyclingraten angesetzt. Von diesen Modellierungsansätzen gegebenenfalls abweichende sowie ergänzende Annahmen für die Abbildung des Lebensendes (Modul C) in der Software Sphera LCA for Experts sind in den Technologie-Steckbriefen dokumentiert. In den verwendeten Ökobilanz-Datensätzen für das Recycling von Materialien sind mitunter Recyclingverluste berücksichtigt. Informationen hierzu können der Dokumentation der Datensätze entnommen werden (<https://lcadatabase.sphera.com/>).

Tabelle 2:  
Materialspezifische Sammel- und Recyclingraten für die Modellierung des Lebensendes (Modul C).

| Material/Komponente                                   | Sammel-/Recyclingrate   | Quelle  |
|---|---|---|
| Stahl und Eisen Materialien                           | 99 % Sammelrate (davon 88,9 % Recycling, 11,1 % Wiederverwendung), 1 % Deponierung  | <a href="https://bauforum-stahl.de/presse/stahl-ist-vorreiter-bei-ressourceneffizienz-und-baustoffrecycling">https://bauforum-stahl.de/presse/stahl-ist-vorreiter-bei-ressourceneffizienz-und-baustoffrecycling</a>     |
| Edelstahl   | 90 % Sammelrate   | <a href="https://www.fsb.de/de/download-dokumente/weitere-downloads/umweltschutz/EPD-FSB-2011211-D_Edelstahl/">https://www.fsb.de/de/download-dokumente/weitere-downloads/umweltschutz/EPD-FSB-2011211-D_Edelstahl/</a> |
|   | Von den gesammelten Stoffen werden 100 % recycelt. Für den übrigen 10%-igen Teil wird eine Deponierung modelliert.              | Eigene Annahme.   |
| Kunststoffteile                                       | 80 % Sammelrate (davon 100 % Verbrennung mit Energierückgewinnung), 20 % Deponierung  | Gemäß statistischer Daten für die EU: <a href="https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/landfill-waste_en">https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/landfill-waste_en</a>         |
| Leichtmetalle (Blechteile oder Gussteile) - Aluminium | „Für das End of Life wird eine Sammelrate von 90 % angenommen. Für den übrigen 10%-igen Teil wird eine Deponierung modelliert.“ | <a href="https://www.bemo.com/f/d-1094.1/BEMO_EP_D_Aluminiumprofil_DE.pdf">https://www.bemo.com/f/d-1094.1/BEMO EP_D Aluminiumprofil DE.pdf</a>   |
|   | 100 % Sammelrate  | Eigene Annahme.   |

|                                       |  |  |
|---------------------------------------|--|--|
| Nichteisenmetalle<br>(z. B. Kupfer)   | Davon 90 % Recycling, 10 % Deponierung                                       | Eigene Annahme.  |
| Messing-Bauteil                       | Gemäß der Dokumentation des verwendeten ÖKOBAUDAT-Datensatzes.               | Eigene Annahme.<br><a href="https://oekobaudat.de/OEKO-BAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=d9ee3a94-83a2-4615-b071-9afa3aaeff42&amp;version=20.19.120&amp;stock=OBD_2021_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKO-BAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=d9ee3a94-83a2-4615-b071-9afa3aaeff42&amp;version=20.19.120&amp;stock=OBD_2021_I&amp;lang=de</a> |
| Elektronik (Leiterplatten)            | Sammelrate: 100 %<br>(davon 100 % Verbrennung mit Energierückgewinnung)      | Eigene Annahme.  |
| Kabel                                 | Sammelrate: 100 %  | Eigene Annahme.  |
|                                       | Davon: Recyclingrate: 90 %, Deponierate: 10 %                                | <a href="https://oekobaudat.de/OEKO-BAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=55e5f6b9-224f-4938-8ae7-5495fade6f19&amp;version=20.19.120&amp;stock=OBD_2021_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKO-BAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=55e5f6b9-224f-4938-8ae7-5495fade6f19&amp;version=20.19.120&amp;stock=OBD_2021_I&amp;lang=de</a>                    |
| Kältemittel R410a                     | Gemäß der Dokumentation des verwendeten ÖKOBAUDAT-Datensatzes.               | Eigene Annahme.<br><a href="https://oekobaudat.de/OEKO-BAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=988bb7c3-0a15-4626-a6c0-0883d4ff33dd&amp;version=20.19.120&amp;stock=OBD_2021_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKO-BAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=988bb7c3-0a15-4626-a6c0-0883d4ff33dd&amp;version=20.19.120&amp;stock=OBD_2021_I&amp;lang=de</a> |
| Pumpen                                | Sammelrate: 100 %  | Eigene Annahme.  |
|                                       | Recyclingrate: 95 %  | <a href="https://oekobaudat.de/OEKO-BAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=55e5f6b9-224f-4938-8ae7-5495fade6f19&amp;version=20.19.120&amp;stock=OBD_2021_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKO-BAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=55e5f6b9-224f-4938-8ae7-5495fade6f19&amp;version=20.19.120&amp;stock=OBD_2021_I&amp;lang=de</a>                    |
|                                       | Restlicher 5 %-iger Teil der gesammelten Pumpen wird deponiert.              | Eigene Annahme.  |
| Schmiermittel                         | Sammelrate: 100 %<br>Vollständige Beseitigung als Sondermüll                 | Eigene Annahme.  |
| Hydrauliköl                           | Sammelrate: 100 %<br>Vollständige Beseitigung als Sondermüll                 | Eigene Annahme.  |
| PV-Modul                              | Sammelrate: 100 %<br>Materialspezifisches Lebensende auf Basis des Berichts. | Life Cycle Inventory of Current Photovoltaic Module Recycling Processes in Europe. IEA PVPS Task12, Subtask 2, LCA: Report IEA-PVPS T12-12:2017, December 2017.  |
| Wasser-Glykol-Gemisch                 | Sammelrate: 100 %<br>Davon 100 % Entsorgung als Sondermüll.                  | Festlegung auf Basis von DIN 4640, Blatt 2, S. 88.   |
| Beton                                 | Sammelrate: 100 %  | Eigene Annahme.  |
|                                       | Davon 100 % Bauschuttzubereitung   | ÖKOBAUDAT  |
| Rohrisolierung<br>(PU/EPDM<br>Schaum) | Sammelrate: 100 %  | Eigene Annahme.  |
|                                       | Recyclingrate: 90 % (für Kunststoffisolierung)                               | <a href="https://oekobaudat.de/OEKO-BAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=55e5f6b9-224f-4938-8ae7-5495fade6f19&amp;version=20.19.120&amp;stock=OBD_2021_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKO-BAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=55e5f6b9-224f-4938-8ae7-5495fade6f19&amp;version=20.19.120&amp;stock=OBD_2021_I&amp;lang=de</a>                    |

|                                |   |   |
|--------------------------------|---|---|
|                                |   | <a href="https://oekobaudat.de/OEKO-BAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=55e5f6b9-224f-4938-8ae7-5495fade6f19&amp;version=20.19.120&amp;stock=OBD_2021_I&amp;lang=de">4938-8ae7-5495fade6f19&amp;version=20.19.120&amp;stock=OBD_2021_I&amp;lang=de</a>   |
|                                | Restlicher 10 %-iger Teil der gesammelten Rohrisolierung wird deponiert.                | Eigene Annahme.   |
| Mineralwolle                   | Sammelrate: 100 %   | Eigene Annahme.   |
|                                | 100 % Inertstoffdeponie   | <a href="https://oekobaudat.de/OEKO-BAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=55e5f6b9-224f-4938-8ae7-5495fade6f19&amp;version=20.19.120&amp;stock=OBD_2021_I&amp;lang=de">https://oekobaudat.de/OEKO-BAU.DAT/datasetdetail/process.xhtml?uuid=55e5f6b9-224f-4938-8ae7-5495fade6f19&amp;version=20.19.120&amp;stock=OBD_2021_I&amp;lang=de</a> |
| Wasser von saisonalem Speicher | Wasser wird zu 100 % ins Grundwasser zurückgeführt.                                     | Eigene Abschätzung.   |
| Klebstoff                      | Sammelrate: 0 %<br>Wird zu 100 % Deponierung zugeführt.                                 | Eigene Annahme.   |
| PP-Vlies                       | 80 % Sammelrate (davon 100 % Verbrennung mit Energierückgewinnung),<br>20 % Deponierung | Siehe Kunststoffteile.  |
| PC/PET-Folie                   | 80 % Sammelrate (davon 100 % Verbrennung mit Energierückgewinnung),<br>20 % Deponierung | Siehe Kunststoffteile.  |

Der Großteil der verwendeten Datensätze der Datenbank Sphera LCA for Experts ist zum Zeitpunkt der Erstellung der projektspezifischen Ökobilanzmodelle nicht älter als zwei Jahre, bildet Durchschnittstechnologien ab und ist geographisch repräsentativ für Deutschland.

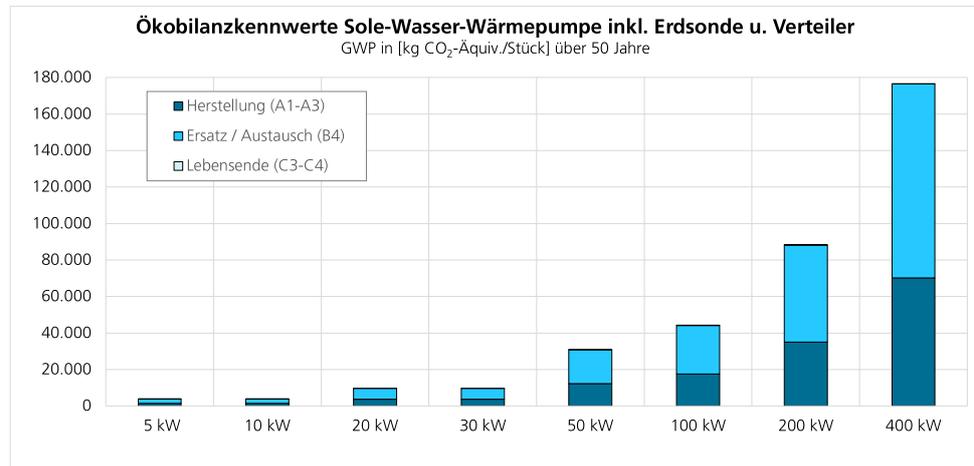
#### 4.7 Auswertung und Interpretation

Technologieübergreifend weist die Herstellung (Modul A1-A3) der bilanzierten Produkte und Technologien den größten Beitrag zum Klimawandel und die Nutzung von nicht erneuerbaren primärenergetischen Ressourcen (stofflich und energetisch) auf. Relevanten Einfluss auf die Ökobilanzergebnisse haben beispielsweise Materialien wie Stahl, Eisen, Kupfer und Aluminium. Die Ergebnisse zeigen aber auch die Relevanz und den Einfluss der gewählten Nutzungsdauer der Komponenten (und damit verbundenen Austauschhäufigkeit) über den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren (Modul B4).

Die Skalierbarkeit und Übertragbarkeit der zur Verfügung gestellten Umweltinformationen ist nur unter den angegebenen Randbedingungen und technischen Kennwerten gegeben. Es ergeben sich u.a. Einschränkungen durch die konstruktiven Anlagenausführungen. Im Fall einer Lüftungsanlage bedeutet beispielsweise eine Verdoppelung der Leistung des Gerätes nicht, dass das Gerät doppelt so groß beziehungsweise doppelt so schwer ist. Vielmehr ist die Größe von Lüftungsanlagen u. a. von der Nutzungsart (z. B. Büro/Wohnen), dem Luftwechsel und der Raumfläche abhängig.

Es ist grundsätzlich zu beachten, dass die Umweltinformationen der generischen Datensätze der ÖKOBAUDAT je nach Datenqualität mit einem Sicherheitszuschlag von bis zu 30% versehen sind.

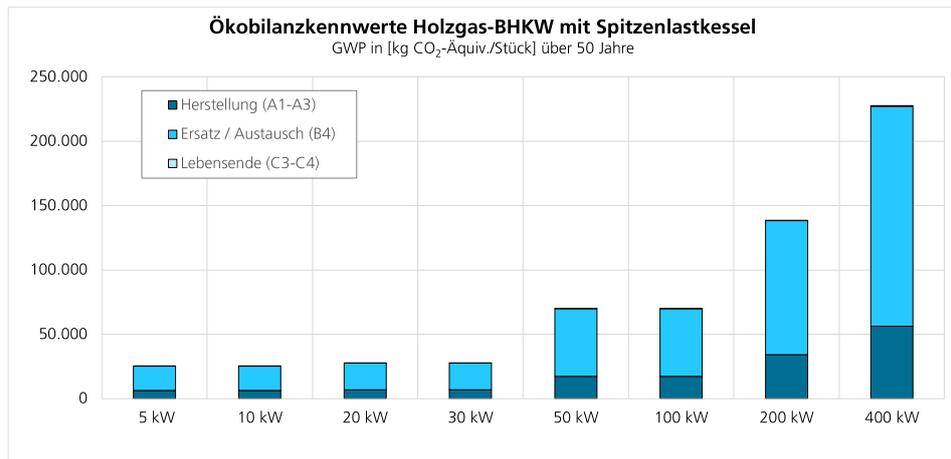
**Ergebnisse Technologieökobilanz:** In Bild 6 sind beispielhaft die Ökobilanzkennwerte einer Sole-Wasser-Wärmepumpe veranschaulicht. In der Bilanzierung sind neben der Wärmepumpe selbst auch die Erdsonde und der Soleverteiler über eine konservative Abschätzung mitberücksichtigt.



**Bild 6:** Ökobilanzkennwerte KG400 Technische Anlagen, Sole-Wasser-Wärmepumpe [Eigene Darstellung].

Es wird ersichtlich, dass die Herstellungsphase (Modul A1-A3) sowie der anteilige Austausch/Ersatz (Modul B4) über den Zeitraum von 50 Jahren signifikant zum Treibhauspotenzial über den Lebenszyklus beitragen. Der ökobilanziellen Bewertung liegt eine Nutzungsdauer der Sole-Wasser-Wärmepumpe von 20 Jahren zugrunde. Infolgedessen wird die Wärmepumpe zweimal über den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren ausgetauscht. Die Erdsonden hingegen werden mit einer Nutzungsdauer von 50 Jahren berücksichtigt. Kupfer für den Wärmetauscher hat mit etwa 89 % den höchsten Massenanteil an der Materialzusammensetzung der Wärmepumpe. Infolgedessen bestimmt der Wärmetauscher der Wärmepumpe signifikant die Höhe der Umweltwirkungen dieser Komponente.

In Bild 7 sind außerdem die Ergebnisse der Ökobilanz eines Holzgas-Blockheizkraftwerks (BHKW), das mit Hackschnitzeln gespeist wird, mit einem Biomasse-Spitzenlastkessel dargestellt. Die zugrundeliegenden spezifischen Produktmodelle sind konservativ skaliert.



**Bild 7:**  
Ökobilanzkennwerte KG400 Technische Anlagen, Holzgas-Blockheizkraftwerk (BHKW) mit Spitzenlastkessel Biomasse [Eigene Darstellung].

Auch bei dieser Technologie ist der Großteil der konstruktionsbedingten Umweltwirkungen auf die Herstellungsphase (A1-A3) sowie den anteiligen Austausch/Ersatz (B4) über den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren zurückzuführen. Die Nutzungsdauer des BHKWs ist mit 15 Jahren und einem 3-fachen Austausch über den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren angesetzt. Die Sprünge in diesem Balkendiagramm spiegeln deutlich wider, dass das Holzgas-BHKW mit Vergaser in definierten Leistungsbereichen arbeitet und die dem Technologiemoell zugrundeliegenden Massen der Komponente von der Leistung des Holzgas-BHKWs und des Vergasers abhängen. Dieses Beispiel zeigt repräsentativ für BHKWs, dass ab einer definierten thermischen Leistung eine Kaskadierung mehrerer kleiner Anlagen erfolgt, um höhere Leistungen bereitstellen zu können.

## 5 Ökobilanzmodelle: Gebäude

### 5.1 Zielstellung

Zielstellung des Aufbaus der Gebäudemodelle ist es quantifizierte lebenszyklusbezogene Umweltinformationen für die Quartiersökobilanz auf der Mikro- beziehungsweise Meso-Ebene (Kapitel 2) bereit zu stellen. Umweltinformationen werden für die Demonstrationsquartiere Stuttgart (AP2.1) und Überlingen (AP2.2) als auch für die generischen Lösungsansätze (AP3.2) zur Verfügung gestellt. Die Umweltinformationen adressieren die konstruktiven Aspekte, d.h. sie stellen Informationen zum Materialeinsatz und somit zu den konstruktionsbedingten Umweltwirkungen der Technologien bereit.

Umweltinformationen werden für die im Bilanzrahmen des Quartiers (Kapitel 3.4) definierte Kostengruppe KG300 Baukonstruktion mit entsprechenden Ökobilanzmodellen abgebildet. Im Speziellen werden die folgenden Gebäude ökologisch analysiert:

- Sanierung des Bettenhauses im Quartier Stuttgart (AP2.1);
- Neubau im Quartier Überlingen (AP2.2) anhand des Wohnhauses 10 sowie
- die Sanierung von generischen Typgebäuden und/oder deren Neubau für die Nutzung im Rahmen der übertragbaren Lösungsansätze für die klimaneutrale Energieversorgung (AP3.2).

### 5.2 Funktion und Funktionelle Einheit

Die Funktion der zu bilanzierenden Gebäude wird als die Bereitstellung von thermisch konditionierter Fläche zu unterschiedlichen Nutzungszwecken über einen spezifischen Zeitraum definiert. In Anlehnung an gängige funktionelle Einheiten aus der Nachhaltigkeitszertifizierung [DGNB] beziehungsweise der Gebäudeförderung [QNG] mit Flächenbezug sowie die gewählte funktionelle Einheit für die Quartiersbilanz, wird als Bezugseinheit gewählt:

- $1\text{m}^2$  konditionierte Nettoraumfläche (NRF) und 1 Jahr des Betrachtungszeitraums ( $1\text{m}^2_{\text{NRF}} \cdot \text{a}$ )

Als Betrachtungszeitraum werden 50 Jahre zu Grunde gelegt.

### 5.3 Modellbildung, verwendete Daten und Software

Umweltinformationen für Bauprodukte werden der öffentlichen Ökobilanzdatenbank ÖKOBAUDAT mit Datenbankversion 2021-II [BMWSB 2021-2] gemäß EN15804+A1 entnommen. Die verwendeten ÖKOBAUDAT-Datensätze sind technologisch und für Deutschland repräsentativ und beziehen sich auf das Referenzjahr 2021. Detaillierte Informationen zur Datenqualität können den jeweiligen Dokumentationen der Datensätze entnommen werden.

Für die Modellierung der Kostengruppe KG300 Baukonstruktion wird das Gebäudeökobilanztool GENERIS® [Fraunhofer IBP 2024-4] verwendet.

### 5.4 AP2.1 Quartier Stuttgart: Bettenhaus

Aufgrund der Heterogenität der Eigentümergegenstände, wird die Ökobilanzierung des Bettenhauses mit einem vereinfachten Detailgrad durchgeführt. Für die Ökobilanz des Quartiers Stuttgart werden folgende Elemente berücksichtigt:

- Gebäude (Neubau und Sanierungsmaßnahmen): Baukonstruktion KG300

#### 5.4.1 Technische Systembeschreibung

Untersuchungsgegenstand: Ökobilanziert werden die Sanierungsaktivitäten am Bettenhaus (für den Wohnbereich und den Bereich mit KiTa)

Datenqualität: Die Datenerfassung erfolgt auf Basis von Primärdaten zur Sanierung. Es werden EnEV-Nachweise und Planunterlagen mit Informationen zu den Konstruktionsaufbauten der sanierten Bauteile berücksichtigt, z.B.

- Geometrische Abmessungen und Angaben: Flächen der Konstruktionen in m<sup>2</sup>, Schichtdicken in mm u. ä.;
- Bauteilbezeichnungen und technische Charakterisierung der eingebrachten Komponenten und Produkte.

#### 5.4.2 Sachbilanz

Die Ökobilanz-Modelle für die Sanierungsmaßnahmen der Gebäude-Hülle werden in der Software GENERIS® [Fraunhofer IBP 2024-4] abgebildet.

Die Sachbilanz basiert auf den Konstruktionsangaben (Aufbauschichten), die dem Bauteilkatalog entnommen werden, wobei die Flächenangaben der Konstruktionen auf dem Wärmeschutznachweis basieren.

In Anhang A.7 sind die berücksichtigten Konstruktionen der Bereiche Kita und Wohnen des Bettenhauses zusammengestellt. Anhang A.8 dokumentiert die verwendeten ÖKOBAUDAT-Datensätze.

In Tabelle 3 sind die Flächenangaben, die der Ökobilanzierung des Quartiers Stuttgart zugrunde liegen, aufgeführt. Weitere Sachbilanzdaten sind in den entsprechenden Berichten zum Energiekonzept Stuttgart dokumentiert.

Tabelle 3:  
Flächenaufstellung des Quartiers Stuttgart.

| Gebäude   | NGF [m <sup>2</sup> ] |
|---|-----------------------|
| Bettenhaus  | 12.956                |
| Wohnen, Sanierung<br>(über Typgebäude AP3.2 „MFH_G: Sanierung“) | 5.743                 |
| Wohnen, Neubau<br>(über Typgebäude AP3.2 „MFH_G: Neubau“)       | 41.507                |
| KITA: Neubau  | 2.885                 |
| Altenheim: Neubau   | 1.088                 |
| Supermarkt: Neubau  | 1.319                 |
| Misch: Neubau   | 2.128                 |
| Büro: Sanierung   | 1.431                 |
| <b>Gesamt</b>   | <b>69.057</b>         |

### 5.4.3 Abschätzungen und Annahmen

Die Daten für die Modellierung des Bettenhauses basieren auf Primärdaten für den Bauteilkatalog [EGS-Plan 2019-1] und auf den Wärmeschutznachweis [EGS-Plan 2019-2]. Es sind die Bereiche Wohnen und Kita berücksichtigt. Nach Abgleich der Bauteilinformationen der verschiedenen Datenquellen, konnten Inkonsistenzen in den Flächenangaben identifiziert werden. Diese wurden daher sinnhaft und mit einem konservativen Ansatz (z.B. Ansatz der höheren Bauteilfläche) gelöst.

Konstruktionen, für welche aufgrund fehlender Daten keine korrekte Mengenermittlung durchgeführt werden konnte (z.B. Türen), werden nicht berücksichtigt, da ihre Relevanz als gering eingeschätzt wird.

## 5.4.4 Ergebnisse und Interpretation

Die Ökobilanzergebnisse der Gebäude des Quartiers Stuttgart setzen sich aus der konkreten Bilanzierung des Bettenhauses, der Nutzung von Pauschalwerten aus QNG für Nichtwohngebäude und einem Ansatz für Sanierung nach Niveau 2 aus dem AP3.2 mit Hilfe des Typgebäudes MFH\_G (vergleiche Kapitel 5.6) zusammen. Damit werden Ergebnisse für die Gebäude in Stuttgart für alle Gebäudebestandteile im Quartier ermittelt.

Die Ergebnisse für das Treibhauspotenzial (GWP) der Gebäude sowie des Einsatzes von nicht erneuerbarer Primärenergie (PENRT) sind in Bild 8 und Bild 9 dargestellt.

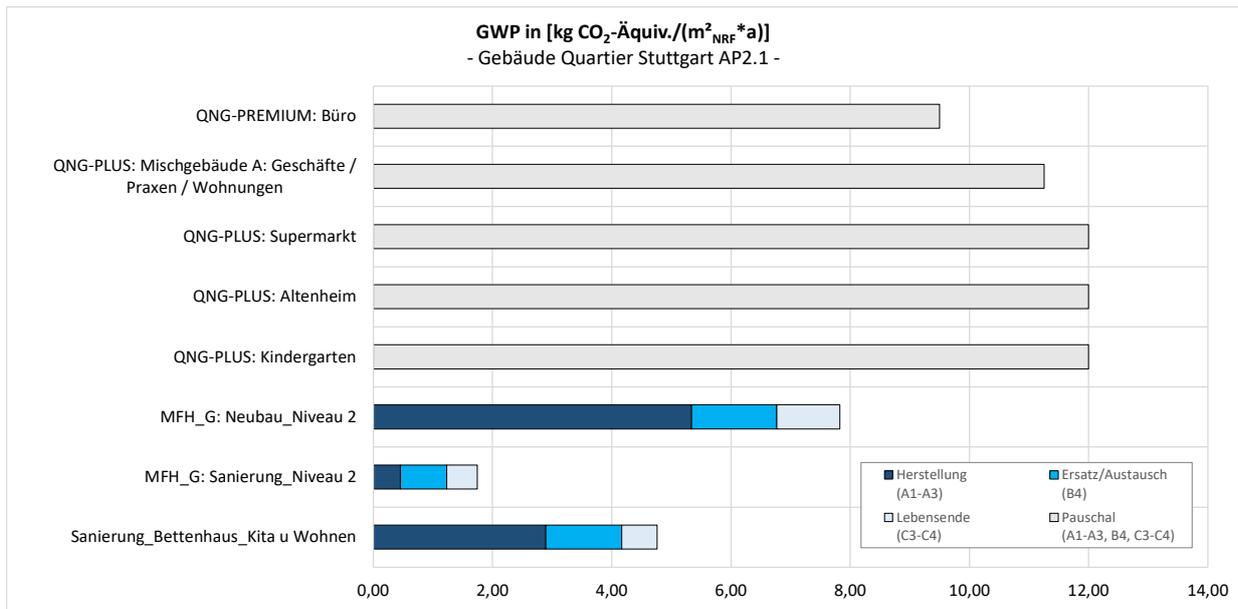
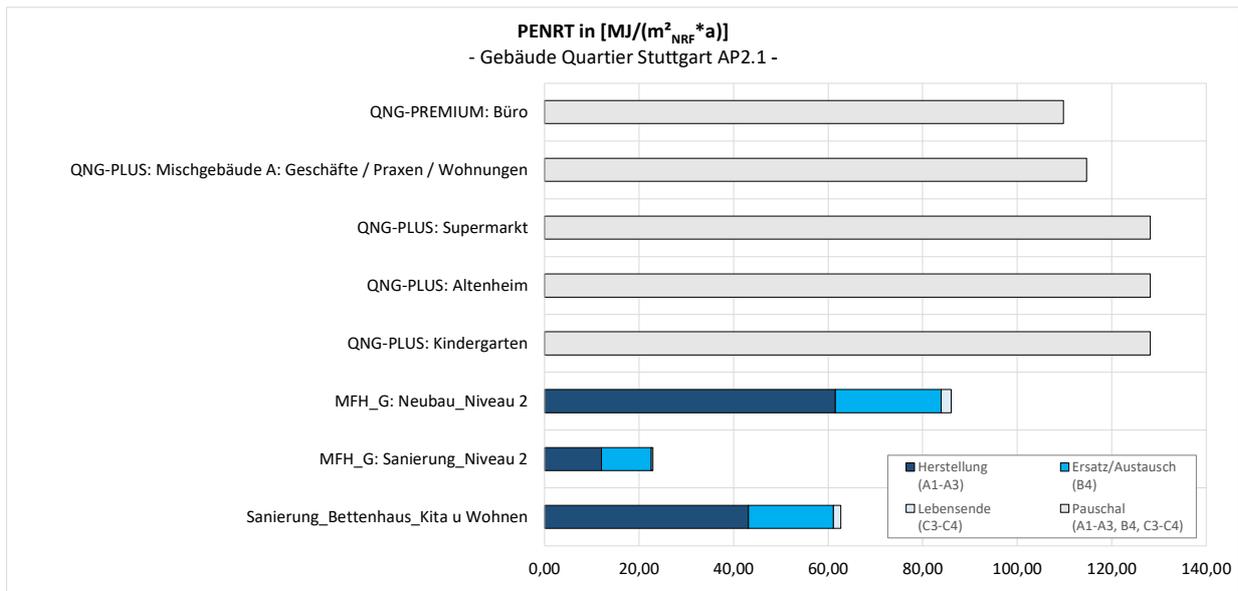


Bild 8:  
GWP in [kg CO<sub>2</sub>-Äquiv./( $m^2_{NRF}$ \*a)] der Gebäude des Quartiers Stuttgart (AP2.1) für die berücksichtigten Lebenszyklusphasen.



**Bild 9:**  
PENRT in [MJ/(m<sup>2</sup><sub>NRF</sub>\*a)] der Gebäude des Quartiers Stuttgart (AP2.1) für die berücksichtigten Lebenszyklusphasen.

Die Bilanzergebnisse der Gebäude zeigen, dass für Neubauaktivitäten im Quartier als auch für die Sanierung des Bettenhauses, die Herstellung der konstruktiven Elemente (Modul A1-A3) relevant ist. In Bezug auf die Sanierung zeigt der vereinfachte Ansatz ebenfalls die reduzierten Umweltwirkungen, bei Nutzung der Option zur Sanierung. In Gegenüberstellung des Ansatzes einer generischen Sanierung nach Niveau 2 am Typgebäude MFHG\_G und der konkret bilanzierten Sanierung am Bettenhaus zeigt sich hier ein Faktor von ca. 3-fach höheren Umweltwirkungen bei detaillierter Bilanzierung. In Gegenüberstellung zu den Wohngebäuden, zeigt der vereinfachte Ansatz ebenfalls die höheren Umweltwirkungen je funktioneller Einheit für die Nichtwohngebäude auf.

## 5.5 AP2.2 Quartier Überlingen: Wohnhaus 10

### 5.5.1 Technische Systembeschreibung

Gegenstand der Ökobilanzierung ist das Mustergebäude 10 des Wohnquartiers am Schöttlisberg in Überlingen, ohne Einbezug der Außenanlagen. Das Gebäude verfügt über 6 Vollgeschosse mit einer umbauten Bruttogrundfläche (BGF) in Höhe von 2.028 m<sup>2</sup> und einer Nettoraumfläche (NRF) in Höhe von 1.726 m<sup>2</sup>. In dem Mehrfamilienhaus sind 17 Wohnungen untergebracht. Darüber hinaus verfügt das Gebäude über einen separaten Waschraum, einen Müllraum, Kellerabteile für jede Wohnung sowie je einen Raum für die Heizungsanlage und den Batteriespeicher.

### 5.5.2 Sachbilanz

Das Bilanzierungsmodell setzt sich aus den Schichtaufbauten der einzelnen Bauteile der Kostengruppen KG300 und der technischen Anlagen KG400 zusammen. Die Ökobilanz berücksichtigt die folgenden Komponenten:

- Außenwände (inkl. Türen und Fenster) und Kellerwände
- Dach und Dachterrasse ohne Dachluke
- Geschossdecken (inklusive Fußbodenaufbau und –beläge)
- Bodenplatten (inkl. Fußbodenaufbau und –beläge)
- Fundamente (nicht berücksichtigt)
- Innenwände und Türen

In Übereinstimmung mit den Vorgabengaben der Gebäudezertifizierung wird bei der Erstellung des Gebäudemodells für die Ökobilanz zwischen Neubau und Bestandskonstruktion differenziert. Aufgrund des Verursacherprinzips, werden vor der Baumaßnahme bereits bestehende Baukonstruktionen, wie beispielsweise die Tiefgarage, nicht bilanziert.

Die eingehenden Sachbilanzdaten sind im Bericht zum Energiekonzept Überlingen dokumentiert: Die Wärmeenergieerzeugung für das Quartier erfolgt außerhalb des Gebäudes in der Energiezentrale „Stadtwerk am See“. Über ein 3-Leiter-Wärmenetz werden die dezentralen Wärmespeicher in den Gebäuden gespeist. Das Stromversorgungskonzept des Quartiers sieht eine dezentrale Stromerzeugung durch Photovoltaik-Anlagen auf den Dächern der Gebäude mit einem zentralen Batteriespeicher in Haus 10 vor. Zusätzlich

benötigte Energie wird durch Rückgriffe auf das Stromnetz zur Verfügung gestellt. Die Wärmeerzeugung, die Photovoltaik-Anlage sowie der Batteriespeicher wurden in der Gebäude-Ökobilanz nicht berücksichtigt, da diese Anlagen kumuliert über das gesamte Quartier in der Quartiersbilanz (Kapitel 6.3 berücksichtigt werden.

### 5.5.3 Abschätzungen und Annahmen

Die Mengen und die Schichtaufbauten der einzelnen Bauteile sind, soweit enthalten, aus vorhandenen EnEV-Berechnung entnommen. Schichtaufbauten, welche nicht in der EnEV-Berechnung enthalten sind, werden einer zusätzlich verfügbaren Bauteilaufstellung gemäß Architektenangaben entnommen.

Für einige Bauteile standen keine verlässlichen Schichtaufbauten oder Mengen zur Verfügung. In diesen Fällen wurden Annahmen auf Grundlage der Pläne bzw. von Vergleichswerten getroffen. Die betreffenden Bauteile und die für die Modellierung zu Grunde gelegten Annahmen sind der folgenden Tabelle 4 zu entnehmen und komplettieren das Gebäudemodell.

Tabelle 4:  
Bauteile und Modellierungsannahmen.

| <b>Innenwände</b>   |                                  |                      |
|---|----------------------------------|----------------------|
| - Verhältnis der Bauteildicken der KS-Wände anhand der Architektenpläne bestimmt                              |                                  |                      |
| <b>Wandtyp</b>  | <b>Flächenanteil</b>             |                      |
| Kalksandstein mit Wandstärke 24 cm  | 75 %                             |                      |
| Kalksandstein mit Wandstärke 18 cm  | 25 %                             |                      |
| <b>Gemittelte Wandstärke</b>  | <b>22,5 cm</b>                   |                      |
| <b>Treppen</b>  |                                  |                      |
| - Werden in Kostengruppe KG350 gem. DIN 276 mit berücksichtigt und ausgewiesen                                |                                  |                      |
| <b>Pflastersteinbelag Balkone und Dachterasse</b>   |                                  |                      |
| - Der Datensatz für Pflastersteine betrachtet lediglich die Module A1-A3                                      |                                  |                      |
| - Als End of Life-Szenario wurde die Bauschutttaufbereitung von 1,03 kg Bauschutt zu 1 kg Rezyklat modelliert |                                  |                      |
| <b>Bodenbeläge</b>  |                                  |                      |
| - Anteile von Fliesen, Zementestrich und Parkett anhand der Architektenpläne bestimmt                         |                                  |                      |
| <b>Bodenbelag</b>   | <b>Fläche lt. Planunterlagen</b> | <b>Flächenanteil</b> |
| Massivholzparkett (Durchschnitt DE)   | 1.160,11 m <sup>2</sup>          | ~73 %                |
| Keramische Fliesen und Platten  | 101,78 m <sup>2</sup>            | ~6 %                 |
| Zementestrich   | 328,55 m <sup>2</sup>            | ~21 %                |
| <b>Fläche Gesamt</b>  | <b>1590,44 m<sup>2</sup></b>     | <b>100 %</b>         |
| <b>Farben und Lacke</b>   |                                  |                      |
| - Abschätzung des Flächengewichts in Höhe von 0,24 kg/m <sup>2</sup> auf Basis von Produktdatenblättern       |                                  |                      |

## Türen

- Maße gemäß Architektenunterlagen:

|               | Breite<br>[m] | Höhe<br>[m] | Fläche<br>[m <sup>2</sup> ] |
|---------------|---------------|-------------|-----------------------------|
| Innentüren    | 0,885         | 2,285       | 5,46                        |
| Wohnungstüren | 1,01          | 2,285       | 5,58                        |

- Konstruktiver Aufbau abgeschätzt mit:

| Bezeichnungen gem. ÖKOBAUDAT          | Berechnete Mengen   | Referenzierte Werte     |
|---------------------------------------|---------------------|-------------------------|
| <b>Innentüren</b>                     |                     | <b>49 St</b>            |
| Holz-Blendrahmen                      | 267,30 lfm          | 5,46 lfm/St             |
| Spanplatte (Durchschnitt)             | 4,9 m <sup>3</sup>  | 0,1 m <sup>3</sup> /St  |
| Lacksysteme Holzfenster Decklack weiß | 23,76 kg            | 0,97 kg/St              |
| Beschlagverbund Fenster Stahl         | 98 St               | 2 St/St                 |
| <b>Wohnungstüren</b>                  |                     | <b>17 St</b>            |
| Holz-Blendrahmen                      | 94,86 lfm           | 5,58 lfm/St             |
| Spanplatte (Durchschnitt)             | 1,96 m <sup>3</sup> | 0,12 m <sup>3</sup> /St |
| Lacksysteme Holzfenster Decklack weiß | 18,72 kg            | 1,11 kg/St              |
| Beschlagverbund Fenster Stahl         | 34 St               | 2 St/St                 |

## Fenster

- Fläche der Außenwandöffnungen auf Basis der EnEV-Berechnung ermittelt
- Konstruktiver Aufbau der Kunststoff-Fenster abgeschätzt mit (Bezeichnungen gem. ÖKOBAUDAT-Datensatz):

| Schichten                           | Menge                 | Referenzierte Werte                  | Berechnung   |
|-------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|--|
| PVC-Blendrahmen                     | 778,30 lfm            | 1,97 lfm/m <sup>2</sup>              | $L [lfm] = \sum_{i=0}^n l_i$ mit:<br>$\forall l_i \text{ mit } b_i = 3 \text{ m:}$<br>$l_i [lfm] = 2 * b_i [m] + 3 * h_i [m]$<br>$\forall l_i \text{ mit } b_i \neq 3 \text{ m:}$<br>$l_i [lfm] = 2 * (b_i [m] + h_i [m])$       |
| PVC-Flügelrahmen                    | 1.050,06 lfm          | 2,65 lfm/m <sup>2</sup>              | $L [lfm] = \sum_{i=0}^n l_i$ mit:<br>$\forall l_i \text{ mit } b_i = 3,45 \text{ m:}$<br>$l_i [lfm] = 2 * b_i [m] + 6 * h_i [m]$<br>$\forall l_i \text{ mit } b_i \neq 3,45 \text{ m:}$<br>$l_i [lfm] = 2 * (b_i [m] + h_i [m])$ |
| Dreifachverglasung (Dicke: 0,036 m) | 332,08 m <sup>2</sup> | 0,765 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> | Flächenanteil in Höhe von 76,5 % entnommen aus EnEV-Berechnung   |
| Beschlagverbund Fenster Stahl       | 186 St                | 0,44 St/m <sup>2</sup>               | Annahme: 2 Beschläge pro Fenster   |

- Konstruktiver Aufbau der Stapelfassade mit:

| Schichten | Menge | Referenzierte Werte | Berechnung |
|-----------|-------|---------------------|------------|
|-----------|-------|---------------------|------------|

|   |                       |                                      |                                  |
|---|-----------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| Aluminium-Rahmenprofil, thermisch getrennt, pulverbeschichtet   | 102 lfm               | 2,46 lfm/m <sup>2</sup>              |                                  |
| Aluminium-Flügelrahmenprofil, thermisch getrennt, pulverbeschichtet   | 12,57 lfm             | 2,60 lfm/m <sup>2</sup>              |                                  |
| Dreifachverglasung (Dicke: 0,036 m)   | 332,08 m <sup>2</sup> | 0,72 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>  |                                  |
| Beschlagverbund Fenster Stahl   | 4 St                  | 0,09645 St/m <sup>2</sup>            | Annahme: 2 Beschläge pro Fenster |
| <b>Paneel</b>   |                       |                                      |                                  |
| Aluminiumblech  | 1,84 m <sup>2</sup>   | 0,18 kg/m <sup>2</sup>               |                                  |
| Mineralfaser Deckenplatten (Dicke 0,015m)   | 1,84 m <sup>2</sup>   | 0,177 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> |                                  |
| Aluminiumblech  | 1,84 m <sup>2</sup>   | 0,18 kg/m <sup>2</sup>               |                                  |
| <b>Dezentrale Lüftungsgeräte</b>  |                       |                                      |                                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anzahl der Lüftungsgeräte abhängig von den Wohnungsgrößen <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wohnungen &lt; 70 m<sup>2</sup> haben 1 Lüftungsgerät</li> <li>- Wohnungen &gt; 70 m<sup>2</sup> haben 2 Lüftungsgeräte</li> </ul> </li> <li>- Insgesamt sind in dem Mustergebäude 24 Lüftungsgeräte</li> </ul> |                       |                                      |                                  |
| <b>Übergabestation Fernwärme</b>  |                       |                                      |                                  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Das Mustergebäude und das Nachbargebäude teilen sich eine Übergabestation.</li> <li>- Die Nennleistung der Übergabestation beträgt 60 kW.</li> <li>- Im Rahmen der Modellierung wird die Umweltwirkung hälftig dem Mustergebäude angerechnet.</li> </ul>   |                       |                                      |                                  |

Für die Abbildung der Hochleistungsdämmstoffe der puren GmbH werden verfügbare Produkt-EPDs des Verbands genutzt.

#### 5.5.4 Ergebnisse und Interpretation

Die Bilanzierung berücksichtigt für Bestandsgebäude eine Sanierung nach Niveau 1 aus AP3.2 und für den Neubau die konkreten Umweltwirkungen für Gebäude 10 in mehreren Varianten.

Die Varianten berücksichtigen dabei verschiedene Ansätze:

- Variante 0 – flächenoptimiert: Gebäude mit puren Produkten – Herstellung gemäß Verbands-EPD berücksichtigt – Lebensende spezifisch – Flächengewinn ca. 5 % (Abschätzung)
- Variante 0: Gebäude mit puren Produkten – Herstellung gemäß Verbands-EPD berücksichtigt – Lebensende spezifisch
- Variante 1: Gebäude mit puren Produkten – Herstellung und Lebensende gemäß Verbands-EPD berücksichtigt
- Variante 2: Gebäude mit konventionellen PU-Produkten – Herstellung und Lebensende gemäß Verbands-EPD
- Variante 3: Gebäude mit konventionellen EPS-Produkten – Herstellung und Lebensende gemäß Verbands-EPD berücksichtigt

Die Ökobilanzergebnisse für die Konstruktion des Mustergebäudes 10 und die Sanierung der MFHs im Bestandsquartier (anhand des Typgebäudes MFH\_G mit Niveau 1 Sanierung (vergleiche Kapitel 5.6) sind für das Treibhauspotenzial (GWP) und den Einsatz von nicht-erneuerbarer Primärenergie total (PENRT) in Bild 10 und in Bild 11 aufgeführt. Die Umweltwirkungen sind dabei nach Lebenszyklusmodulen aufgeschlüsselt dargestellt.

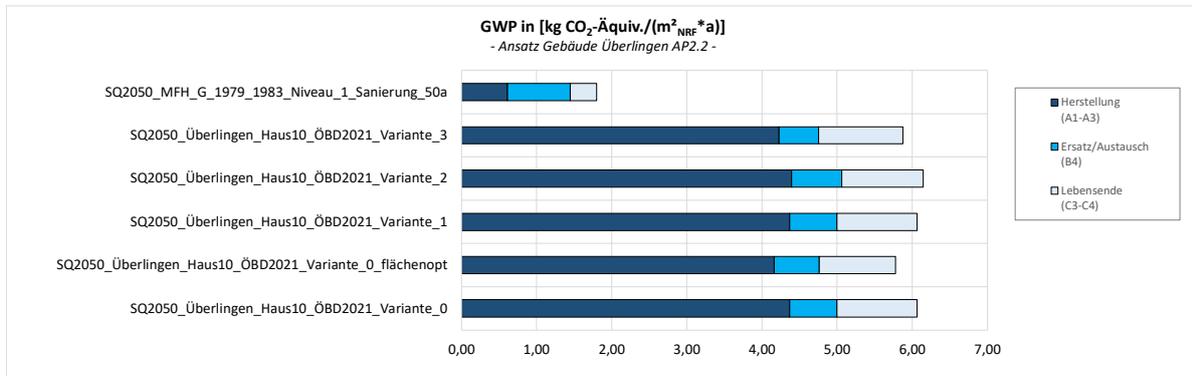


Bild 10:  
Ökobilanzergebnisse GWP in [kg CO<sub>2</sub>-Äquiv./(m<sup>2</sup><sub>NRF</sub>\*a)] für die Gebäude im Quartier Überlingen.

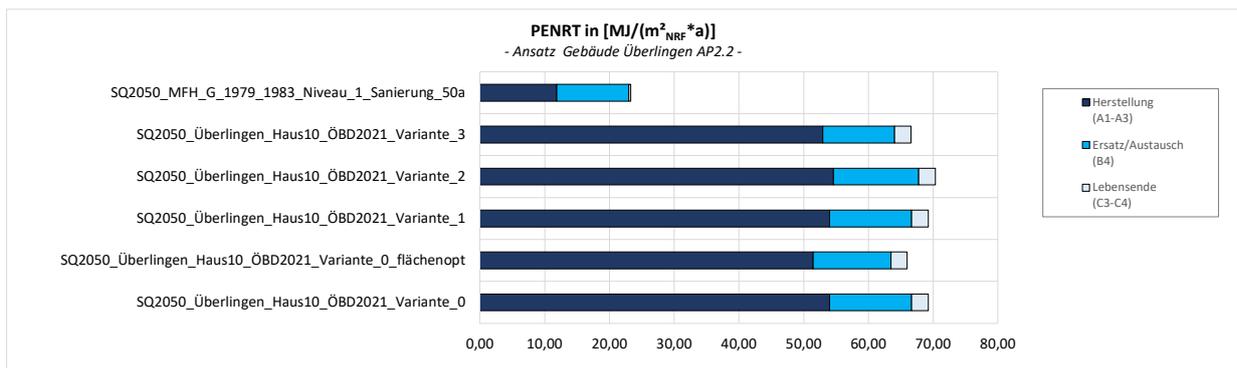


Bild 11:  
Ökobilanzergebnisse PENRT in [MJ/(m<sup>2</sup><sub>NRF</sub>\*a)] für die Gebäude im Quartier Überlingen.

Der größte Teil der Umwelteinwirkungen der Konstruktion des Mustergebäudes 10 ist der Herstellungsphase zuzuordnen. Es zeigen sich ebenfalls die Unterschiede bei Ansatz unterschiedlicher Dämmmaterialien. Der Einfluss einer Flächenoptimierung und des spezifischen Ansatzes des Lebensendes (Variante 0\_flächenoptimiert) zeigt nur geringes Optimierungspotenzial in Bezug auf den Beitrag der Gebäude für die Quartiersökobilanz.

## 5.6 AP3.2 Typgebäude

### 5.6.1 Technische Systembeschreibung

Für die Bilanzierung der Typgebäude des AP3.2 werden generische, baualterübergreifende, mittlere Typgebäude verwendet [Schrade 2022-1]. Diese sind in ihrer technischen Charakteristik in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5:  
Definierte Gebäudetypen im AP3.2 [Schrade 2022-1].

| Gebäudetyp           | Definierte Gebäude Bezeichnung | Baujahr nach IWU/Tabelle | Netto-<br>grundfläche | Beheiztes<br>Gebäude-<br>volumen | Oberste Ge-<br>schossde-<br>cke/ Dach | Opake<br>Außen-<br>wand | Fenster              |
|----------------------|--------------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|----------------------|
|                      |                                |                          | NGF [m <sup>2</sup> ] | Vbeh [m <sup>3</sup> ]           | OG [m <sup>2</sup> ]                  | AW [m <sup>2</sup> ]    | FE [m <sup>2</sup> ] |
| Einfamilienhaus      | EFH_F                          | 1969-1978                | 173,3                 | 606,0                            | 183,1                                 | 177,6                   | 34,2                 |
| Reihenhaus           | RH_C                           | 1919-1948                | 112,8                 | 423,2                            | 50,4                                  | 64,1                    | 21,5                 |
| Mehrfamilienhaus     | MFH_G                          | 1979-1983                | 654,0                 | 2040,0                           | 248,3                                 | 447,1                   | 99,4                 |
| Großmehrfamilienhaus | GMH_F                          | 1969-1978                | 3322,0                | 9805,0                           | 540,0                                 | 2130,0                  | 545,0                |
| Hochhaus             | NBL_HH_F                       | 1970-1980                | 5275,6                | 18405,0                          | 598,3                                 | 2992,1                  | 756,0                |

### 5.6.2 Mapping-Verfahren von Gebäudetypen mit Typkonstruktionen

Die in AP3.2 definierten Gebäudetypen ergeben sich aus der IWU-Gebäudetypologie typischer deutscher Wohngebäude, indem die Konstruktionen jedes Gebäudetyps grob beschrieben und mit dem U-Wert assoziiert wird. Ein detaillierter Aufbau der, für die Modellierung der Gebäude notwendigen, Konstruktionsschichten ist in dieser Quelle nicht vorhanden. Diese Lücke wird mit Hilfe der Anwendung des Katalogs regionaltypischer Materialien im Gebäudebestand (mit Bezug auf die Baualtersklasse und Ableitung typischer Bauteilaufbauten) des Zentrums für Umweltbewusstes Bauen (ZUB) [ZUB 2009] aus den Jahren 2009-2010 geschlossen. Dafür wird ein Mapping der Konstruktionen aus dem IWU-Gebäudetypenkatalog [Loga 2015] mit den typischen Bauteilkonstruktionen des ZUB [ZUB 2009] erforderlich.

Die in den beiden Studien verfügbaren Typkonstruktionen sind in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6:  
Berücksichtigte Typkonstruktionen aus dem IWU-Gebäudetypenkatalog [Loga 2015] und dem typischen ZUB-Bauteilkatalog [ZUB 2009].

| Gebäudekonstruktion (Bauteil) | Konstruktionen gemäß IWU | Konstruktionen gemäß ZUB | Verfügbarkeit Informationen zu Sanierungsmaßnahmen gemäß IWU |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|--|
| Außenwand                     | x                        | x                        | x  |
| Dach                          | x                        | x                        | x  |
| Decke                         | x                        | x                        | x  |
| Fußboden                      | x                        | x                        | x  |
| Fenster                       | x                        |                          | x  |

In den betrachteten Studien werden den Konstruktionen unterschiedliche, aber verschiedene Merkmale zugeordnet. In Tabelle 7 sind die Objekt-Merkmale der beiden Studien in Vorbereitung des Mappings der Typkonstruktionen zwischen ZUB [ZUB 2009] und IWU [Loga 2015] einander zugeordnet. Merkmale, die beide Studien gemeinsam haben, sind zeilenweise zugeordnet, wobei „1“ jeweils dem in der ZUB-Studie verwendeten Begriff entspricht und „2“ dem in der IWU-Studie verwendeten Begriff.

Tabelle 7:  
Übereinstimmungen und Unterschiede der Objekt-Merkmale gemäß IWU [Loga 2015] und ZUB [ZUB 2009].

| Objekt-Merkmale  | Nach ZUB         | Nach IWU | Beispiel – ZUB  | Beispiel – IWU   |
|--|------------------|----------|---|--|
| Konstruktionsmerkmale  | x                | x        |   |  |
| Gebäudemerkmale  |                  | x        |   |  |
| Gebiet PLZ <sup>1</sup> / Typologie Region <sup>2</sup>  | x                | x        | 80 - 89XXX<br>90 - 97XXX  | N (National)   |
| Zeitraum <sup>1</sup> / Baualtersklasse <sup>2</sup>   | x                | x        | 1969-1978   | [F] 1969-1978<br>6   |
| Bauteil <sup>1</sup> / Konstruktion <sup>2</sup>   | x                | x        | Außenwand   | Außenwand  |
| Konstruktion <sup>1</sup> (Bauweise nach ZUB)  | x                |          | Massiv, monolithisch  |  |
| Material (Aufbau) <sup>1</sup> / Beschreibung <sup>2</sup><br>Stärke (cm)<br>Rohdichte (kg/m <sup>3</sup> )<br>λ-Wert (W/mK) | x<br>x<br>x<br>x | x        | Putz: 1,0 cm – k.A. –<br>0,70 (W/mK)<br>Kalksand-Lochsteine:<br>24,0 cm – 1.400 kg/m <sup>3</sup> -<br>0,70 W/(mK)<br>Dämmputz: 3,0-4,0 cm –<br>30-200 kg/m <sup>3</sup> - 0,04<br>(W/mK) | Mauerwerk – Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Leicht-Hochlochziegeln oder Glitterziegeln |
| U-Wert in W/(m <sup>2</sup> K)   | x                | x        | 0,78 – 0,66   | 1,0  |

Wie in Tabelle 7 zu erkennen ist, ist das Merkmal „Material (Aufbau)“ in der ZUB-Studie ausführlich definiert. Die Aufbauschichten und Materialien sind

vorgegeben und die Stärke, die Rohdichte sowie die Wärmeleitfähigkeit jeder Schicht sind in der Regel festgelegt. Die IWU-Studie hingegen stellt mit der Angabe der Dämmstärke der Gesamtkonstruktion eine weniger spezifische Definition der Aufbauschichten zur Verfügung.

Das Mapping typischer Konstruktionen der beiden berücksichtigten Studien basiert auf dem Kriterium der Übereinstimmung gemeinsamer Merkmale. Gemeinsame Merkmale sind gemäß Tabelle 7: das Bauteil<sup>1</sup> bzw. die Konstruktion<sup>2</sup> (Funktion der Konstruktion, z. B. Außenwand, Dach, Decke oder Fenster), der Zeitraum<sup>1</sup> bzw. die Baualtersklasse<sup>2</sup>, das Material (Aufbau)<sup>1</sup> bzw. die Beschreibung<sup>2</sup> sowie der U-Wert. Das Mapping erfolgt in einer bestimmten Reihenfolge, die sich nach der Signifikanz der gemeinsamen Merkmale richtet. Die definierte Reihenfolge der Merkmale ist nachfolgend aufgeführt:

- 1- Bauteil<sup>1</sup>/ Konstruktion<sup>2</sup>
- 2- Zeitraum<sup>1</sup>/ Baualtersklasse<sup>2</sup>
- 3- Material (Aufbau)<sup>1</sup>/ Beschreibung<sup>2</sup>
- 4- U-Wert

Zunächst werden Bauteile mit gleicher Funktion gesucht und miteinander verglichen, um Ähnlichkeiten der weiteren Merkmale zu identifizieren (d.h. Außenwandkonstruktionen aus der IWU-Studie werden nur mit Außenwandkonstruktionen aus der ZUB-Studie verglichen). Im zweiten Schritt wird der Zeitraum<sup>1</sup> bzw. die Baualtersklasse<sup>2</sup> betrachtet. Konstruktionen, die der gleichen Baualtersklasse angehören, werden für den Vergleich der folgenden Merkmale (hinsichtlich ihres Materials/ Aufbaus und ihres U-Werts) herangezogen. Um Gemeinsamkeiten zweier Konstruktionen hinsichtlich der Merkmale „Material (Aufbau)<sup>1</sup> bzw. Beschreibung<sup>2</sup>“ zu ermitteln, werden diese gleichzeitig betrachtet und während des Mapping-Prozesses gegenübergestellt. Die Reihenfolge der Wichtigkeit dieser beiden Merkmale alterniert in Abhängigkeit der Datenverfügbarkeit. Das Merkmal „Material (Aufbau)<sup>1</sup> bzw. Beschreibung<sup>2</sup>“ wird als erstes Kriterium für das Mapping berücksichtigt und bei einer Übereinstimmung dieses Kriteriums zwischen zwei Konstruktionen aufgrund ausreichender Kompatibilität, wird als nächstes das Kriterium U-Wert herangezogen. Im Falle fehlender Informationen, die für die Kompatibilität des Merkmals „Material (Aufbau)<sup>1</sup> bzw. Beschreibung<sup>2</sup>“ zweier Konstruktionen beider Studien erforderlich sind, wird die Übereinstimmung des U-Wertes als erstes Kriterium betrachtet.

In Anhang A.9 sind die Ergebnisse des Mappings der Gebäudekonstruktionen der für AP3.2 definierten Gebäudetypen zu den Typkonstruktionen aus der ZUB-Studie [ZUB 2009] dargestellt. Wie aus dem Mapping hervorgeht, ist nicht für alle Konstruktionen ein vollständiges Mapping zwischen den IWU-Typkonstruktionen und den ZUB-Typkonstruktionen möglich. Damit sind für die Ökobilanzierung zunächst Datenlücken vorhanden. Fensterkonstruktionen werden im ZUB-Katalog nicht berücksichtigt, daher werden zusätzliche Referenzen sowie projektbezogenes Fachwissen auf Basis ähnlicher Studien herangezogen. Zudem stimmen einige Konstruktionen der IWU-Studie nicht mit dem ZUB-Katalog überein (z.B. Betonfertigteile-Sandwich), was die Verwendung zusätzlicher Literatur erfordert. Solche Datenlücken werden durch die Verwendung spezifischer Studien, Literatur und/oder Online-Recherche

geschlossen. Die Datenlücken, die sich im Anhang A.9 präsentieren, werden wie in nachfolgender Tabelle 8 aufgeführt geschlossen.

Tabelle 8:  
Ansatz zur Schließung von Datenlücken während des Mappings der Konstruktionen zwischen der IWU-Studie [Loga 2015] und der ZUB-Studie [ZUB 2009].

| Gebäudetyp | Bauteil/ Konstruktion | Konstruktion (IWU)                                       | Konstruktion (ZUB)  | Aufbauschichten   | Quelle  |
|------------|-----------------------|--|---|---|---|
| EFH_F      | Fenster - FE          | Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung           | Keine Fensterkonstruktionen sind in der ZUB enthalten                               | Holz-Blendrahmen<br>Holz-Flügelrahmen<br>Isolierglas - 2 Scheiben   | Verfügbare Fachwissen (Forschungserfahrung)   |
| RH_C       | Fenster - FE          | Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung           | Keine Fensterkonstruktionen sind in der ZUB enthalten                               | Holz-Blendrahmen<br>Holz-Flügelrahmen<br>Isolierglas - 2 Scheiben   | Verfügbare Fachwissen (Forschungserfahrung)   |
| MFH_G      | Fenster - FE          | Kunststofffenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung     | Keine Fensterkonstruktionen sind in der ZUB enthalten                               | Blendrahmen PVC-U<br>Flügelrahmen PVC-U<br>Isolierglas - 2 Scheiben   | Verfügbare Fachwissen (Forschungserfahrung)   |
|            | Decke/ Fußboden - DE  | Betondecke mit 4 cm Dämmung                              | keine verfügbaren Fußbodenkonstruktionen ab dem Jahr 1979 in ZUB                    | Schwimmender Estrich<br>Dämmung<br>Betondecke   | auf der Grundlage verfügbarer ähnlicher Konstruktionenaufbauten                                 |
| GMH_F      | Außenwand - AW        | Beton-Fertigteile  | keine Typkonstruktion aus ZUB entspricht den IWU Konstruktion für Beton-Fertigteile | Kalkgipsputz<br>Stahlbeton Schicht 1<br>Wärmedämmung<br>Stahlbeton Schicht 2<br>Kalkgipsputz                          | Web: <a href="http://beton.org/wissen/wohnungsbau/wand/">beton.org/wissen/wohnungsbau/wand/</a> |
|            | Fenster - FE          | Kunststofffenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung     | Keine Fensterkonstruktionen sind in der ZUB enthalten                               | Blendrahmen PVC-U<br>Flügelrahmen PVC-U<br>Isolierglas - 2 Scheiben   | Verfügbare Fachwissen (Forschungserfahrung)   |
| NBL_HH_F   | Außenwand - AW        | Beton-Fertigteile Sandwich-Element (Drei-Schicht-Platte) | keine Typkonstruktion aus ZUB entspricht den IWU Konstruktion für Beton-Fertigteile | Kalkgipsputz<br>Stahlbeton Schicht 1<br>Wärmedämmung<br>Stahlbeton Schicht 2<br>Kalkgipsputz                          | Web: <a href="http://beton.org/wissen/wohnungsbau/wand/">beton.org/wissen/wohnungsbau/wand/</a> |
|            | Fenster - FE          | Verbundfenster: 2 Scheiben m Holzrahmen                  | Keine Fensterkonstruktionen sind in der ZUB enthalten                               | Holz-Blendrahmen<br>Holz-Flügelrahmen<br>Glas - Bundesverband Flachglas e.V. - Mehrscheibenisoliertglas 2-fach Aufbau | Verfügbare Fachwissen (Forschungserfahrung)   |

Die Schließung von Datenlücken mithilfe von Sekundärdaten, ermöglicht die Vervollständigung von Gebäudemodellen im Bestand. Ausgehend von den Gebäudemodellen des Bestands und unter Verwendung der in der IWU-Studie beschriebenen Sanierungsmaßnahmen in zwei Sanierung-Niveaus, werden Gebäudemodelle erstellt. Die Gebäudemodelle werden in der Ökobilanzsoftware GENERIS® [Fraunhofer IBP 2024-4] modelliert, um die Sanierungsmaßnahmen auf zwei Niveaus ökobilanziell zu bewerten.

Für die Erstellung der Gebäudemodelle, die die Sanierungsmaßnahmen abbilden, werden die in der IWU-Studie [Loga 2015] definierten Informationen für zwei Niveaus der Sanierung verwendet. Die IWU-Studie definiert spezifisch für jeden Gebäudetyp beispielhafte Sanierungsmaßnahmen für

die Gebäudehülle (KG300). Die für die Sanierung berücksichtigten Konstruktionen je Niveau der Sanierung (Niveau 1 und Niveau 2) sind in Tabelle 9 aufgeführt.

Tabelle 9:  
Sanierungsmaßnahmen der definierten Gebäudetypen für die beiden Sanierungsniveaus „Niveau 1“ und „Niveau 2“ auf Basis von [Loga 2015].

| Gebäudetyp | Bauteil/ Konstruktion                 | Niveau 1 Sanierung „konventionell“   |                | Niveau 2 Sanierung „zukunftsweisend“   |                |
|------------|---------------------------------------|--|----------------|--|----------------|
|            |                                       | Konstruktion   | U-Wert [W/m²K] | Konstruktion   | U-Wert [W/m²K] |
| EFH_F      | Außenwand - AW                        | Dämmung 12 cm (WLS 035) + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern, größere Dämmstärke für gleichen Wärmeschutz) | 0,22           | Dämmung 24 cm (WLS 035) + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern, größere Dämmstärke für gleichen Wärmeschutz) | 0,13           |
|            | Dach – DA/ oberste Geschossdecke – DE | Dämmung 12 cm (WLS 035) auf der Decke + Dachabdichtung   | 0,18           | Dämmung 30 cm (WLS 035) auf der Decke + Dachabdichtung   | 0,09           |
|            | Fenster – FE                          | Fenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung  | 1,30           | Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung und gedämmtem Rahmen (Passivhaus-Fenster)  | 0,80           |
|            | Fußboden – DE                         | Dämmung 8 cm (WLS 035) unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußboden-sanierung)  | 0,30           | Dämmung 12 cm (WLS 035) unter der Decke (bei ausreichender Kellerraumhöhe) / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußb.-sanierung) oder Kombin. unter/auf                    | 0,23           |
| RH_C       | Außenwand - AW                        | Dämmung 12 cm (WLS 035) + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern, größere Dämmstärke für gleichen Wärmeschutz) | 0,25           | Dämmung 24 cm (WLS 035) + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern, größere Dämmstärke für gleichen Wärmeschutz) | 0,13           |
|            | Dach – DA/ oberste Geschossdecke – DE | Dämmung 12 cm (WLS 035) auf der Decke (+ begehbare Platten sofern notwendig)   | 0,21           | Dämmung 30 cm (WLS 035) auf der Decke (+ begehbare Platten sofern notwendig)   | 0,10           |
|            | Fenster – FE                          | Fenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung  | 1,30           | Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung und gedämmtem Rahmen (Passivhaus-Fenster)  | 0,80           |
|            | Fußboden – DE                         | Dämmung 8 cm (WLS 035) unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußboden-sanierung)  | 0,30           | Dämmung 12 cm (WLS 035) unter der Decke (bei ausreichender Kellerraumhöhe) / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußb.-sanierung) oder Kombin. unter/auf                    | 0,23           |
| MFH_G      | Außenwand - AW                        | Dämmung 12 cm (WLS 035) + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern, größere Dämmstärke für gleichen Wärmeschutz) | 0,21           | Dämmung 24 cm (WLS 035) + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade  | 0,12           |
|            | Dach – DA/ oberste Geschossdecke – DE | Dämmung 12 cm (WLS 035) auf der Decke (+ begehbare Platten sofern notwendig)   | 0,18           | Dämmung 30 cm (WLS 035) auf der Decke (+ begehbare Platten sofern notwendig)   | 0,09           |
|            | Fenster – FE                          | Fenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung  | 1,30           | Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung und gedämmtem Rahmen (Passivhaus-Fenster)  | 0,80           |

|                 |                                       |  |      |   |      |
|-----------------|---------------------------------------|--|------|---|------|
|                 | Fußboden – DE                         | Dämmung 8 cm (WLS 035) unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußboden-sanierung)  | 0,28 | Dämmung 12 cm (WLS 035) unter der Decke (bei ausreichender Kellerraumhöhe) / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußb.-sanierung) oder Kombin. unter/auf | 0,21 |
| <b>GMH_F</b>    | Außenwand - AW                        | Dämmung 12 cm (WLS 035) + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern, größere Dämmstärke für gleichen Wärmeschutz) | 0,23 | Dämmung 24 cm (WLS 035) + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade   | 0,13 |
|                 | Dach – DA/ oberste Geschossdecke – DE | Dämmung 12 cm (WLS 035) auf der Decke + Dachabdichtung   | 0,20 | Dämmung 30 cm (WLS 035) auf der Decke + Dachabdichtung  | 0,10 |
|                 | Fenster – FE                          | Fenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung  | 1,30 | Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung und gedämmtem Rahmen (Passivhaus-Fenster)   | 0,80 |
|                 | Fußboden – DE                         | Dämmung 8 cm (WLS 035) unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußboden-sanierung)  | 0,30 | Dämmung 12 cm (WLS 035) unter der Decke (bei ausreichender Kellerraumhöhe) / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußb.-sanierung) oder Kombin. unter/auf | 0,23 |
| <b>NBL_HH_F</b> | Außenwand - AW                        | Dämmung 12 cm (WLS 035) + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern, größere Dämmstärke für gleichen Wärmeschutz) | 0,23 | Dämmung 24 cm (WLS 035) + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade   | 0,13 |
|                 | Dach – DA/ oberste Geschossdecke – DE | Dämmung 12 cm (WLS 035) auf der Decke (+ begehbare Platten sofern notwendig)   | 0,20 | Dämmung 30 cm (WLS 035) auf der Decke (+ begehbare Platten sofern notwendig)  | 0,10 |
|                 | Fenster – FE                          | Fenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung  | 1,30 | Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung und gedämmtem Rahmen (Passivhaus-Fenster)   | 0,80 |
|                 | Fußboden – DE                         | Dämmung 8 cm (WLS 035) unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußboden-sanierung)  | 0,30 | Dämmung 12 cm (WLS 035) unter der Decke (bei ausreichender Kellerraumhöhe) / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußb.-sanierung) oder Kombin. unter/auf | 0,23 |

### 5.6.3 Sachbilanz

Für die Erstellung der Sachbilanz dient als Datenquelle das Mapping von Konstruktionen der IWU-Studie und der ZUB-Studie, wobei Datenlücken durch zusätzliche Literatur bzw. externe Quellen geschlossen werden.

Die Sachbilanz der Gebäudemodelle wird in Anhang A.10 ausführlich dargestellt. Die hier dokumentierten Angaben in Tabelle 25 bis Tabelle 29 stellen die Grundlage zur Modellierung der zwei Sanierungsniveaus jedes Gebäudetyps sowie des fiktiven Bestandsgebäudes (EH100-Neubau) bereit. Die für die Ökobilanz verwendeten Datensätze können Anhang A.11 entnommen werden.

## 5.6.4 Ergebnisse und Interpretation

In Bild 12 sind das Treibhauspotenzial (GWP) sowie der Einsatz nicht erneuerbarer Primärenergie (PENRT) der Sanierungsmaßnahmen für das Niveau 1 Sanierung „konventionell“ für die in AP3.2 definierten Typgebäude dargestellt.

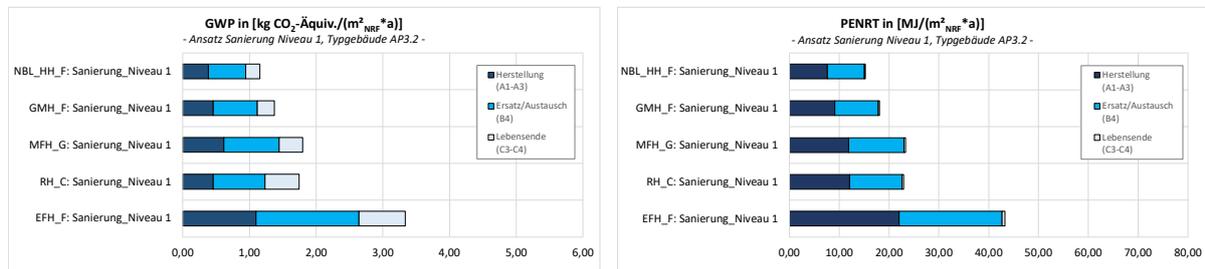


Bild 12:

Niveau 1 Sanierung „konventionell“ - AP3.2 Gebäudetypen: Treibhauspotenzial in [kg CO<sub>2</sub>-Äquiv. / (m<sup>2</sup><sub>NRF</sub> \* a)] (links), Primärenergie nicht erneuerbar in [MJ / (m<sup>2</sup><sub>NRF</sub> \* a)] (rechts) [Eigene Darstellung].

In Bild 13 sind die Ergebnisse für das Treibhauspotenzial sowie den PENRT-Einsatz der Sanierungsmaßnahmen für das Niveau 2 Sanierung „zukunftsweisend“ für die in AP3.2 definierten Gebäudetypen dargestellt.

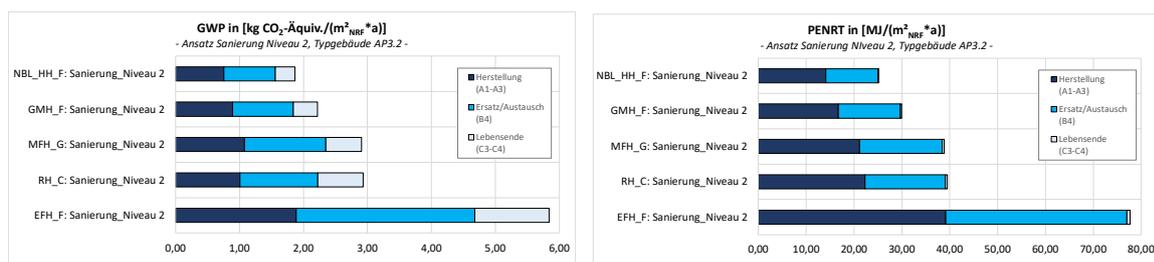


Bild 13:

Niveau 2 Sanierung „zukunftsweisend“ - AP3.2 Gebäudetypen: Treibhauspotenzial in [kg CO<sub>2</sub>-Äquiv. / (m<sup>2</sup><sub>NRF</sub> \* a)] (links), Primärenergie nicht erneuerbar in [MJ / (m<sup>2</sup><sub>NRF</sub> \* a)] (rechts) [Eigene Darstellung].

In Anlehnung an die definierten energetischen Standards im AP3.2 [Schrade 2022-1] werden die Typgebäude ebenfalls in drei Neubau-Standard bilanziert (EH100, EH55, EH40), um die Gegenüberstellung mit potenzieller Sanierungsaktivitäten zu ermöglichen. In Bild 14 sind die Ergebnisse für das Treibhauspotenzial und den PENRT-Einsatz des EH100-Neubaus für die in AP3.2 definierten Gebäudetypen dargestellt.

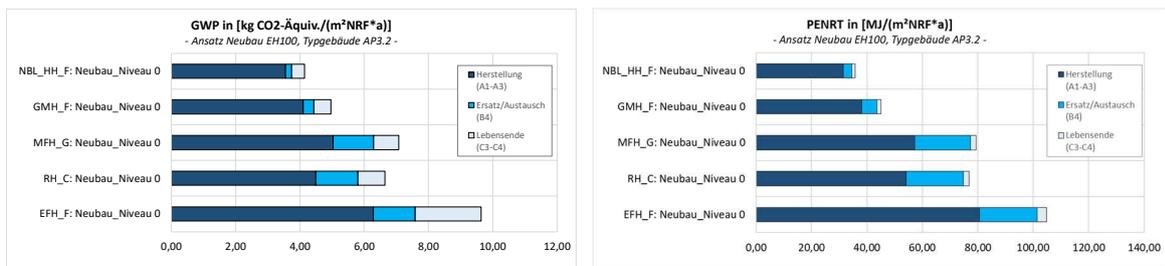


Bild 14:  
EH100 Neubau - AP3.2 Gebäudetypen: Treibhauspotenzial in [kg CO<sub>2</sub>-Äquiv./m<sup>2</sup><sub>NRF</sub>\*a] (links), Primärenergie nicht erneuerbar in [MJ/(m<sup>2</sup><sub>NRF</sub>\*a)] (rechts) [Eigene Darstellung].

In Bild 15 sind die Ergebnisse für das Treibhauspotenzial und den PENRT-Einsatz des EH55-Neubaus für die in AP3.2 definierten Gebäudetypen dargestellt.

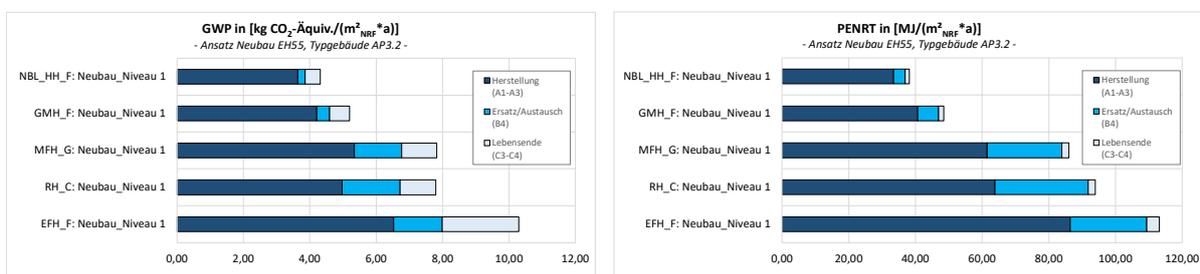


Bild 15:  
EH55 Neubau - AP3.2 Gebäudetypen: Treibhauspotenzial in [kg CO<sub>2</sub>-Äquiv./m<sup>2</sup><sub>NRF</sub>\*a] (links), Primärenergie nicht erneuerbar in [MJ/(m<sup>2</sup><sub>NRF</sub>\*a)] (rechts) [Eigene Darstellung].

In Bild 16 sind die Ergebnisse für das Treibhauspotenzial und den PENRT-Einsatz des EH40-Neubaus für die in AP3.2 definierten Gebäudetypen dargestellt.

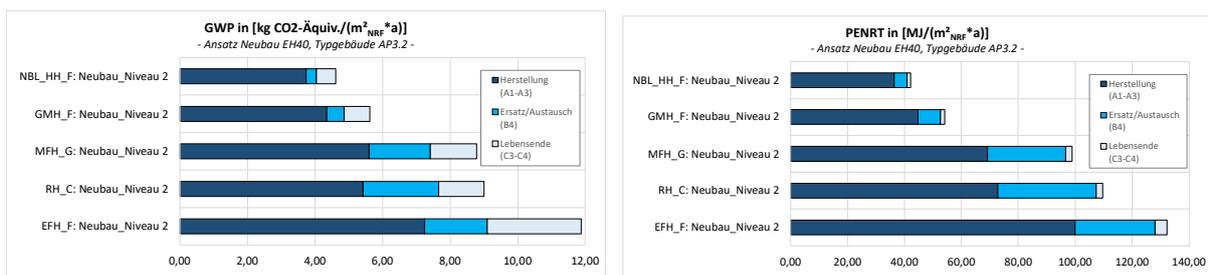


Bild 16:  
EH40 Neubau - AP3.2 Gebäudetypen: Treibhauspotenzial in [kg CO<sub>2</sub>-Äquiv./m<sup>2</sup><sub>NRF</sub>\*a] (links), Primärenergie nicht erneuerbar in [MJ/(m<sup>2</sup><sub>NRF</sub>\*a)] (rechts) [Eigene Darstellung].

Die Bilanzergebnisse unterstreichen die Bedeutung der Wahl zwischen Neubau und Sanierung sowie die Festlegung des energetischen Sanierungsniveaus. Der Neubau ist mit tendenziell höheren konstruktionsbedingten Umweltwirkungen verbunden als die Bestandsanierung für KG300 Baukonstruktion. Die Ergebnisse zeigen zudem einen erhöhten konstruktionsbedingten Aufwand im Falle eines steigenden energetischen Standards an (vergleiche Ergebnisse EH100 zu Ergebnisse EH40).

## 6 Ökobilanzmodelle: Quartiere

### 6.1 Zielstellung

Zielstellung des Aufbaus der Ökobilanzmodelle ist es quantifizierte lebenszyklusbezogene Umweltinformationen für die Quartiersökobilanz auf der Makro-Ebene (Kapitel 2) bereit zu stellen. Umweltinformationen werden für die Demonstrationsquartiere Stuttgart (AP2.1) und Überlingen (AP2.2) als auch für die generischen Lösungsansätze (AP3.2) zur Verfügung gestellt. Die Umweltinformationen adressieren die konstruktiven Aspekte, d.h. sie stellen Informationen zum Materialeinsatz und somit zu den konstruktionsbedingten Umweltwirkungen der Technologien bereit.

Umweltinformationen werden für die im Bilanzrahmen des Quartiers (Kapitel 3.4) definierten Kostengruppe KG300 Baukonstruktion, KG400 Technische Anlagen (dezentral) und KG500 Technische Anlagen (zentral) mit entsprechenden Ökobilanzmodellen abgebildet.

Mit Hilfe der Ökobilanzbewertung werden folgende Fragestellungen im Projekt untersucht:

- Welche Elemente des Quartierskonzepts (Gebäude, Energieversorgung, Maßnahmen zur Kompensation wie PV) sind maßgeblich und potenziell verantwortlich für den konstruktionsbezogenen Umweltbeitrag über den Lebenszyklus?
- Welche absoluten Werte können die konstruktionsbedingten „grauen Umweltwirkungen“ (Emissionen und Energieeinsatz) des Quartierskonzepts über den Lebenszyklus von 50 Jahren potenziell aufweisen?
- Welche Energieversorgungskonzepte können für einen möglichst geringen Beitrag zu den potenziellen konstruktionsbedingten Umweltwirkungen über den Lebenszyklus eventuell favorisiert werden?

## 6.2 Quartierskonzepte Stuttgart (AP2.1)

### 6.2.1 Technische Systembeschreibung und Sachbilanz

Die untenstehende Tabelle 10 gibt eine Übersicht über die 4 Versorgungskonzepte und die Eingangsdaten für die Sachbilanz.

Tabelle 10:  
Versorgungskonzepte 1 bis 4 des Quartiers Stuttgart [Schrade 2020-1].

| Konzept  | Anlagentyp   | Komponenten   |   |   |  |
|--|--|---|---|---|--|
| 1: Kaltes Nahwärmenetz mit dezentralen Sole-Wasser-Wärmepumpen | Dezentrale Wärmepumpen                                       | Sole-Wasser-Wärmepumpe (Strom):<br>Nenn-Wärmeleistung:<br>2.335 kW                | Sole-Umwälzpumpe:<br>2 Stück á 17,5 kW  | Erdsonden:<br>Entzugsleistung:<br>1868 kW,<br>Länge Bohrloch:<br>46700 m,<br>Rohrlänge Doppel-U-Rohrsonden:<br>186800 m |  |
|  | Kaltes Nahwärmenetz  | Hauptverteilungen: ungedämmte Rohrleitungen (OD: 0,5 m),<br>Rohrlänge: 3480 m     | Hausanschlussleitungen: ungedämmte Rohrleitungen (OD: 0,202 m), Rohrlänge: 1480 m | Netzpumpen: 2 Stück á 26,25 kW  | Übergabestation:<br>Heizleistung Gebäude: 2335 kW  |
|  | Elektrischer Durchlauferhitzer                               | Elektrischer Durchlauferhitzer:<br>111 Stück á 21 kW                              |   |   |  |
|  | Mechanische Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung (WRG>85%) | Mechanische Lüftungsanlagen mit WRG > 85 %:<br>17 Stück á Volumenstrom 60000 m³/h |   |   |  |
|  | Photovoltaik   | Mono-c-si-Anlagen:<br>Leistung: 2020 kWp, Fläche: 10102 m² für Dachflächen        |   |   |  |
|  |  | Multi-c-si-Anlagen: Leistung: 611 kWp, Fläche: 3054 m² für Fassadenflächen        |   |   |  |
| 2: Heizzentrale mit zentraler Sole-Wasser-Wärmepumpe           | Zentrale Sole-Wasser-Wärmepumpe                              | Sole-Wasser-Wärmepumpe (Strom):<br>Nennwärmeleistung:<br>1830 kW                  | Sole-Umwälzpumpe:<br>2 Stück á 17,5 kW  | Erdsonden:<br>Entzugsleistung:<br>1304 kW,<br>Länge Bohrloch:<br>32600 m,<br>Rohrlänge Doppel-U-Rohrsonden:<br>130400 m |  |
|  | Nahwärmenetz mit Heizzentrale                                | Hauptverteilungen: Gedämmte Rohrleitung (DN: 65), Rohrlänge: 3480 m               | Hausanschlussleitungen: Gedämmte Rohrleitung (DN: 25), Rohrlänge: 1480 m          | Netzpumpen: 2 Stück á 40,4 kW   | Übergabestation:<br>Heizleistung Gebäude: 2335 kW,<br>Heizleistung Heizzentrale: 1830 kW |
|  | Elektrischer Durchlauferhitzer                               | Elektrischer Durchlauferhitzer:<br>111 Stück á 21 kW                              |   |   |  |
|  | Mechanische Lüftungsanlagen mit                              | Mechanische Lüftungsanlagen mit WRG > 85 %:                                       |   |   |  |

|  |  |   |   |                             |  |
|--|--|---|---|-----------------------------|--|
|  | Wärmerückgewinnung (WRG>85%)                                 | 17 Stück á Volumenstrom 60000 m³/h  |   |                             |  |
|  | Photovoltaik   | Mono-c-si-Anlagen:<br>Leistung: 2020 kWp, Fläche: 10102 m² für Dachflächen                                      |   |                             |  |
|  |  | Multi-c-si-Anlagen: Leistung: 611 kWp, Fläche: 3054 m² für Fassadenflächen                                      |   |                             |  |
| 3:<br>Heizzentrale mit Biogas-BHKW und Spitzenlastkessel | Biogas-BHKW  | Biogas-BHKW:<br>Thermische Leistung: 900 kW,<br>elektrischer Wirkungsgrad: 37 %, thermischer Wirkungsgrad: 50 % |   |                             |  |
|  | Biogas-Spitzenlastkessel                                     | Biogas-Spitzenlastkessel:<br>Thermische Leistung: 950 kW  |   |                             |  |
|  | Nahwärmenetz mit Heizzentrale                                | Hauptverteilungen:<br>Gedämmte Rohrleitung (DN: 65), Rohrlänge: 3480 m  | Hausanschlussleitungen:<br>Gedämmte Rohrleitung (DN: 25), Rohrlänge: 1480 m | Netzpumpen: 2 Stück á 15 kW | Übergabestation:<br>Heizleistung Gebäude: 2335 kW,<br>Heizleistung Heizzentrale: 1830 kW |
|  | Elektrischer Durchlauferhitzer                               | Elektrischer Durchlauferhitzer:<br>111 Stück á 21 kW  |   |                             |  |
|  | Mechanische Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung (WRG>85%) | Mechanische Lüftungsanlagen mit WRG > 85 %:<br>17 Stück á Volumenstrom 60000 m³/h                               |   |                             |  |
|  | Photovoltaik   | Mono-c-si-Anlagen:<br>Leistung: 2020 kWp, Fläche: 10102 m² für Dachflächen                                      |   |                             |  |
|  |  | Multi-c-si-Anlagen: Leistung: 611 kWp, Fläche: 3054 m² für Fassadenflächen                                      |   |                             |  |
| 4: Solarunterstützte Fernwärme                           | Nahwärmenetz mit Heizzentrale                                | Hauptverteilungen:<br>Gedämmte Rohrleitung (DN: 65), Rohrlänge: 3480 m  | Hausanschlussleitungen:<br>Gedämmte Rohrleitung (DN: 25), Rohrlänge: 1480 m | Netzpumpen: 2 Stück á 15 kW | Übergabestation:<br>Heizleistung Gebäude: 2335 kW,<br>Heizleistung Heizzentrale: 1830 kW |
|  | Elektrischer Durchlauferhitzer                               | Elektrischer Durchlauferhitzer:<br>111 Stück á 21 kW  |   |                             |  |
|  | Solarthermie   | Solarthermie – Flachkollektoren:<br>Fläche: 4500 m²   |   |                             |  |
|  | Mechanische Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung (WRG>85%) | Mechanische Lüftungsanlagen mit WRG > 85 %:<br>17 Stück á Volumenstrom 60000 m³/h                               |   |                             |  |
|  | Pufferspeicher   | Pufferspeicher: Volumen: 2000 l, Speichermedium: Wasser   |   |                             |  |
|  | Photovoltaik   | Mono-c-si-Anlagen: Leistung: 1120 kWp, Fläche: 5.602 m² für Dachflächen   |   |                             |  |
|  |  |   |   |                             |  |

|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|
|  |  | Multi-c-si-Anlagen: Leistung: 611 kWp, Fläche: 3054 m <sup>2</sup> für Fassadenflächen |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|

## 6.2.2 Auswertung und Interpretation

In Bild 17 bis Bild 19 sind die Ökobilanzergebnisse des Quartiers Stuttgart exemplarisch für Variante 3 – Heizzentrale mit Biogas-BHKW und Spitzenlastkessel dargestellt.

In Bild 17 und Bild 18 ist zu erkennen, dass die Kostengruppe KG300 die höchsten klimarelevanten Umweltwirkungen bedingt. Etwa 58 % des GWP des Quartiers sind auf dieses Quartierelement zurückzuführen. Mit Blick auf die Lebenszyklusmodule zeigt sich, dass die Herstellung einen signifikanten Anteil der Umweltwirkungen verursacht.

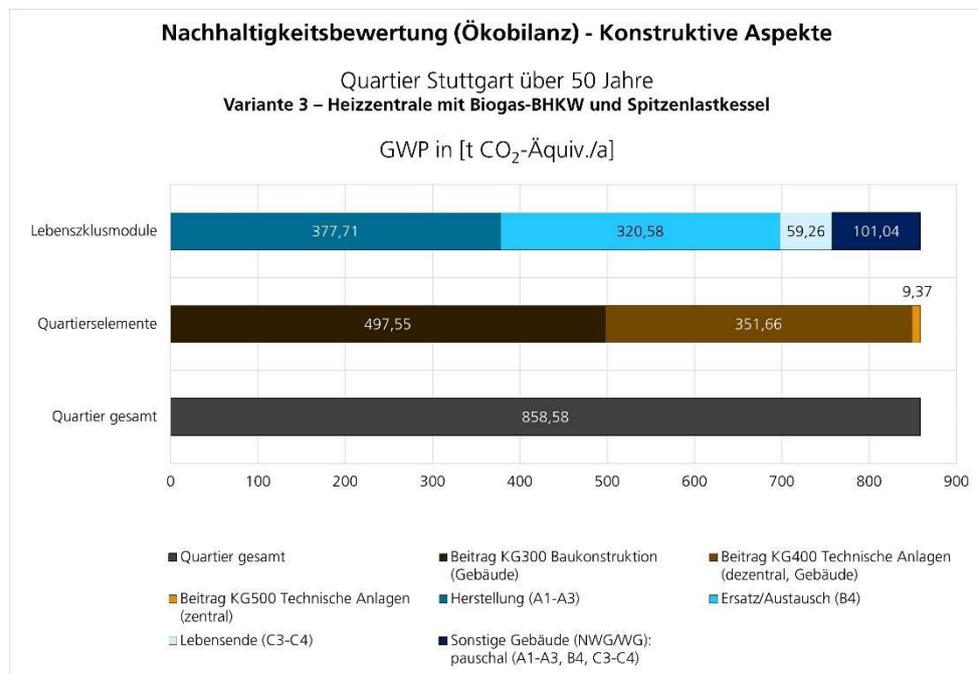
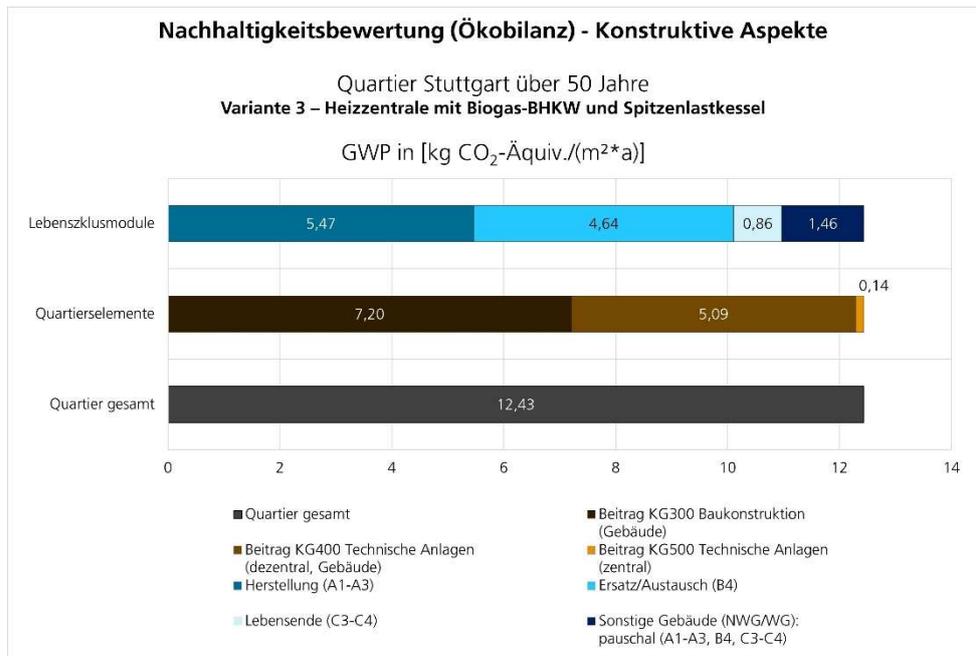


Bild 17: Ökobilanzergebnisse GWP in [t CO<sub>2</sub>-Äquiv./a], Quartier Stuttgart, Variante 3 – Heizzentrale mit Biogas-BHKW und Spitzenlastkessel [Eigene Darstellung].



**Bild 18:**  
 Ökobilanzergebnisse GWP in [kg CO<sub>2</sub>-Äquiv./(m<sup>2</sup>\*a)] - Quartier Stuttgart, Variante 3 – Heizzentrale mit Biogas-BHKW und Spitzenlastkessel [Eigene Darstellung].

Die Betrachtung des PENRT-Einsatzes in Bild 19 und Bild 20 zeigt, dass die Kostengruppe KG500 lediglich etwa 1 % der Umweltwirkungen im Quartier verursacht. Der Großteil der Umweltwirkungen des Lebenszyklusmoduls Lebensende sind auf die KG300 Baukonstruktion zurückzuführen. Dieses Quartiers-element bedingt ca. 85 % des PENRT-Einsatzes über den Lebenszyklus.

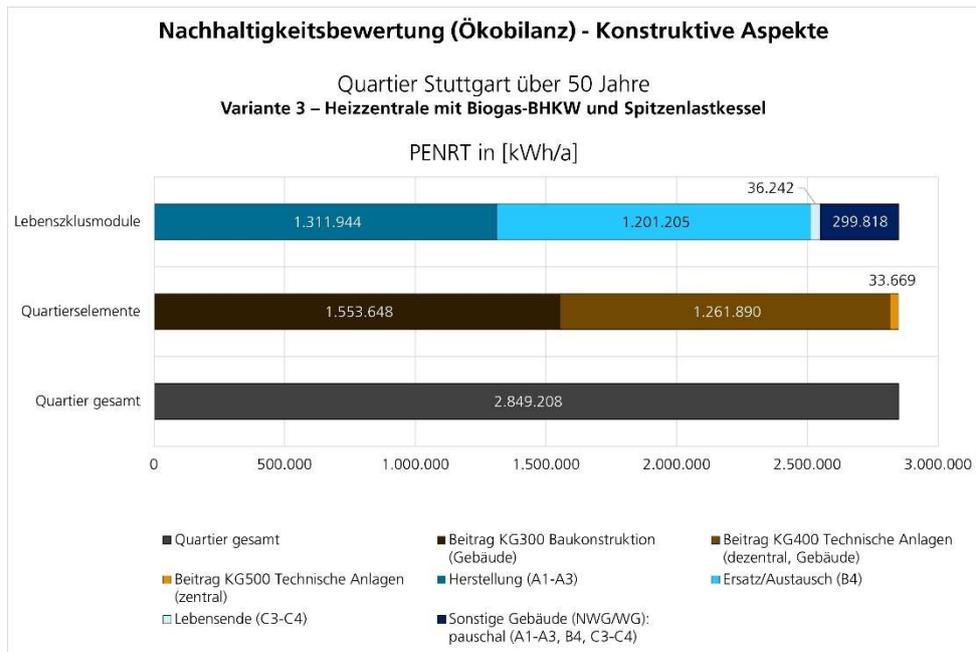


Bild 19:  
Ökobilanzergebnisse PENRT in [kWh/a] - Quartier Stuttgart, Variante 3 – Heizzentrale mit Biogas-BHKW und Spitzenlastkessel [Eigene Darstellung].

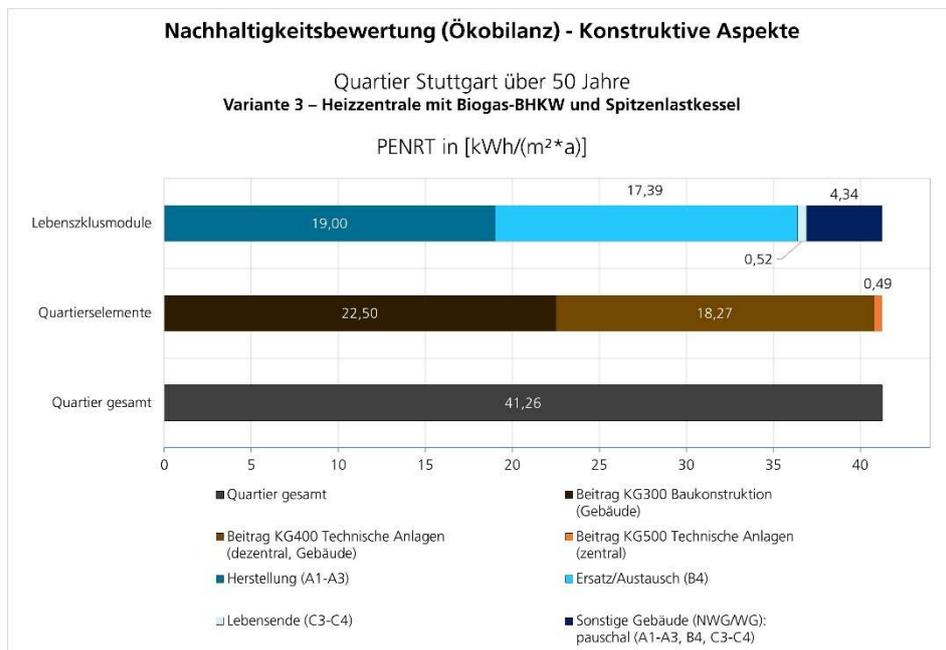


Bild 20:  
Ökobilanzergebnisse PENRT in [kWh/(m<sup>2</sup>\*a)] - Quartier Stuttgart, Variante 3 – Heizzentrale mit Biogas-BHKW und Spitzenlastkessel [Eigene Darstellung].

In Bild 21 bis Bild 24 sind die Ökobilanzergebnisse beispielhaft für das Quartier Stuttgart, Variante 2 – Heizzentrale mit zentraler Sole-Wasser-Wärmepumpe dargestellt.

Der Vergleich des GWP der Variante 2 mit Variante 3 des Quartiers Stuttgart zeigt den Einfluss der Kostengruppe KG500 Technische Anlagen (zentral). Während Variante 2 eine zentrale Sole-Wasser-Wärmepumpe vorsieht, umfasst die Variante 3 ein Biogas-BHKW und einen Biogas-Spitzenlastkessel als zentrale Technische Anlagen. In Variante 2 ist das GWP der KG500 etwa Faktor 2,5 höher als in Variante 3.

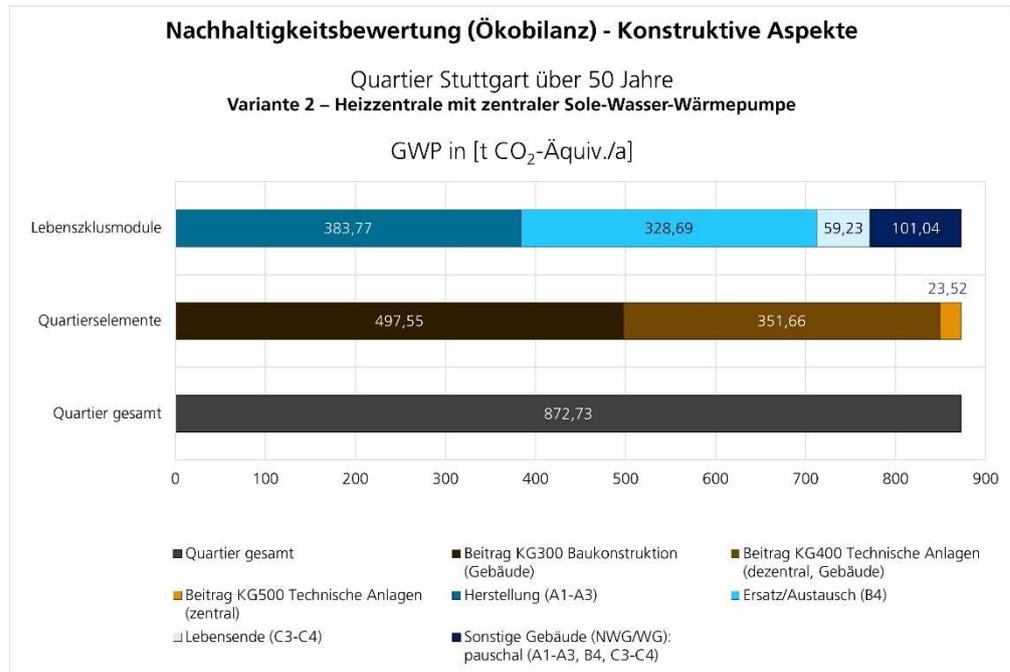
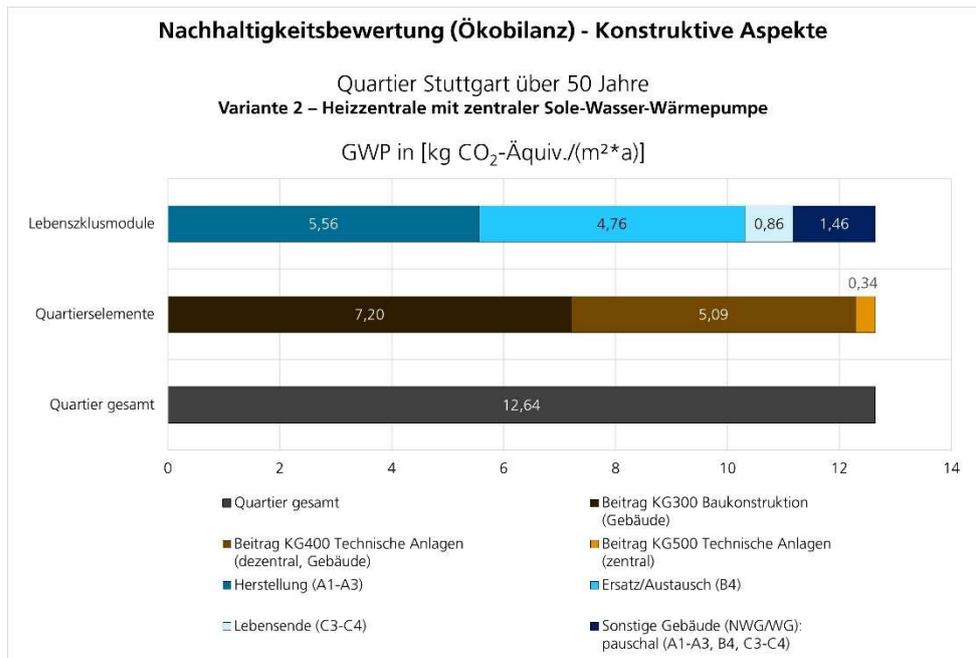
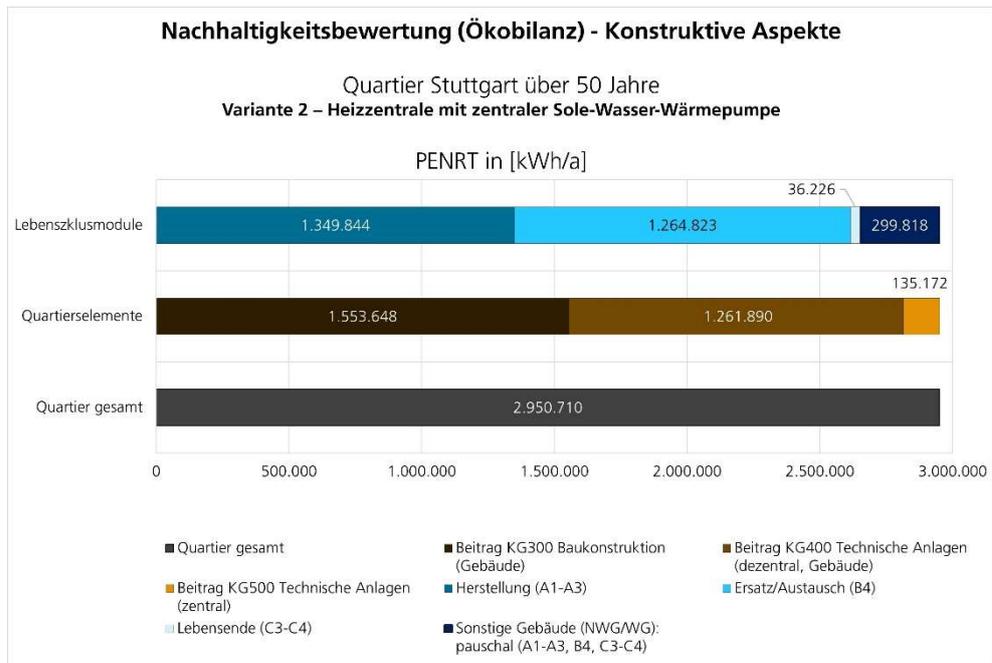


Bild 21:  
Ökobilanzergebnisse GWP in [t CO<sub>2</sub>-Äquiv./a] – Quartier Stuttgart, Variante 2 – Heizzentrale mit zentraler Sole-Wasser-Wärmepumpe [Eigene Darstellung].

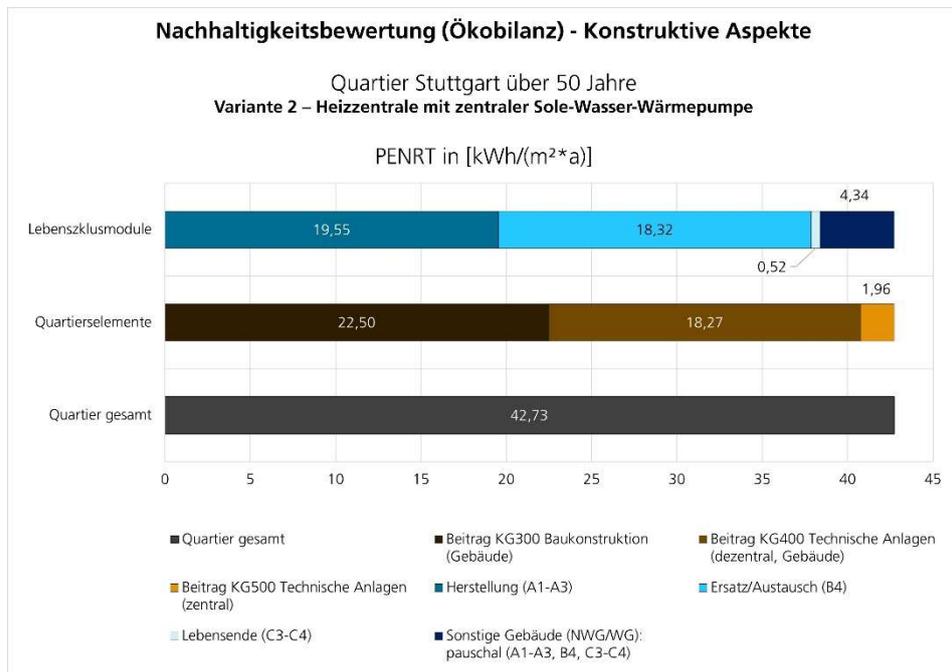


**Bild 22:**  
 Ökobilanzergebnisse GWP in [kg CO<sub>2</sub>-Äquiv./(m<sup>2</sup>\*a)] – Quartier Stuttgart, Variante 2 – Heizzentrale mit zentraler Sole-Wasser-Wärmepumpe [Eigene Darstellung].

In Bild 23 und Bild 24 sind die Ökobilanzergebnisse für den PENRT-Einsatz der Variante 2 des Quartiers Stuttgart über 50 Jahre dargestellt. Die Umweltwirkungen des Quartiers gesamt sind in Variante 2 leicht höher als in Variante 3. Dies ist auf die Kostengruppe KG500 zurückzuführen.



**Bild 23:**  
Ökobilanzergebnisse PENRT in [kWh/a] – Quartier Stuttgart, Variante 2 – Heizzentrale mit zentraler Sole-Wasser-Wärmepumpe [Eigene Darstellung].



**Bild 24:**  
Ökobilanzergebnisse PENRT in [kWh/(m<sup>2</sup>\*a)] – Quartier Stuttgart, Variante 2 – Heizzentrale mit zentraler Sole-Wasser-Wärmepumpe [Eigene Darstellung].

## 6.3 Quartierskonzept Überlingen (AP2.2)

### 6.3.1 Technische Systembeschreibung und Sachbilanz

Für die Berücksichtigung des Gebäudes 10 in der Quartiersbilanz wurde Variante 0 angesetzt, die die Nutzung des innovativen reinen Dämmstoffes mit einem spezifischen Ansatz für das Lebensende (Rücknahme Dämmstoff statt thermischer Verwertung) vorsieht.

Die untenstehende Tabelle 11 gibt eine Übersicht über das Energiekonzept des BGÜ-Quartiers.

Tabelle 11:  
Bilanzierte Anlagentypen und Komponenten des Energiekonzepts Überlingen [Maucher 2023].

|                         | Anlagentyp         | Komponente  | Bilanzierungsansatz  |
|-------------------------|--------------------|---|--|
| Erzeugerseite           | Holzhackschnitzel  | Holzhackschnitzelkessel: 1,6 MW <sub>th</sub>   | verursachungsgerechte Anrechnung. 60 % Anrechnung.   |
|                         | Erdgas-Spitzenlast | Erdgasspitzenlastkessel: 2 x 2 MW   | verursachungsgerechte Anrechnung. 15 % Anrechnung.   |
|                         | BHKW               | Erdgas-BHKW: 50 kW <sub>el</sub> / 90 kW <sub>th</sub>  | verursachungsgerechte Anrechnung. 5 % Anrechnung.  |
|                         | Solarthermie       | Vakuümrohrenkollektoren: 4268 m <sup>2</sup> / 2,4 MW   | verursachungsgerechte Anrechnung; Installation explizit für das Energiekonzept in Überlingen. Konservative Abschätzung über 100% Anrechnung (auch wenn außerhalb des Quartiers installiert). |
|                         | PV                 | Photovoltaik: 75,33 m <sup>2</sup>  | verursachungsgerechte Anrechnung; installiert im Neubau und Bestandsbau. 100% Anrechnung.  |
|                         | Speicher           | Batteriespeicher:<br>Lithium-Ionen: 154 kWh<br>Lithium-Eisenphosphat: 6 x 15,4 kWh  |  |
| Verteilung und Übergabe | Nahwärmenetz       | Nahwärmenetzleitungen:<br>2-Leiter<br>DN80 -> 215 m Hauptleitung (Trasse) -> 430 m Rohr<br>DN50 -> 200 m Hausanschluss (Trasse) -> 400 m Rohr<br>Material: Stahl (Kunststoffmantelrohr KMR, Einzelrohr)<br>Wandstärke: 3,0<br>Dämmstärke: 1x verstärkte Dämmung | Verursachergerechte Anrechnung der Bausteine, die zusätzlich ins Quartier eingebracht werden. 100 % Anrechnung.  |
|                         |                    | Nahwärmenetzleitungen:<br>3-Leiter<br>DN80 -> 320 m Hauptleitung (Trasse) -> 960 m Rohr<br>DN50 -> 90 m Hausanschluss (Trasse) -> 270 m Rohr<br>Material: Stahl (Kunststoffmantelrohr KMR, Einzelrohr)<br>Wandstärke: 3,0<br>Dämmstärke: 1x verstärkte Dämmung  |  |

### 6.3.2 Auswertung und Interpretation

Die Ökobilanzergebnisse des Quartiers Überlingen sind in Bild 25 bis Bild 28 veranschaulicht. In Bild 25 und Bild 26 ist zu erkennen, dass die Kostengruppe KG300 die größten Umweltwirkungen der verschiedenen Quartierselemente verursacht. Etwa 81 % des GWP's sind auf diese Kostengruppe zurückzuführen. Etwa 59 % der Umweltwirkungen sind durch das Lebenszyklusmodul Herstellung bedingt. Um die 94 % des GWP's der Herstellungsphase werden durch die KG300 verursacht.

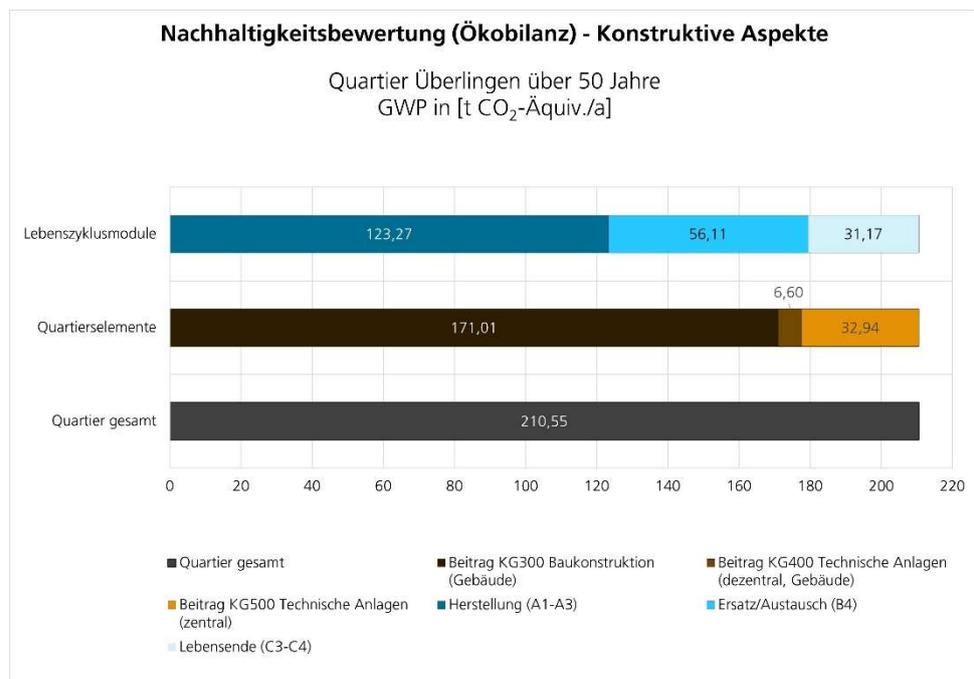


Bild 25:  
Ökobilanzergebnisse GWP in [t CO<sub>2</sub>-Äquiv./a] - Quartier Überlingen [Eigene Darstellung].

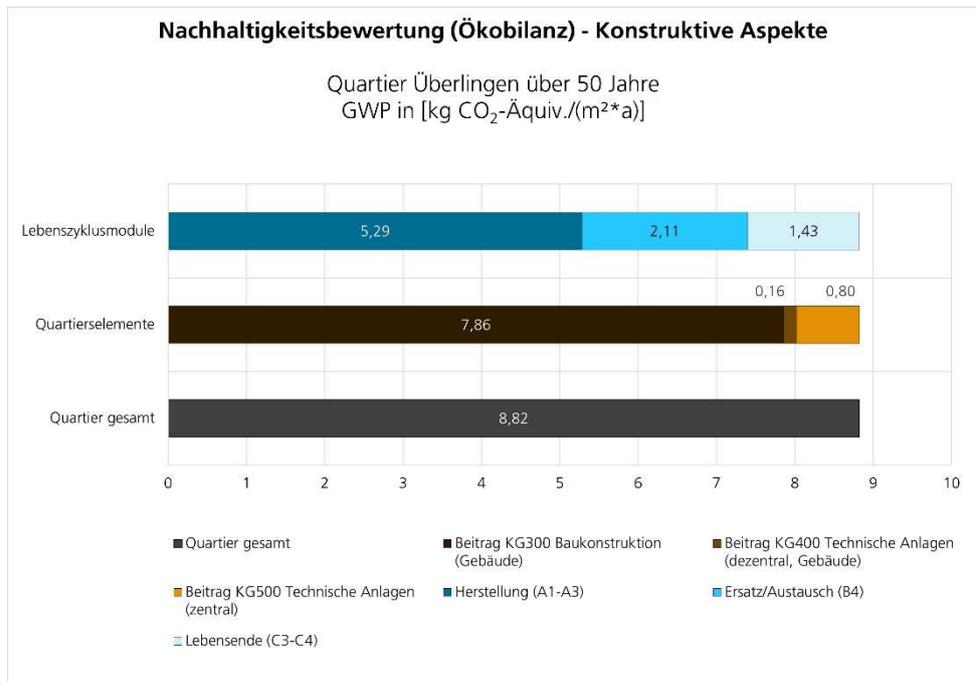


Bild 26:  
Ökobilanzergebnisse GWP in [kg CO<sub>2</sub>-Äquiv./(m<sup>2</sup>\*a)] – Quartier Überlingen [Eigene Darstellung].

Der Blick auf Bild 27 und Bild 28 zeigt den großen Einfluss der Kosten-  
gruppe KG300 Baukonstruktion auf die Umweltwirkungen mit Blick auf den  
PENRT-Einsatz. Auch die Kostengruppe KG500 ist hier nicht unwesentlich.  
Die zentralen Technischen Anlagen tragen etwa zu 16 % der Umweltwirkun-  
gen des Quartiers bei.

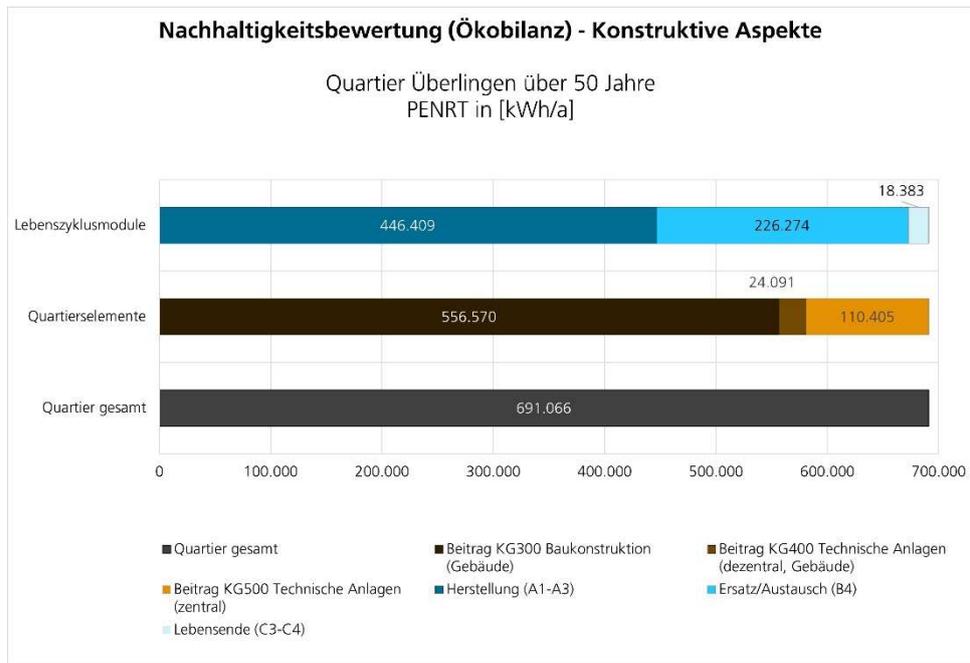


Bild 27:  
Ökobilanzergebnisse PENRT in [kWh/a] – Quartier Überlingen [Eigene Darstellung].

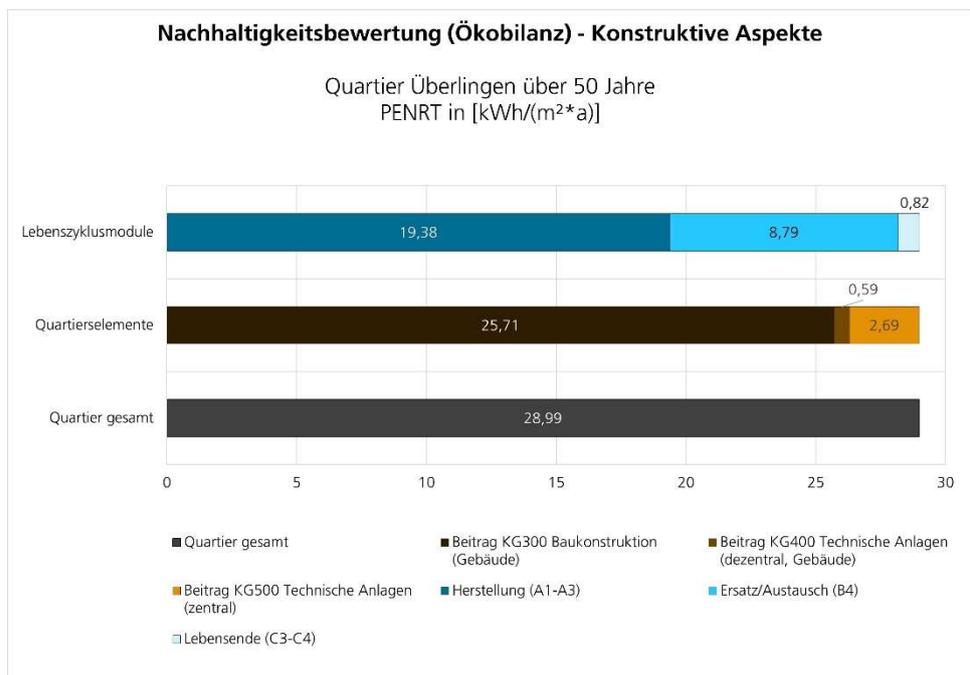


Bild 28:  
Ökobilanzergebnisse PENRT in [kWh/(m<sup>2</sup>\*a)] – Quartier Überlingen [Eigene Darstellung].

## 6.4 Übertragbare Lösungsansätze und Quartierskonzepte (AP3.2)

### 6.4.1 Technische Systembeschreibung und Sachbilanz

Für die übertragbaren Lösungsansätze wurden ausgewählte Energieversorgungskonzepte priorisiert. Zur Vereinfachung werden die Quartiere nur im Anwendungsfall Neubau bilanziert. Es stehen die Quartiere ST 2, ST 5b und ST 7a im Fokus der Analyse.

In Tabelle 12 sind die gewählten Energieversorgungskonzepte für die Quartiersbilanzen spezifiziert. Diese wurden exemplarisch herausgegriffen, da sie mit Blick auf die Energiekosten, und somit aus Bewohnersicht, sehr positiv bzw. positiv bewertet sind. Ergänzend sind die Eingangsdaten der Gebäude (Neubau) für die Quartiersbilanzen festgehalten.

Tabelle 12:  
Eingangsdaten der Quartiersbilanzen [Schrade 2022-1].

| Quartier | Gebäude-typen                             | Wärme-nutzniveau | Anlagentyp   | Komponenten   |
|----------|---|------------------|--|---|
| ST 2     | EFH:<br>84 Gebäude                        | EG40             | Dezentrale Wärmepumpen                                       | Luft/Wasser-Wärmepumpe (Außenluft, Strom):<br>84 Stück á 6,5 kW   |
|          |   |                  | Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (85 %)           | Lüftungsanlagen mit Zu- und Abluft und Wärmerückgewinnung (85 %):<br>84 Stück á Volumenstrom von 250 m <sup>3</sup> /h  |
|          |   |                  | Dezentrale Photovoltaik                                      | Mono-c-si-Anlagen:<br>Ermittelte Fläche: 5749,29 m <sup>2</sup><br>(mit 926 kWh/kW <sub>p</sub> und 200 W <sub>p</sub> /m <sup>2</sup> )                              |
| ST 5b    | MFH:<br>21 Gebäude,<br>GMH:<br>10 Gebäude | EG40             | Dezentrale Gas-BHKWs   | Biogas-BHKW:<br>21 Stück á 15 kW,<br>10 Stück á 65 kW   |
|          |   |                  | Dezentrale Spitzenlastkessel                                 | Gas- Spitzenlastkessel:<br>21 Stück á 15 kW,<br>10 Stück á 65 kW  |
|          |   |                  | Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (85 %)           | Lüftungsanlagen mit Zu- und Abluft und Wärmerückgewinnung (85 %):<br>21 Stück á Volumenstrom 800 m <sup>3</sup> /h,<br>10 Stück á Volumenstrom 4000 m <sup>3</sup> /h |
|          |   |                  | Dezentrale Photovoltaik                                      | Mono-c-si-Anlagen:<br>Ermittelte Fläche: 3856,05 m <sup>2</sup><br>(mit 926 kWh/kW <sub>p</sub> und 200 W <sub>p</sub> /m <sup>2</sup> )                              |
| ST 7a    | MFH:<br>49 Stück,<br>GMH:<br>52 Stück     | EG40             | Dezentrale Biomasse-Kessel                                   | Biomasse-Kessel:<br>49 Stück á 15 kW,<br>52 Stück á 65 kW   |
|          |   |                  | Dezentrale Solare Trinkwarmwasser- und Heizungsunterstützung | Solare Trinkwarmwasser- und Heizungsunterstützung:<br>Vakuumröhrenkollektoren,<br>Fläche: 7800 m <sup>2</sup>   |
|          |   |                  | Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (85 %)           | Lüftungsanlagen mit Zu- und Abluft und Wärmerückgewinnung (85 %):<br>49 Stück á Volumenstrom 800 m <sup>3</sup> /h,<br>52 Stück á Volumenstrom 4000 m <sup>3</sup> /h |
|          |   |                  | Dezentrale Photovoltaik                                      | Mono-c-si-Anlagen:<br>Ermittelte Fläche: 30588,6 m <sup>2</sup><br>(mit 926 kWh/kW <sub>p</sub> und 200 W <sub>p</sub> /m <sup>2</sup> )                              |

Die Ergebnisse für die KG300 Baukonstruktion wurden zusätzlich einmal für alle Siedlungstypologien ökobilanziell betrachtet, da sich aus den Demonstrationsquartieren bereits die Relevanz der Kostengruppe KG300 Baukonstruktion abzeichnet. Tabelle 13 bis Tabelle 16 dokumentieren hierfür die wesentlichen Eingangsdaten für die Sachbilanz.

Tabelle 13:  
Angesetzte Siedlungsfläche sowie Gebäudetypologie und Anzahl je Siedlungstypologie [Schrade 2022-1].

| Quartiersbezeichnung                             | Siedlungsfläche des Quartiers [km <sup>2</sup> ] | Anzahl EFH Typgebäude: | Anzahl RH Typgebäude: | Anzahl MFH Typgebäude: | Anzahl GMH Typgebäude: | Anzahl HH Typgebäude: |
|--|--|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| ST 2   | 0,075  | 84                     | 0                     | 0                      | 0                      | 0                     |
| ST 4   | 0,027  | 0                      | 92                    | 0                      | 0                      | 0                     |
| ST 5b  | 0,057  | 0                      | 0                     | 21                     | 10                     | 0                     |
| ST 6   | 0,046  | 0                      | 0                     | 0                      | 0                      | 16                    |
| ST 7a  | 0,095  | 0                      | 0                     | 49                     | 52                     | 0                     |
| ST3a   | 0,155  | 208                    | 0                     | 42                     | 0                      | 0                     |
| ST5a   | 0,037  | 0                      | 0                     | 51                     | 0                      | 0                     |
| ST7b   | 0,147  | 0                      | 0                     | 59                     | 108                    | 0                     |
| ST1  | 0,112  | 98                     | 0                     | 0                      | 0                      | 0                     |
| A <sub>NGF</sub> [m <sup>2</sup> ] je Gebäudetyp |  | 173,3                  | 112,8                 | 654,0                  | 3.322,0                | 5275,6                |

Tabelle 14:  
Angesetzte Nettogrundflächen gesamt je Siedlungstypologie [Schrade 2022-1].

| Quartiersbezeichnung | Nettogrundfläche (A <sub>NGF</sub> ) |        |        |         |        | Summe   |
|----------------------|--------------------------------------|--------|--------|---------|--------|---------|
|                      | EFH                                  | RH     | MFH    | GMH     | HH     |         |
| ST2                  | 14.553                               | 0      | 0      | 0       | 0      | 14.553  |
| ST4                  | 0                                    | 10.373 | 0      | 0       | 0      | 10.373  |
| ST5b                 | 0                                    | 0      | 13.733 | 33.220  | 0      | 46.953  |
| ST6                  | 0                                    | 0      | 0      | 0       | 84.410 | 84.410  |
| ST7a                 | 0                                    | 0      | 32.044 | 172.744 | 0      | 204.788 |
| ST3a                 | 36.036                               | 0      | 27.466 | 0       | 0      | 63.502  |
| ST5a                 | 0                                    | 0      | 33.351 | 0       | 0      | 33.351  |
| ST7b                 | 0                                    | 0      | 38.583 | 358.776 | 0      | 397.359 |
| ST1                  | 16.979                               | 0      | 0      | 0       | 0      | 16.979  |

Tabelle 15:  
Geometrische Grunddaten der verwendeten Typgebäude [Schrade 2022-1].

| Typbezeichnung                       | EFH_F | RH_C  | MFH_G | GMH_F  | NBL_HH_F |
|--------------------------------------|-------|-------|-------|--------|----------|
| Anzahl Wohneinheiten                 | 1     | 1     | 9     | 48     | 80       |
| Anzahl Stockwerke                    | 2     | 2     | 3     | 8      | 10       |
| Nettoraumfläche [m <sup>2</sup> ]    | 173,3 | 112,8 | 654,0 | 3322,0 | 5275,6   |
| Wohnfläche [m <sup>2</sup> ]         | 157,5 | 102,5 | 594,5 | 3020,0 | 4796,0   |
| Außenwandfläche [m <sup>2</sup> ]    | 177,6 | 66,1  | 447,1 | 2130,0 | 2994,0   |
| Dachfläche [m <sup>2</sup> ]         | 183,1 | 50,4  | 248,3 | 540,0  | 598,3    |
| Fläche Kellerdecke [m <sup>2</sup> ] | 152,3 | 50,4  | 248,3 | 540,0  | 598,3    |
| Fensterfläche [m <sup>2</sup> ]      | 34,2  | 21,5  | 99,4  | 545,0  | 756,0    |

Tabelle 16:  
Bauphysikalische Kennwerte der Gebäudehülle [Schrade 2022-1].

| Kennwerte                                   | EG100 | EH 55 | EH 40 |
|---|-------|-------|-------|
| $U_{\text{Außenwand}}$ [W/m <sup>2</sup> K] | 0,28  | 0,20  | 0,13  |
| $U_{\text{Dach}}$ [W/m <sup>2</sup> K]      | 0,20  | 0,15  | 0,11  |
| $U_{\text{Boden}}$ [W/m <sup>2</sup> K]     | 0,35  | 0,25  | 0,20  |
| $U_{\text{Fenster}}$ [W/m <sup>2</sup> K]   | 1,30  | 0,90  | 0,80  |

Die Konstruktionsaufbauten für die Gebäudemodelle Neubau werden in Anlehnung der Gebäudemodelle für das Ökobilanzmodul des District ECA [Lenz 2024-2] gewählt und in massiver Bauweise ausgeführt. Detaillierte Informationen zu den Konstruktionsaufbauten können dem erweiterten Nutzerhandbuch [Lenz 2024-2] entnommen werden.

## 6.4.2 Auswertung und Interpretation

Tabelle 17 fasst die Ergebnisse der Ökobilanzbewertung für die KG300 Baukonstruktion für alle Siedlungstypologien und die drei energetischen Standards EH100, EH55 und EH40 zusammen. Deutlich zu erkennen ist ein erhöhter konstruktionsbedingter Aufwand im Falle eines steigenden energetischen Standards (vergleiche Ergebnisse EH100 zu Ergebnisse EH40) sowie eine Reduktion der konstruktionsbedingten Umweltwirkungen je funktioneller Einheit bei erhöhter Bebauungsdichte (vergleiche Ergebnisse Siedlungstypologie ST1 mit lockerer Bebauung zu Siedlungstypologie ST7a Blockbebauung).

Tabelle 17:  
 Ökobilanzkennwerte KG300 Baukonstruktion für übertragbare Lösungsansätze (AP3.2) im Neubau und unterschiedlichen energetischen Standards.

| Quartier | Flächenanteile                          |            | Flächenanteile              |               | LCA-Ansatz Gebäude |           | GWP                      |                           | PENRT                    |                           | GWP                      |                           | PENRT                    |                           |
|----------|---|------------|-----------------------------|---------------|--------------------|-----------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
|          | Nettoraumfläche (NRF) [m <sup>2</sup> ] | Neubau [%] | Sanierung [m <sup>2</sup> ] | Sanierung [%] | Neubau             | Sanierung | [kg/(m <sup>2</sup> *a)] | [kWh/(m <sup>2</sup> *a)] |
|          |   |            |                             |               |                    |           | EH40                     |                           | EH50                     |                           | EH100                    |                           |                          |                           |
| ST2      | 14.553                                  | 14.553     | 100%                        | 0             | 0%                 | generisch | --                       | 11,88                     | 36,76                    | 10,30                     | 31,45                    | 9,64                      | 29,14                    |                           |
| ST4      | 10.373                                  | 10.373     | 100%                        | 0             | 0%                 | generisch | --                       | 9,00                      | 30,48                    | 7,80                      | 26,10                    | 6,65                      | 21,33                    |                           |
| ST5b     | 46.953                                  | 46.953     | 100%                        | 0             | 0%                 | generisch | --                       | 6,55                      | 18,69                    | 5,96                      | 16,51                    | 5,58                      | 15,30                    |                           |
| ST6      | 84.410                                  | 84.410     | 100%                        | 0             | 0%                 | generisch | --                       | 4,61                      | 11,73                    | 4,31                      | 10,61                    | 4,14                      | 9,92                     |                           |
| ST7a     | 204.788                                 | 204.788    | 100%                        | 0             | 0%                 | generisch | --                       | 6,12                      | 17,01                    | 5,60                      | 15,09                    | 5,29                      | 14,00                    |                           |
| ST3a     | 63.502                                  | 63.502     | 100%                        | 0             | 0%                 | generisch | --                       | 10,54                     | 32,74                    | 9,23                      | 28,18                    | 8,53                      | 26,07                    |                           |
| ST5a     | 33.351                                  | 33.351     | 100%                        | 0             | 0%                 | generisch | --                       | 8,78                      | 27,47                    | 7,83                      | 23,90                    | 7,07                      | 22,04                    |                           |
| ST7b     | 397.359                                 | 397.359    | 100%                        | 0             | 0%                 | generisch | --                       | 5,93                      | 16,27                    | 5,45                      | 14,47                    | 5,16                      | 13,44                    |                           |
| ST1      | 16.979                                  | 16.979     | 100%                        | 0             | 0%                 | generisch | --                       | 11,88                     | 36,76                    | 10,30                     | 31,45                    | 9,64                      | 29,14                    |                           |

In Bild 29 und Bild 30 sind die Bilanzergebnisse für das Treibhauspotenzial bzw. den PENRT-Einsatz der konstruktiven Aspekte verschiedener Energieversorgungskonzepte und Siedlungstypen des AP3.2 dargestellt. Es zeigt sich der hohe Einfluss der gewählten Siedlungstypologie und der Technischen Anlagen auf die Bilanzergebnisse. Das Fokusquartier ST5b weist deutlich geringere Umweltwirkungen als die anderen betrachteten Quartiere auf, dies ist u. a. auf die reduzierten ökologischen Auswirkungen in dem Lebenszyklusmodul Ersatz/Austausch zurückzuführen.

Quartiersbilanz: Verschiedene Energieversorgungskonzepte und Siedlungstypen | Neubau EG40  
 - Herstellung, Austausch, Lebensende über 50 a -  
 GWP in [kg CO<sub>2</sub>-Äquiv./(m<sup>2</sup>\*a)]

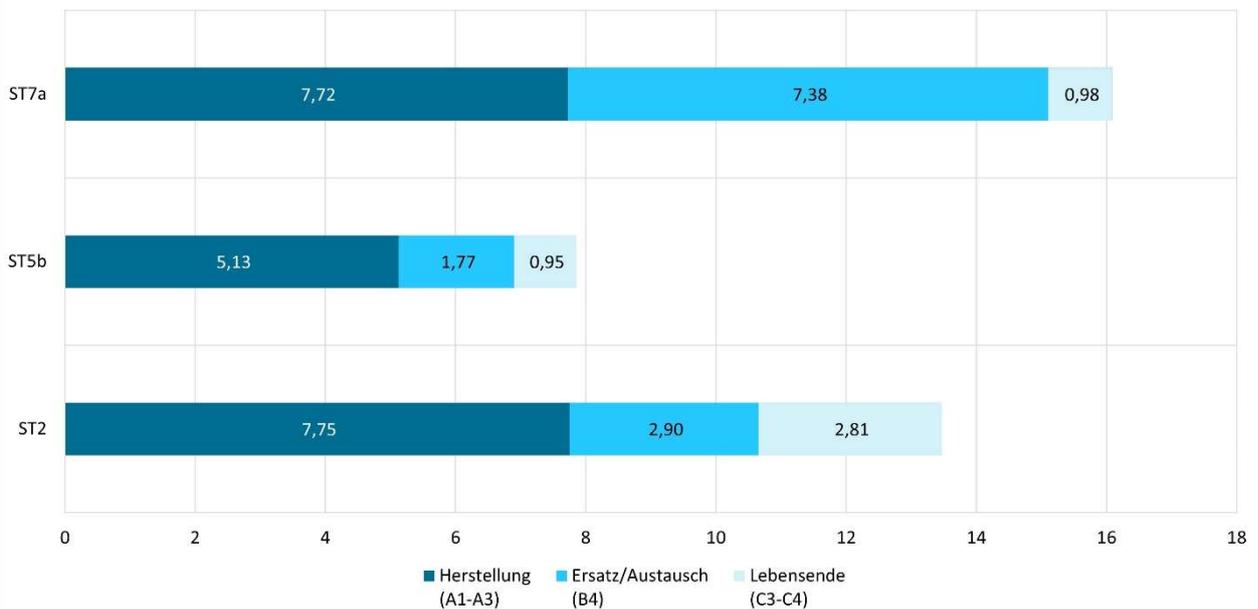


Bild 29:  
 Ausgewählte Ökobilanzergebnisse GWP in [kg CO<sub>2</sub>-Äquiv./(m<sup>2</sup>\*a)] für die konstruktiven Aspekte verschiedener Energieversorgungskonzepte und Siedlungstypen in AP3.2 [Eigene Darstellung].

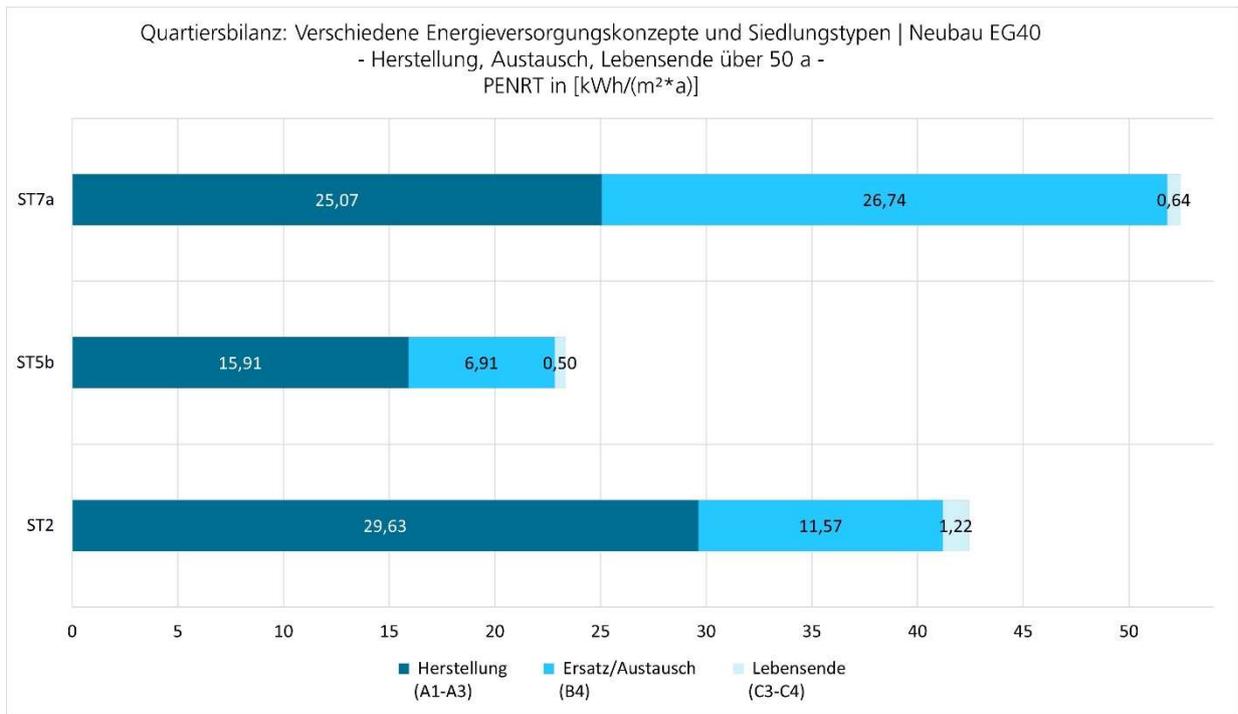


Bild 30:  
 Ausgewählte Ökobilanzergebnisse PENRT in [kWh/(m<sup>2</sup>\*a)] für die konstruktiven Aspekte verschiedener Energieversorgungskonzepte und Siedlungstypen in AP3.2 [Eigene Darstellung].

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

Die ökologische Bewertung der Quartiere und Energieversorgungskonzepten zeigt, dass die Herstellung (A1-A3) einen maßgeblichen Anteil der konstruktionsbezogenen Umweltwirkungen verursacht. Auch die Kostengruppe KG300 Baukonstruktion (Gebäude) ist maßgeblich für die Höhe der ökologischen Auswirkungen des Quartiers. Bezogen auf die funktionelle Einheit von 1 m<sup>2</sup> NRF und Jahr sind wesentliche Anteile der Gesamtauswirkungen diesem Quartierelement zuzuschreiben. Bebauungsdichte Quartiere (z. B. MFH, MFH Block) sowie Energieversorgungskonzepte mit zentralen Technischen Anlagen gehen tendenziell mit geringeren konstruktiven Umweltwirkungen einher (je 1m<sup>2</sup> NRF und Jahr) und sind folglich aus ökologischer Sicht als effizienter als Quartiere mit niedriger Bebauungsdichte und Energieversorgungskonzepte mit einem hohen Anteil gebäudenaher technischer Anlagen einzuordnen. Außerdem geht der Neubau mit tendenziell höheren konstruktionsbedingten Umweltwirkungen einher als die Bestandsanierung für KG300 Baukonstruktion. Die Ergebnisse zeigen außerdem die Relevanz der Austauschzyklen (Modul B4) der gewählten Technologien für die Energieversorgung.

Ein Großteil, der für die ökologische Analyse erarbeiteten Ökobilanzmodelle bildet die Basis für die ökologischen Hintergrunddaten im Ökobilanzmodul für District ECA [Lenz 2024-2]. Sie wurden genutzt um Ökobilanzkennwerte für die kombinierte energetische und ökologische Stadtplanung im Stadtplanungstool District ECA zu implementieren. Der vorliegende Bericht dokumentiert damit zusätzliche und weiterführende Annahmen, die über das den Bericht zum erweiterten User Manual [Lenz 2024-2] hinaus gehen.

## 8 Literaturverzeichnis

- [Beuth 2012] Beuth Verlag (Herausgeber): DIN EN 15978. Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden – Berechnungsmethode. Deutsche Fassung EN 15978:2012-10. Verfügbar unter <https://www.dinmedia.de/de/norm/din-en-15978/164252701>. Letzter Abruf: 29.04.2024.
- [Beuth 2018-1] Beuth Verlag (Herausgeber): DIN V 18599:2018-09. Energetische Bewertung von Gebäuden. Verfügbar in den einzelnen Teilen z. B. unter <https://www.dinmedia.de/de/vornorm/din-v-18599-1/293515783>. Letzter Abruf: 23.07.2024
- [Beuth 2018-2] Beuth Verlag (Herausgeber): DIN 276. Kosten im Bauwesen. Deutsche Fassung DIN 276:2018-12. Verfügbar unter <https://www.dinmedia.de/de/norm/din-276/293154016>. Letzter Abruf: 12.07.2024.
- [Beuth 2020] Beuth Verlag (Herausgeber): DIN EN 15804. Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte. Deutsche Fassung EN 15804+:2012+A2:2019. Verfügbar unter <https://www.dinmedia.de/de/norm/din-en-15978/164252701>. Letzter Abruf: 29.04.2024.
- [Beuth 2021-1] Beuth Verlag (Herausgeber): DIN EN ISO 14040:2021-02. Umweltmanagement - Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006 + Amd 1:2020); Deutsche Fassung EN ISO 14040:2006 + A1:2020. Verfügbar unter <https://www.dinmedia.de/de/norm/din-en-iso-14044/325953813>. Letzter Abruf: 29.04.2024.
- [Beuth 2021-2] Beuth Verlag (Herausgeber): DIN EN ISO 14044:2021-02. Umweltmanagement - Ökobilanz - Anforderungen und Anleitungen (ISO 14044:2006 + Amd 1:2017 + Amd 2:2020); Deutsche Fassung EN ISO 14044:2006 + A1:2018 + A2:2020. Verfügbar unter <https://www.dinmedia.de/de/norm/din-en-iso-14044/325953813>. Letzter Abruf: 29.04.2024.
- [Beuth 2021-3] Beuth Verlag (Herausgeber): DIN 277. Grundflächen und Rauminhalte im Hochbau. Deutsche Fassung DIN 277:2021-08. Verfügbar unter <https://www.dinmedia.de/de/norm/din-277/342217323>. Letzter Abruf: 29.04.2024.
- [BKI 2022] Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH (BKI): BKI Kostenplaner. Regionalfaktoren 2022. Version 2021.62.9.
- [Blesl 2002] Blesl, M.: Räumlich hoch aufgelöste Modellierung leitungsgebundener Energieversorgungssysteme zur Deckung des Niedertemperaturwärmebedarfs. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung. Universität Stuttgart, 2002

- [BMWSB 2021-1] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, Hg., „Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB): Stand 24.02.2017. Berlin, Deutschland, 2021. Verfügbar unter: <https://www.nachhaltigesbauen.de/austausch/nutzungsdauern-von-bauteilen/>. Letzter Zugriff am: 25. März 2022.
- [BMWSB 2021-2] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB), Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR): ÖKOBAUDAT 2021-II (25.06.2021). Verfügbar unter <https://www.oekobaudat.de/datenbank/archiv/oekobaudat-2021-ii.html>. Letzter Abruf: 12.07.2024.
- [BMWSB 2022] Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, Hg., „Bilanzierungsregeln des QNG für Nichtwohngebäude. Stand 25.06.2021: Anhang 3.1.1 zur ANLAGE 3“, Berlin, Deutschland, 1. Juli 2021. Verfügbar unter: <https://www.nachhaltigesbauen.de/austausch/beg/>. Letzter Zugriff am: 25. März 2022.
- [Bundestag 2020] Bundestag: Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz – GEG). Bundesgesetzblatt Jahrgang 2020 Teil I Nr. 37. Bundesanzeiger Verlag GmbH. Bonn. 13. August 2020. Verfügbar unter [https://www.geg-info.de/geg/2020.08.13\\_bundesgesetzblatt\\_geg\\_2020\\_verkundung.pdf](https://www.geg-info.de/geg/2020.08.13_bundesgesetzblatt_geg_2020_verkundung.pdf). Letzter Zugriff: 28.07.2024.
- [Bundestag 2024] Zweites Gesetz zur Änderung des Klimaschutzgesetzes: Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG), 2021. BGBl. 2024 I Nr. 235 vom 16.07.2024. Verfügbar unter: <https://www.recht.bund.de/bgbl/1/2024/235/VO.html>. Letzter Zugriff: 28.07.2024.
- [Braune 2020] Braune, A. et al.: Rahmenwerk für klimaneutrale Gebäude und Standorte. Bericht. März, 2020. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e. V. (Hrsg.).
- [Braune 2021] Braune, A. et al.: Benchmarks für die Treibhausgasemissionen der Gebäudekonstruktion. Bericht. August, 2021. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e. V. (Hrsg.).
- [dataholz 2024] Holzforschung Austria: Katalog bauphysikalisch und ökologisch geprüfter Holzbauteile. Verfügbar unter: <https://www.dataholz.eu>. Letzter Zugriff: 04.07.2023).
- [destatis 2019] Statistisches Bundesamt (DESTATIS): Fortschreibung Wohngebäude- und Wohnungsbestand: Wohngebäude, Wohnungen, Wohnfläche; Stand 25.07.2019. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden. 2019

- [destatis 2020] Statistisches Bundesamt (DESTATIS): Baufertigstellungen von Wohn- und Nichtwohngebäuden (Neubau) nach überwiegend verwendetem Baustoff. Lange Reihen ab 2000. Erschienen 14. Juli 2020. Statistisches Bundesamt Wiesbaden, 2020.
- [EGS-plan 2019-1] EGS-plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH, Bauteilkatalog für das Bauvorhaben Bürgerhospital Stuttgart, 2019
- [EGS-plan 2019-2] EGS-plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH, Wärmeschutznachweis nach der Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV2014) für das Bauvorhaben Sanierung und Umnutzung des früheren Bettenhauses des Bürgerhospitals in Stuttgart, 2019
- [EPD International 2024] EPD International AB: <https://environdec.com/home>.
- [Fraunhofer IBP 2016] Jan Paul Lindner: Lebenszyklus im Bauwesen. Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, 2016.
- [Fraunhofer IBP 2024-4] Fraunhofer IBP: Generis®. Software zur Gebäudeökobilanz. Stuttgart, 2024. Verfügbar unter <https://www.generis.live/#/signin>. Letzter Abruf: 12.07.2024.
- [Gantner 2011-1] Gantner, J. et al.: EeBGuide: Operational guidance for Life Cycle Assessment studies of the Energy Efficient Building Initiative: Part B: Buildings 2011.
- [Gantner 2011-2] Gantner, J. et al.: EeBGuide: Operational guidance for Life Cycle Assessment studies of the Energy Efficient Building Initiative: Part A: Products 2011.
- [Gantner 2018] Gantner et al., Ökobilanz – Integration in den Entwurfsprozess, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin · Bauphysik 40 (2018), Heft 5, 2018.
- [Hegger 2014] Hegger, M.; Dettmar, J: Energetische Stadtraumtypen – Strukturelle und energetische Kennwerte von Stadträumen. Schriftenreihe EnEff:Stadt. 2014. ISBN 978-3-8167-9292-5.
- [DGNB 2023] DGNB GmbH: DGNB System – Kriterienkatalog Gebäude Neubau. Version 2023. Stuttgart, Deutschland.
- [IBU 2024] Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU): <https://ibu-epd.com/>.

- [IINAS 2022] IINAS GmbH: GEMIS: Globales Emissions-Modell integrierter Systeme. Aktuelle Version: 5.1 (2022). Verfügbar unter <https://iinas.org/downloads/gemis-downloads/>.
- [IWU 2021] Institut Wohnen und Umwelt GmbH: ENOB:dataNWG. Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude. Fkz.: 03ET1315. Verfügbar unter: <https://dat-anwg.de>. Letzter Zugriff: 04.07.2023.
- [Kaufmann 2022] Kaufmann, H. et al.: Atlas mehrgeschossiger Holzbau: Grundlagen – Konstruktionen - Beispiele, 4. Aufl. München: Edition Detail, 2022.
- [KfW 2022] Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) (2022). Merkblatt Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG). Nichtwohngebäude. Verfügbar unter [www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000004860\\_M\\_463.pdf](http://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000004860_M_463.pdf), Letzter Abruf: 10.07.2024.
- [Lenz 2024-2] Lenz, K., Henzler, K.: Ökobilanzmodul für District ECA. Deliverable D5.4.1 des Verbundvorhabens STADTQUARTIER 2050. Stuttgart, 2024. Verfügbar unter <https://www.stadtquartier2050.de>. Letzter Abruf: Oktober 2024.
- [Loga 2015] Loga, T.; Stein, B.; Diefenbach, N.; Born, R.: Deutsche Wohngebäudetypologie – Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden. Zweite erweiterte Auflage. Bericht des Instituts für Wohnen und Umwelt. Darmstadt, 2015. Verfügbar unter [https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebäudebestand/episcope/2015\\_IWU\\_LogaEtAl\\_Deutsche-Wohngeb%C3%A4udetypologie.pdf](https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebäudebestand/episcope/2015_IWU_LogaEtAl_Deutsche-Wohngeb%C3%A4udetypologie.pdf). Letzter Abruf: 28.07.2024.
- [Mahler 2019] Mahler, B.; Idler, S.; Nusser, T.; Gantner, J.: Energieaufwand für Gebäudekonzepte im gesamten Lebenszyklus. Bericht. FKZ 3715 41 111 0. Februar, 2019. Umweltbundesamt (Hrsg.). Verfügbar unter <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>. Letzter Zugriff: 02.07.2024.
- [Maucher 2023] Maucher, M.; Söder, A.: Energiekonzept für das Demonstrationsquartier Schöttlisberg in Überlingen. Meilenstein M2.2.1 des Verbundvorhabens STADTQUARTIER 2050. Ravensburg, 2023.
- [Schrade 2020-1] Schrade, J.; Erhorn, H.; Erhorn-Kluttig, H.: Entwicklung eines klimaneutralen Versorgungskonzepts für das Bürgerhospital Stuttgart. Wissenschaftliches Hintergrunddokument. Meilenstein 2.1.1 des Verbundvorhabens STADTQUARTIER 2050. Stuttgart, 2020. Verfügbar unter [https://www.stadtquartier2050.de/images/M2.1.1\\_Wissenschaftliches\\_Hintergrunddokument\\_Energiekonzept\\_B%C3%BCrgerhospital\\_14\\_08\\_20.pdf](https://www.stadtquartier2050.de/images/M2.1.1_Wissenschaftliches_Hintergrunddokument_Energiekonzept_B%C3%BCrgerhospital_14_08_20.pdf). Letzter Abruf: 27.07.2024.

- [Schrade 2022-1] Schrade, J.; Illner, M.; Erhorn-Kluttig, H.; Erhorn, H.: Leitfaden für die Entwicklung von klimaneutralen Energieversorgungskonzepten für Wohnquartiere. Deliverable 3.2.1 des Verbundvorhabens STADTQUARTIER 2050. Stuttgart, 2022. Verfügbar unter [https://www.stadtquartier2050.de/images/D3\\_2\\_1\\_LeitfadenKlimaneutraleQuartiere\\_final.pdf](https://www.stadtquartier2050.de/images/D3_2_1_LeitfadenKlimaneutraleQuartiere_final.pdf).  
Letzter Abruf: 29.04.2024.
- [Sphera 2023] Sphera LCA For Experts (ehemals GaBi Software System) mit den zugehörigen Datenbanken Managed LCA Content MLC (ehemals GaBi Datenbanken), Sphera Solutions GmbH. CUP Version: 2023.2. University of Stuttgart, Leinfelden Echterdingen, MLC Datendokumentation unter <https://sphera.com/productsustainabilitygabidatasearch/> (März 2024).
- [VDI 2012] Verein Deutscher Ingenieure e.V., VDI-Fachbereich Technische Gebäudeausrüstung: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen: Grundlagen und Kostenberechnung. Düsseldorf, September, 2012.
- [Wienerberger 2022] Wienerberger GmbH (Hrsg.): Poroton Wandlösungen: Planungs- und Verarbeitungshandbuch“. Technische Information, Hannover, Deutschland, 2022.
- [Willems 2021] Willems, W.M. et al. (InformationsZentrum Beton GmbH, Hrsg.): Planungsatlas für den Hochbau. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.planungsatlas-hochbau.de/>. Letzter Zugriff am 20.11.2021.
- [ZUB 2009] Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V., Katalog regionaltypischer Materialien im Gebäudebestand mit Bezug auf die Baualtersklasse und Ableitung typischer Bauteilaufbauten, 2009

## 9 Anhang

### A.1 Technologiesteckbriefe für Wärmeerzeuger

#### A.1.1 Kessel

##### 1.1.1 Gas-Brennwertgerät

| <b>Gas-Brennwertgerät</b>                         |  |
|---|--|
| <b>Energieträger</b>                              | Erdgas, Biogas   |
| <b>Nutzungsdauer</b>                              | 20 Jahre   |
| <b>Leistungsbereich [kW]</b>                      | 5, 10, 15, 20, 30, 50, 65, 100, 200, 400, 500, 950, 2000   |
| <b>Funktionelle Einheit / Deklarierte Einheit</b> | 1 Stück Gas-Brennwertgerät mit einer definierten Leistung [kW/Stück]   |
| <b>Sachbilanz</b>                                 | Gemäß Angaben ÖKOBAUDAT  |
| <b>Wesentliche Annahmen und Abschätzungen</b>     | Verwendete Datensätze der ÖKOBAUDAT:<br>Gas-Brennwertgerät < 20 kW (Standgerät)<br>Gas-Brennwertgerät 20-120 kW (Standgerät)<br>Gas-Brennwertgerät 120-400 kW (Standgerät) |
| <b>Quellen</b>                                    | [ÖKOBAUDAT]  |

## 1.1.2 Pelletkessel

|   |  |
|---|--|
| <b>Pelletkessel</b>                               |  |
| <b>Energieträger</b>                              | Biomasse (Holzpellets)   |
| <b>Nutzungsdauer</b>                              | 15 Jahre   |
| <b>Leistungsbereich [kW]</b>                      | 5, 10, 15, 20, 30, 50, 65, 100, 200, 400   |
| <b>Funktionelle Einheit / Deklarierte Einheit</b> | 1 Stück Pelletkessel mit einer definierten Leistung [kW/Stück]   |
| <b>Sachbilanz</b>                                 | Gem. ÖKOBAUDAT   |
| <b>Wesentliche Annahmen und Abschätzungen</b>     | Verwendete Datensätze der ÖKOBAUDAT:<br>Leistungsbereich 5, 10, 15 kW: Pelletkessel < 20 kW<br>Leistungsbereich 20, 30, 50, 65, 100 kW: Pelletkessel 20-120 kW<br>Leistungsbereich 200, 400 kW: Hackschnitzelkessel 120 - 400 kW |
| <b>Quellen</b>                                    | [ÖKOBAUDAT]  |

### 1.1.3 Hackschnitzelkessel

|   |   |
|---|---|
| <b>Hackschnitzelkessel</b>                            |   |
| <b>Energieträger</b>                                  | Biomasse (Holzhackschnitzel)  |
| <b>Nutzungsdauer</b>                                  | 15 Jahre  |
| <b>Leistungsbereich [kW]</b>                          | 10, 50, 100, 200, 500, 1600   |
| <b>Funktionelle Einheit /<br/>Deklarierte Einheit</b> | 1 Stück Hackschnitzelkessel mit einer definierten Leistung [kW/Stück]   |
| <b>Sachbilanz</b>                                     | Gem. ÖKOBAUDAT  |
| <b>Wesentliche Annahmen<br/>und Abschätzungen</b>     | Verwendete Datensätze der ÖKOBAUDAT:<br>Leistungsbereich 10 kW: Hackschnitzelkessel < 20 kW<br>Leistungsbereich 50, 100 kW: Hackschnitzelkessel 20 - 120 kW<br>Leistungsbereich 200 kW: Hackschnitzelkessel 120 - 400 kW<br>Leistungsbereich 500 kW: Hackschnitzelkessel 120 - 400 kW * 1,1<br>Leistungsbereich 1600 kW: Hackschnitzelkessel 120 - 400 kW * 4 |
| <b>Quellen</b>  | [ÖKOBAUDAT]   |

## A.1.2 Wärmepumpen

### 1.2.1 Strom-Wärmepumpe

| <b>Strom-Wärmepumpe (Sole-Wasser bzw. Wasser-Wasser)</b> |  |
|--|--|
| <b>Energieträger</b>                                     | Strom  |
| <b>Nutzungsdauer</b>                                     | 20 Jahre   |
| <b>Leistungsbereich [kW]</b>                             | 20 - 1830  |
| <b>Funktionelle Einheit / Deklarierte Einheit</b>        | 1 Stück Strom-Wärmepumpe (Sole-Wasser bzw. Wasser-Wasser) mit einer definierten Nenn-Wärmeleistung [kW/Stück]  |
| <b>Sachbilanz</b>  | <p>Materialmix:<br/>           Kupfer: 89,18%<br/>           Verzinkter Stahl: 1,78%<br/>           Isolierung: 2,38%<br/>           Kältemittel: 5,95%<br/>           Leistungselektronik: 0,71%</p> <p>Ausnahme Bilanzierung Quartier Stuttgart, Variante 2:<br/>           Gem. ÖKOBAUDAT.</p>  |
| <b>Wesentliche Annahmen und Abschätzungen</b>            | <p>Projektspezifisch (eigene Modelle).<br/>           Die Equipment, das z. B. für die Nutzung der Wärmequellen Erdreich oder Grundwasser zusätzlich zur Strom-Wärmepumpe benötigt wird, wird separat bilanziert und technologieabhängig zu der Strom-Wärmepumpe dazugerechnet. Beispiele hierfür sind die Erdsonde und der Erdkollektor.</p> <p>Ausnahme Bilanzierung Quartier Stuttgart, Variante 2:<br/>           Verwendeter Datensatz der ÖKOBAUDAT:<br/>           Strom-Wärmepumpe (Sole-Wasser, Erdsonde) 70 kW<br/>           Skaliert mit Faktor 26,14.</p> |
| <b>Quellen</b>   | Primärdaten und Technologie-Broschüren eines Herstellers   |

## 1.2.2 Zusätzliches Equipment für die Abwasserwärmerückgewinnung

| <b>Zusätzliches Equipment für die Abwasserwärmerückgewinnung</b> |   |
|--|---|
| <b>Nutzungsdauer</b>   | Subkomponentenabhängig  |
| <b>Entzugsleistung [kW]</b>                                      | 2100  |
| <b>Funktionelle Einheit / Deklarierte Einheit</b>                | Zusätzliches Equipment für die Abwasserwärmerückgewinnung für eine thermische Leistung von 1 kW   |
| <b>Sachbilanz</b>  | Materialmix:<br>Spülschild: Großteil Edelstähle und Beton<br>Wärmetauschermodul mit Rohrleitung: Großteil Edelstahl, Wasser-Glykol-Gemisch<br>Zusätzliche Verrohrung: gleiche Teile Edelstahl und Wasser-Glykol-Gemisch<br>Nebenkomponenten: Großteil Umwälzpumpe und Stahl   |
| <b>Wesentliche Annahmen und Abschätzungen</b>                    | Projektspezifisch (eigene Modelle).<br>Für die Abwasserwärmerückgewinnung wird eine Strom-Wärmepumpe (Sole-Wasser) durch weitere Komponenten ergänzt.<br>Der Modellierung liegt die Annahme zugrunde, dass die Komponenten linear auf 1 kWth skaliert werden können.<br>Im Modell sind berücksichtigt: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Spülschild</li> <li>- Zusätzliche Verrohrung mit Wasser-Glykol-Gemisch</li> <li>- Wärmetauschermodul mit Rohrleitung an Unterseite des Wärmetauschermoduls mit Wasser-Glykol-Gemisch</li> <li>- Nebenkomponenten für die Abwasserwärmerückgewinnung, bestehend aus kompressorgesteuerter Druckhaltestation mit Gefäß, Vakuumsprühentgaser und Pumpen</li> </ul> |
| <b>Quellen</b>   | Produktdatenblätter   |

### 1.2.3 Soleverteiler

|   |  |
|---|--|
| <b>Soleverteiler</b>                                  |  |
| <b>Nutzungsdauer</b>                                  | 20 Jahre   |
| <b>Funktionelle Einheit /<br/>Deklarierte Einheit</b> | 1 Stück Soleverteiler für eine definierte Anzahl an Solekreisen/Stück  |
| <b>Sachbilanz</b>                                     | Materialmix:<br>Kunststoff: 80 %<br>Messing: 20 %  |
| <b>Wesentliche Annahmen<br/>und Abschätzungen</b>     | Projektspezifisch (eigene Modelle).<br>Angesetzte Produktgewichte in Abhängigkeit der Anzahl Solekreise:<br>- Soleverteiler für 2 Solekreise: 5,2 kg<br>- Soleverteiler für 3 Solekreise: 12,1 kg<br>- Soleverteiler für 4 Solekreise: 12,1 kg |
| <b>Quellen</b>  | Produktdaten eines Herstellers   |

## 1.2.4 Sole-Umwälzpumpe

|   |   |
|---|---|
| <b>Sole-Umwälzpumpe</b>                           |   |
| <b>Energieträger</b>                              | Strom   |
| <b>Nutzungsdauer</b>                              | 20 Jahre  |
| <b>Leistung [kW]</b>                              | 5 - 300   |
| <b>Funktionelle Einheit / Deklarierte Einheit</b> | 1 Stück Sole-Umwälzpumpe mit einer definierten Leistung von 1 kW  |
| <b>Sachbilanz</b>                                 | Gemäß Datensatz Dokumentation Sphera LCA for Experts  |
| <b>Wesentliche Annahmen und Abschätzungen</b>     | Skalierung des Umweltprofils einer Umwälzpumpe über das Gewicht auf die benötigte Leistung [kW]: $\text{Gewicht [kg]} = 66,705 * (\text{Leistung [kW]})^{0,6261}$ |
| <b>Quellen</b>                                    | Sphera LCA for Experts  |

## 1.2.5 Erdsonde mit Soleflüssigkeit

| Erdsonde mit Soleflüssigkeit                      |  |
|---|--|
| <b>Nutzungsdauer</b>                              | 50 Jahre   |
| <b>Funktionelle Einheit / Deklarierte Einheit</b> | 1 Erdsondenrohr mit 1 m Länge, gefüllt mit Soleflüssigkeit   |
| <b>Sachbilanz</b>                                 | <p>Materialmix:<br/> Rohre: PE-HD: 100 %<br/> Soleflüssigkeit: Wasser/Ethylenglycol: ca. 70 Vol-% / 30 Vol-%</p> <p>Ausnahme Bilanzierung Quartiert Stuttgart, Variante 2:<br/> Gem. ÖKOBAUDAT.</p>  |
| <b>Wesentliche Annahmen und Abschätzungen</b>     | <p>Projektspezifisch (eigene Modelle).<br/> Rohre: OD: 32 mm</p> <p>Ausnahme Bilanzierung Quartiert Stuttgart, Variante 2:<br/> Verwendeter Datensatz der ÖKOBAUDAT:<br/> Rohre für Strom-Wärmepumpe (Sole-Wasser, Erdsonde) 70 kW<br/> Skaliert mit Faktor 26,14.</p> |
| <b>Quellen</b>                                    | Abgeleitet von VDI 4640, Blatt 1 und Blatt 2   |

## 1.2.6 Erdkolektor mit Soleflüssigkeit

| Erdkolektor mit Soleflüssigkeit                       |   |
|---|---|
| <b>Nutzungsdauer</b>                                  | 50 Jahre  |
| <b>Funktionelle Einheit /<br/>Deklarierte Einheit</b> | 1 Erdkolektorrohr mit 1 m Länge, gefüllt mit Soleflüssigkeit  |
| <b>Sachbilanz</b>                                     | Materialmix:<br>Rohre: PE-HD: 100 %<br>Soleflüssigkeit: Wasser/Ethylenglycol: ca. 70 Vol-% / 30 Vol-% |
| <b>Wesentliche Annahmen<br/>und Abschätzungen</b>     | Projektspezifisch (eigene Modelle).<br>Rohre: OD: 32 mm und Wandstärke: 3 mm                          |
| <b>Quellen</b>  | Abgeleitet von VDI 4640, Blatt 1 und Blatt 2  |

### 1.2.7 Komponenten für Grundwasserwärmenutzung

| <b>Komponenten für Grundwasserwärmenutzung</b>        |   |
|---|---|
| <b>Nutzungsdauer</b>                                  | 50 Jahre  |
| <b>Funktionelle Einheit /<br/>Deklarierte Einheit</b> | Komponenten für Grundwasserwärmenutzung für 1 m Länge   |
| <b>Sachbilanz</b>                                     | Materialmix:<br>Stahl: 75 %<br>Kies: 14 %<br>PVC: 11 %  |
| <b>Wesentliche Annahmen<br/>und Abschätzungen</b>     | Projektspezifisch (eigene Modelle).<br>In dem Modell sind die Komponenten Grundwasserbrunnen, Rohrleitungen für Grundwasserbrunnen sowie Kies berücksichtigt. |
| <b>Quellen</b>  | Relevante Normen und Produktdatenblätter  |

### 1.2.8 Strom-Wärmepumpe (Luft-Wasser)

| <b>Strom-Wärmepumpe (Luft-Wasser)</b>             |  |
|---|--|
| <b>Energieträger</b>                              | Strom  |
| <b>Nutzungsdauer</b>                              | 18 Jahre   |
| <b>Leistung [kW]</b>                              | 20 - 500   |
| <b>Funktionelle Einheit / Deklarierte Einheit</b> | 1 Stück Strom-Wärmepumpe (Luft-Wasser) mit einer definierten Nenn-Wärmeleistung [kW/Stück]   |
| <b>Sachbilanz</b>                                 | Materialmix:<br>Kupfer: 89,18%<br>Verzinkter Stahl: 1,78%<br>Isolierung: 2,38%<br>Kältemittel: 5,95%<br>Leistungselektronik: 0,71%   |
| <b>Wesentliche Annahmen und Abschätzungen</b>     | Projektspezifisch (eigene Modelle).<br>Für zusätzliches Equipment, das für die Nutzung der Wärmequellen Abluft und Außenluft benötigt wird, werden separate Umweltprofile bereitgestellt bzw. die Zuluft- und Abluftkanäle sind bei der Auslegung der Rohrleitung in den Gebäuden bereits enthalten. |
| <b>Quellen</b>                                    | Primärdaten und Technologie-Broschüren eines Herstellers   |

### 1.2.9 Agrothermiekollektor mit Monoethylenglykol-Wasser-Gemisch

| Agrothermiekollektor mit Monoethylenglykol-Wasser-Gemisch |   |
|---|---|
| <b>Nutzungsdauer</b>                                      | 50 Jahre  |
| <b>Funktionelle Einheit / Deklarierte Einheit</b>         | 1 m <sup>2</sup> Agrothermiekollektor mit Monoethylenglykol-Wasser-Gemisch  |
| <b>Sachbilanz</b>   | Materialmix:<br>Rohre: PE-HD: 100 %<br>Monoethylenglykol-Wasser-Gemisch: Wasser/Ethylenglycol: ca. 71 %-Vol. / 29 Vol.-%  |
| <b>Wesentliche Annahmen und Abschätzungen</b>             | Projektspezifisch (eigene Modelle).<br>Für 1 m <sup>2</sup> Agrothermiekollektor: 1,02 m DN 40 Rohr (Kollektorleitung) und 0,04 m DN 200 (Sammel- bzw. Verteilleitung) und 2,75 L Monoethylenglykol-Wasser-Gemisch. |
| <b>Quellen</b>  | Produktdatenblatt und Technologiebroschüre eines Herstellers  |

## A.1.3 Solarthermie

### 1.3.1 Flachkollektor

|   |  |
|---|--|
| <b>Flachkollektor</b>                                 |  |
| <b>Energieträger</b>                                  | Solar  |
| <b>Nutzungsdauer</b>                                  | 20 Jahre   |
| <b>Leistung [kW]</b>                                  | ÖKOBAUDAT  |
| <b>Funktionelle Einheit /<br/>Deklarierte Einheit</b> | 1 m <sup>2</sup> Flachkollektor                                    |
| <b>Sachbilanz</b>                                     | Gemäß Dokumentation ÖKOBAUDAT                                      |
| <b>Wesentliche Annahmen<br/>und Abschätzungen</b>     | Verwendeter Datensatz der ÖKOBAUDAT:<br>Solaranlage Flachkollektor |
| <b>Quellen</b>  | ÖKOBAUDAT  |

### 1.3.2 Vakuumröhrenkollektor

| Vakuumröhrenkollektor                                 |   |
|---|---|
| <b>Energieträger</b>                                  | Solar   |
| <b>Nutzungsdauer</b>                                  | 18 Jahre  |
| <b>Leistung [kW]</b>                                  | Gemäß Dokumentation ÖKOBAUDAT   |
| <b>Funktionelle Einheit /<br/>Deklarierte Einheit</b> | 1 m <sup>2</sup> Vakuumröhrenkollektor                                    |
| <b>Sachbilanz</b>                                     | Gemäß Dokumentation ÖKOBAUDAT   |
| <b>Wesentliche Annahmen<br/>und Abschätzungen</b>     | Verwendeter Datensatz der ÖKOBAUDAT:<br>Solaranlage Vakuumröhrenkollektor |
| <b>Quellen</b>  | ÖKOBAUDAT   |

## A.1.4 Warmwasserbereitstellung

### 1.4.1 Elektrischer Heizstab

| Elektrischer Heizstab                                 |  |
|---|--|
| <b>Energieträger</b>                                  | Strom  |
| <b>Nutzungsdauer</b>                                  | 18 Jahre   |
| <b>Leistung [kW]</b>                                  | 1,5, 2, 3, 4,5, 6, 9   |
| <b>Funktionelle Einheit /<br/>Deklarierte Einheit</b> | 1 Stück elektrischer Heizstab mit einer definierten Leistung [kW/Stück]  |
| <b>Sachbilanz</b>                                     | Materialmix:<br>Kunststoff: zwischen 17 und 10 %<br>Kabel: zwischen 8 und 5 %<br>Messing: zwischen 7 und 4 %<br>Stahl: zwischen 44 und 52 %<br>Kupfer: zwischen 24 und 29 %  |
| <b>Wesentliche Annahmen<br/>und Abschätzungen</b>     | Projektspezifisch (eigene Modelle).<br>Der Modellierung sind die folgenden Produktgewichte zugrunde gelegt:<br>- Leistung [kW]: 1,5 bis 3 – Produktgewicht [kg]: 1,2<br>- Leistung [kW]: 4,5 – Produktgewicht [kg]: 1,5<br>- Leistung [kW]: 6 – Produktgewicht [kg]: 2,1<br>- Leistung [kW]: 9 – Produktgewicht [kg]: 2,1<br>Der Stahlanteil wird mithilfe eines Datensatzes für Edelstahl 1.4404 abgeschätzt.<br>Die absoluten Massen der Materialien Kunststoff, Kabel und Messing sind bei allen Produktgewichten gleichbleibend. |
| <b>Quellen</b>  | Produktdaten eines Herstellers   |

## 1.4.2 Elektrischer Durchlauferhitzer

| Elektrischer Durchlauferhitzer                        |  |
|---|--|
| <b>Energieträger</b>                                  | Strom  |
| <b>Nutzungsdauer</b>                                  | 12 Jahre   |
| <b>Leistung [kW]</b>                                  | 21   |
| <b>Funktionelle Einheit /<br/>Deklarierte Einheit</b> | 1 Stück elektrischer Durchlauferhitzer mit einer Leistung von 21 kW            |
| <b>Sachbilanz</b>                                     | Gemäß Dokumentation ÖKOBAUDAT  |
| <b>Wesentliche Annahmen<br/>und Abschätzungen</b>     | Verwendeter Datensatz der ÖKOBAUDAT:<br>Elektrischer Durchlauferhitzer (21 kW) |
| <b>Quellen</b>  | ÖKOBAUDAT  |

## A.2 Technologiesteckbriefe für Stromerzeuger

### A.2.1 Solar und Wind

#### 2.1.1 PV-Anlage

| <b>PV-Module (Mono-c-Si-Anlage und Multi-c-Si-Anlage)</b> |  |
|---|--|
| <b>Energieträger</b>                                      | Solar  |
| <b>Nutzungsdauer</b>                                      | 18 Jahre   |
| <b>Funktionelle Einheit /<br/>Deklarierte Einheit</b>     | 1 m <sup>2</sup> Fläche Photovoltaikanlage   |
| <b>Sachbilanz</b>   | Gemäß Dokumentation ÖKOBAUDAT  |
| <b>Wesentliche Annahmen<br/>und Abschätzungen</b>         | Verwendeter Datensatz der ÖKOBAUDAT:<br>Photovoltaiksystem 1200 kWh/m <sup>2</sup> *a (ohne Stromgutschrift) |
| <b>Quellen</b>  | ÖKOBAUDAT  |

## 2.1.2 PVT-Kollektor

|   |   |
|---|---|
| <b>PVT-Kollektor</b>                                  |   |
| <b>Nennleistung [Wp]</b>                              | 340   |
| <b>Nutzungsdauer</b>                                  | 18 Jahre  |
| <b>Funktionelle Einheit /<br/>Deklarierte Einheit</b> | PVT-Kollektor mit 1 m <sup>2</sup> Kollektor-Aperturfläche  |
| <b>Sachbilanz</b>                                     | Materialmix:<br>PV-Modul: 55 %<br>Aluminium: 31 %<br>Kupfer: 12 %<br>MS-Polymer Klebstoff: 3 %<br>ASA: 0,01 %   |
| <b>Wesentliche Annahmen<br/>und Abschätzungen</b>     | Projektspezifisch (eigene Modelle).<br>In der Modellierung sind die folgenden Komponenten berücksichtigt:<br>- PV-Modul<br>- Wärmetauscher<br>- Kleber<br>- Kunststoff-Ecken<br>- Aufständerung |
| <b>Quellen</b>  | Primärdaten eines Herstellers und Datenblatt  |

## 2.1.3 Kleinwindkraft-Anlage

|   |  |
|---|--|
| <b>Kleinwindkraft-Anlage</b>                      |  |
| <b>Energieträger</b>                              | Wind   |
| <b>Nutzungsdauer</b>                              | 20 Jahre   |
| <b>Leistungsbereich [kW]</b>                      | 2,5 bzw. 12  |
| <b>Funktionelle Einheit / Deklarierte Einheit</b> | 1 m <sup>2</sup> Rotorfläche   |
| <b>Sachbilanz</b>                                 | <p>Materialmix:<br/> Für 1 Stück WKA mit einer Leistung von 2,5 kW bzw. 12 kW:<br/> PP: 1 %<br/> Verzinkter Stahl: 5 %<br/> Dämmung: 3 bzw. 2 %<br/> PVC: 3 bzw. 2 %<br/> Edelstahl: 41 bzw. 42 %<br/> Kupfer: 7 %<br/> Lack: 2 bzw. 1 %<br/> Aluminium: 8 bzw. 10 %<br/> Magnet: 7 bzw. 8 %<br/> Glasfaser: 12 bzw. 9 %<br/> Stahl: 12 bzw. 13 %</p>  |
| <b>Wesentliche Annahmen und Abschätzungen</b>     | <p>Projektspezifisch (eigene Modelle).<br/> In dem Modell sind der Generator vollständig, der Rotor, der Mast und die Elektronik bestmöglich berücksichtigt. Das Fundament ist nicht Bestandteil des Bilanzmodells.<br/> Die WKA mit einer Leistung von 2,5 kW weist eine Nabenhöhe von 18 m und einen Rotordurchmesser von 3 m auf.<br/> Die WKA mit einer Leistung von 12 kW weist eine Nabenhöhe von 25 m und einen Rotordurchmesser von 5,8 m auf.</p> |
| <b>Quellen</b>                                    | Produktdatenblätter  |

## A.3 Technologiesteckbriefe für Lüftungsanlagen

### A.3.1 Lüftungsanlagen

#### 3.1.1 Zentrale Lüftungsanlagen mit Zu- und Abluft, 85 % WRG

| <b>Zentrale Lüftungsanlagen mit Zu- und Abluft, 85 % WRG</b> |   |
|--|---|
| <b>Energieträger</b>   | Strom   |
| <b>Nutzungsdauer</b>   | 20 Jahre  |
| <b>Volumenstrom [m³/h]</b>                                   | 250, 800, 4000  |
| <b>Funktionelle Einheit / Deklarierte Einheit</b>            | 1 Stück Lüftungsanlage mit einem definierten Volumenstrom [m³/h]  |
| <b>Sachbilanz</b>  | <p>Materialmix Typ 1 und 3:<br/>Kunststoff: 75 %<br/>Stahlblech: 25 %</p> <p>Materialmix Typ 2:<br/>Verzinkter Stahl: 60 %<br/>Aluminium: 25 %<br/>Kunststoff: 10 %<br/>Kupferblech: 5 %</p>  |
| <b>Wesentliche Annahmen und Abschätzungen</b>                | <p>Projektspezifisch (eigene Modelle).<br/>In den generischen Quartieren ST7a, ST2 und ST5b des AP 3.2 kommen drei verschiedene Lüftungsanlagentypen zum Einsatz:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Typ 1 (ST7a, ST5b) : Zentrale Lüftungsanlagen mit Zu- und Abluft, 85 % WRG, Volumenstrom: jeweils 800 m³/h,</li> <li>- Typ 2 (ST7a, ST5b): Zentrale Lüftungsanlagen mit Zu- und Abluft, 85 % WRG, Volumenstrom: jeweils 4000 m³/h,</li> <li>- Typ 3 (ST2): Zentrale Lüftungsanlagen mit Zu- und Abluft, 85 % WRG, Volumenstrom: jeweils 250 m³/h.</li> </ul> |
| <b>Quellen</b>   | Primärdaten eines Herstellers   |

### 3.1.2 Mechanische Lüftungsanlagen mit WRG > 85%

| <b>Mechanische Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung (WRG) &gt; 85%</b> |  |
|--|--|
| <b>Energieträger</b>   | Strom  |
| <b>Nutzungsdauer</b>   | 20 Jahre   |
| <b>Volumenstrom [m³/h]</b>   | 60000  |
| <b>Funktionelle Einheit /<br/>Deklarierte Einheit</b>                    | 1 Stück Lüftungsanlage mit einem definierten Volumenstrom [m³/h]                             |
| <b>Sachbilanz</b>  | Materialmix:<br>Verzinkter Stahl: 60 %<br>Aluminium: 25 %<br>Kunststoff: 10 %<br>Kupfer: 5 % |
| <b>Wesentliche Annahmen<br/>und Abschätzungen</b>                        | Projektspezifisch (eigenes Modell).  |
| <b>Quellen</b>   | Primärdaten eines Herstellers  |

## A.3.2 Lüftungskanäle und Zubehör Zu- und Abluftanlagen

### 3.2.1 Lüftungskanäle und Zubehör Zu- und Abluftanlage (EFH)

| <b>Lüftungskanäle und Zubehör Zu- und Abluftanlage (EFH)</b> |  |
|--|--|
| <b>Nutzungsdauer</b>   | Luftführung/-kanäle: 30 Jahre<br>Schalldämpfer: 20 Jahre   |
| <b>Funktionelle Einheit / Deklarierte Einheit</b>            | Lüftungskanäle und Zubehör für Zu- und Abluftanlage (mit/ohne WRG) pro Einfamilienhaus (EFH) (NGF = 125 m <sup>2</sup> ).  |
| <b>Sachbilanz</b>  | Materialmix:<br>Verzinkter Stahl: 49 %<br>PE und PE-HD: 28 %<br>Stahl: 10 %<br>Mineralwolle: 9 %<br>PP: 3 %  |
| <b>Wesentliche Annahmen und Abschätzungen</b>                | Projektspezifisch (eigene Modelle).<br>Die folgenden Komponenten sind in dem Bilanzmodell berücksichtigt:<br>- 10 m Ø180mm Isoduct (Außendurchmesser 180, Innendurchmesser 150mm)<br>- 13m Ø150mm galvanized steel ducts<br>- 17m Ø125mm galvanized steel ducts<br>- 50 m Ø80mm HDPE connection ducts<br>- 4 Subverteilerboxen<br>- 4 Rundschalldämpfer<br>- 7 Luftauslässe<br>- 7 Luftabsaugungen |
| <b>Quellen</b>   | Produktdaten eines Herstellers   |

### 3.2.2 Lüftungskanäle und Zubehör Zu- und Abluftanlage (MFH)

| <b>Lüftungskanäle und Zubehör Zu- und Abluftanlage (MFH)</b> |   |
|--|---|
| <b>Nutzungsdauer</b>   | Luftführung/-kanäle: 30 Jahre<br>Schalldämpfer: 20 Jahre  |
| <b>Funktionelle Einheit /<br/>Deklarierte Einheit</b>        | Lüftungskanäle und Zubehör Zu- und Abluftanlage (sowohl mit als auch ohne WRG) pro Mehrfamilienhaus (NGF = 984,8 m <sup>2</sup> )   |
| <b>Sachbilanz</b>  | Materialmix:<br>Verzinkter Stahl: 49 %<br>PE und PE-HD: 29 %<br>Stahl: 12 %<br>Mineralwolle: 10 %   |
| <b>Wesentliche Annahmen<br/>und Abschätzungen</b>            | Projektspezifisch (eigene Modelle).<br>Die folgenden Komponenten sind in dem Bilanzmodell berücksichtigt:<br>- 60 m Ø180mm Abluftrohre aus verzinktem Stahl<br>- 90 m Ø100mm Abluftrohre aus verzinktem Stahl<br>- 240 m Ø50mm Rohranschlüsse aus HDPE<br>- 30 Subverteilerboxen<br>- 15 Rundschalldämpfer<br>- 90 Lüftauslässe/WE<br>- 45 Luftansaugungen/WE |
| <b>Quellen</b>   | Produktdaten eines Herstellers  |

## A.4 Technologiesteckbriefe für Übergabe/Verteilung

### A.4.1 Übergabe

#### 4.1.1 Übergabestation

|   |   |
|---|---|
| <b>Übergabestation</b>                                |   |
| <b>Nutzungsdauer</b>                                  | 20 Jahre  |
| <b>Leistung [kW]</b>                                  | 1   |
| <b>Funktionelle Einheit /<br/>Deklarierte Einheit</b> | 1 Stück Übergabestation mit 1 kW Nennleistung                     |
| <b>Sachbilanz</b>                                     | Gemäß Dokumentation ÖKOBAUDAT                                     |
| <b>Wesentliche Annahmen<br/>und Abschätzungen</b>     | Verwendeter Datensatz der ÖKOBAUDAT:<br>Übergabestation Fernwärme |
| <b>Quellen</b>  | ÖKOBAUDAT   |

## A.4.2 Netzleitungen

### 4.2.1 Gedämmte Leitungen

| Gedämmte Leitungen                                |  |
|---|--|
| <b>Nutzungsdauer</b>                              | 50 Jahre   |
| <b>Funktionelle Einheit / Deklarierte Einheit</b> | 1 m gedämmte Rohrleitung mit einem definierten DN  |
| <b>Sachbilanz</b>                                 | Materialmix:<br>Mediumrohr: Edelstahl<br>Mantelrohr: PE-HD<br>PU-Dämmung<br>Massenermittlung über DN gemäß Produktblatt.   |
| <b>Wesentliche Annahmen und Abschätzungen</b>     | Projektspezifisch (eigenes Modell).<br>Es ist das Rohrsystem von isoplus, Modell: Diskontinuierliche Fertigung - Mediumrohr geschweißt (Dämmstärke: 1x verstärkte Dämmung) abgebildet. |
| <b>Quellen</b>                                    | Produktblatt des Herstellers   |

#### 4.2.2 Ungedämmte Leitungen

| Ungedämmte Leitungen                                  |  |
|---|--|
| <b>Nutzungsdauer</b>                                  | 50 Jahre   |
| <b>Funktionelle Einheit /<br/>Deklarierte Einheit</b> | 1 m ungedämmte Rohrleitung   |
| <b>Sachbilanz</b>                                     | Material:<br>PE-HD: 100 %  |
| <b>Wesentliche Annahmen<br/>und Abschätzungen</b>     | Projektspezifisch (eigenes Modell).<br>Es sind Rohre des Herstellers Wavin, Modell: Wavin TS DOQ, Trinkwasserrohre mit erweiterter Qualitätssicherung, PE100-RC, SDR11 abgebildet.<br>Massenermittlung über OD gemäß Produktblatt. |
| <b>Quellen</b>  | Produktblatt des Herstellers   |

## A.4.3 Pumpen

### 4.3.1 Netzpumpen

|   |   |
|---|---|
| <b>Netzpumpen</b>                                     |   |
| <b>Energieträger</b>                                  | Strom   |
| <b>Nutzungsdauer</b>                                  | 20 Jahre  |
| <b>Leistung [kW]</b>                                  | 5 - 300   |
| <b>Funktionelle Einheit /<br/>Deklarierte Einheit</b> | 1 Stück Netzpumpe mit einer definierten Leistung von 1 kW   |
| <b>Sachbilanz</b>                                     | Gemäß Dokumentation Sphera LCA for Experts  |
| <b>Wesentliche Annahmen<br/>und Abschätzungen</b>     | Skalierung des Umweltprofils einer Umwälzpumpe über das Gewicht auf die benötigte Leistung [kW]: $\text{Gewicht [kg]} = 66,705 * (\text{Leistung [kW]})^{0,6261}$ |
| <b>Quellen</b>  | Sphera LCA for Experts  |

## A.5 Technologiesteckbriefe für Speicher

### A.5.1 Wärmespeicher

#### 5.1.1 Pufferspeicher

|   |   |
|---|---|
| <b>Pufferspeicher</b>                             |   |
| <b>Nutzungsdauer</b>                              | 20 Jahre  |
| <b>Speichervolumen [l]</b>                        | 200 – 2000 l  |
| <b>Funktionelle Einheit / Deklarierte Einheit</b> | 1 Stück Pufferspeicher mit einem definierten Speichervolumen [l/Stück], inkl. Wasser  |
| <b>Sachbilanz</b>                                 | Gemäß Dokumentation Sphera LCA for Experts  |
| <b>Wesentliche Annahmen und Abschätzungen</b>     | Skalierung von Datensätzen für einen Edelstahl-Pufferspeicher und Wasser über das Speichervolumen. In der Modellierung ist das Speichermedium Wasser mitberücksichtigt. |
| <b>Quellen</b>                                    | Sphera LCA for Experts  |

## A.5.2 Stromspeicher

### 5.2.1 Batteriespeicher für PV-Eigenstromnutzung

| <b>Batteriespeicher für PV-Eigenstromnutzung (Lithium-Ionen-Batterie bzw. Lithium-Eisenphosphat-Batterie)</b> |   |
|---|---|
| <b>Nutzungsdauer</b>  | 15 Jahre  |
| <b>Speicherkapazität [kWh]</b>  | 1 - 40  |
| <b>Funktionelle Einheit / Deklarierte Einheit</b>   | 1 Stück Lithium Eisenphosphat (LFP) Batterie (pro 1kWh Speicherkapazität)                                 |
| <b>Sachbilanz</b>   | Gemäß Dokumentation ÖKOBAUDAT   |
| <b>Wesentliche Annahmen und Abschätzungen</b>   | Verwendeter Datensatz der ÖKOBAUDAT:<br>Lithium Eisenphosphat (LFP) Batterie (pro 1kWh Speicherkapazität) |
| <b>Quellen</b>  | ÖKOBAUDAT   |

## A.6 Technologiesteckbriefe für kombinierte Strom- und Wärmeerzeuger

### A.6.1 Blockheizkraftwerke (BHKW)

#### 6.1.1 Biogas-BHKW

|   |   |
|---|---|
| <b>Biogas-BHKW</b>                                    |   |
| <b>Energieträger</b>                                  | Biogas  |
| <b>Nutzungsdauer</b>                                  | 15 Jahre  |
| <b>Leistungsbereich [kW]</b>                          | 5, 10, 15, 20, 30, 50, 65, 100, 200, 400, 500, 950, 2000  |
| <b>Funktionelle Einheit /<br/>Deklarierte Einheit</b> | 1 Stück Biogas-BHKW mit einer definierten thermischen Leistung [kW]   |
| <b>Sachbilanz</b>                                     | Materialmix:<br>Metalle: 83 %<br>Kunststoffe: 4 %<br>Leistungselektronik: 10 %<br>Schmiermittel: 3 %  |
| <b>Wesentliche Annahmen<br/>und Abschätzungen</b>     | Projektspezifisch (eigenes Modell).<br>Für die Abbildung der konstruktiven Aspekte des Biogas-BHKWs ist das Modell des Holzgas-BHKWs angesetzt. |
| <b>Quellen</b>  | Siehe Holzgas-BHKW  |

## 6.1.2 Erdgas-BHKW

|   |   |
|---|---|
| <b>Erdgas-BHKW</b>                                    |   |
| <b>Energieträger</b>                                  | Erdgas  |
| <b>Nutzungsdauer</b>                                  | 15 Jahre  |
| <b>Leistungsbereich [kW]</b>                          | 90 kWth   |
| <b>Funktionelle Einheit /<br/>Deklarierte Einheit</b> | 1 Stück Erdgas-BHKW mit einer thermischen Leistung von 90 kWth  |
| <b>Sachbilanz</b>                                     | Materialmix:<br>Metalle: 83 %<br>Kunststoffe: 4 %<br>Leistungselektronik: 10 %<br>Schmiermittel: 3 %  |
| <b>Wesentliche Annahmen<br/>und Abschätzungen</b>     | Projektspezifisch (eigenes Modell).<br>Für die Abbildung der konstruktiven Aspekte des Erdgas-BHKWs ist das Modell des Holzgas-BHKWs angesetzt. |
| <b>Quellen</b>  | Siehe Holzgas-BHKW  |

### 6.1.3 Holzgas-BHKW

|   |  |
|---|--|
| <b>Holzgas-BHKW</b>                                   |  |
| <b>Energieträger</b>                                  | Holzgas  |
| <b>Nutzungsdauer</b>                                  | 15 Jahre   |
| <b>Leistungsbereich [kW]</b>                          | 5, 10, 15, 20, 30, 50, 65, 100, 200, 400, 500, 950, 2000   |
| <b>Funktionelle Einheit /<br/>Deklarierte Einheit</b> | 1 Stück Holzgas-BHKW und 1 Stück Holzvergaser mit einer definierten thermischen Leistung [kW].   |
| <b>Sachbilanz</b>                                     | <p>Materialmix:</p> <p>Holzgas-BHKW:</p> <p>Metalle: 83 %</p> <p>Kunststoffe: 4 %</p> <p>Leistungselektronik: 10 %</p> <p>Schmiermittel: 3 %</p><br><p>Holzvergaser:</p> <p>Metalle: 86 %</p> <p>Kunststoffe: 4 %</p> <p>Leistungselektronik: 10 %</p> |
| <b>Wesentliche Annahmen<br/>und Abschätzungen</b>     | Projektspezifisch (eigenes Modell).<br>Das Hackschnitzel-BHKW besteht aus einem Holzgas-BHKW sowie dem zugehörigen Holzvergaser.   |
| <b>Quellen</b>  | Primärdaten und Produktwebsite eines Herstellers   |

## A.7 Gebäudemodell AP2.1: Konstruktionskatalog

Tabelle 18:  
Berücksichtigte Konstruktionen des Kita-Bereiches, Bettenhaus.

| Angaben des Wärmeschutz-nachweises |              | Angaben des Bauteilkataloges |   | Modellierungsan-gabe |              |
|------------------------------------|--------------|------------------------------|---|----------------------|--------------|
| Kurzbe-zeichnung                   | Fläche (m²)  | Kurzbe-zeichnung             | Spezifikation   | Fläche (m²)          | Mo-del-liert |
| FB04                               | 40,3         | FB(E)01                      | Fußboden gegen Erdreich   | 40,3                 | Ja           |
| DA12                               | 626,75       | DA06                         | Schubladendach über EG  | 626,75               | Ja           |
| DE12                               | DE12: 901,26 | DE01                         | DE01: Decke gegen Außenluft (Auskra-gung über Kita) BILEI-Decke | DE01: 683,10         | Ja           |
| FB12                               | FB12: 464,95 | DE06                         | DE06: Decke über 2.UG Kita gg unbe-heizt                        | DE06: 683,10         | Ja           |
| AW29                               | AW29: 136,80 | AW(E)01                      | Außenwand beheizte Bereiche gegen Erdreich                      | 358,55               | Ja           |
| IW29                               | IW29: 221,75 |                              |   |                      |              |
| AW41                               | 273,33       | AW01                         | AW01: Außenwand allgemein                                       | AW01:54,66           | Ja           |
|                                    |              | AW02                         | AW02: Außenwand Süd Brüstungsberei-che und Loggia               | AW02:54,66           |              |
|                                    |              | AW09                         | AW09: Außenwand mit Klinkerriemchen 10cm Dämmung                | AW09:54,66           |              |
|                                    |              | IW01                         | IW01: Wand gg unbeheizt   |                      |              |
|                                    |              | AW06                         | AW06: Außenwand hinterlüftet (Schub-lade)                       | IW01:54,66           |              |
|                                    |              |                              |   | AW06:54,66           |              |
| AW50                               | 200,52       | AW04                         | AW04: Außenwand Nord  | AW04: 66,84          | Ja           |
|                                    |              | AW05                         | AW05: Außenwand Nord Brüstungsberei-che                         | AW05:66,84           |              |
|                                    |              | AW10                         | AW10: Außenwand mit Klinkerriemchen 20cm Dämmung                | AW10:66,84           |              |
| AF08                               | 380,65       | FE02                         | Außenfenster  | 380,65               | Ja           |
| AT03                               | 16,45        | T01                          | Glastür KiTa Süd  |                      | Nein         |
| IT11                               | 7,56         | -                            | Kellertür   |                      | Nein         |
| IT12                               | 6,6          | T06                          | Aufzugtür   |                      | Nein         |

Tabelle 19:  
Berücksichtigte Konstruktionen des Wohnbereiches, Bettenhaus.

| Angaben des Wärmeschutz-nachweises |                             | Angaben des Bauteilkataloges |   | Modellierungsangabe      |            |
|------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|---|--------------------------|------------|
| Kurzbezeichnung                    | Fläche (m <sup>2</sup> )    | Kurzbezeichnung              | Spezifikation   | Fläche (m <sup>2</sup> ) | Modelliert |
| FB04                               | 127,38                      | FB(E)01                      | Fußboden gegen Erdreich   | 127,38                   | Ja         |
| DA14                               | 1494,92                     | DA01                         | DA01: Hauptdach   | DA01: 747,46             | Ja         |
|                                    |                             | DA11                         | DA11: Dach Schrittplattenbereich  | DA11: 747,46             |            |
| DA15                               | 385,51                      | DA02                         | DA02: Wellendach  | DA02: 192,75             | Ja         |
|                                    |                             | DA03                         | DA03: Dach Haupttreppenhaus   | DA03: 192,75             | Ja         |
| DA19                               | 66,81                       | DA09                         | Terrasse EG über beheizt (Achse A-B/ 3-6)   | 66,81                    | Ja         |
| FB13<br>FB14                       | FB13: 709,99<br>FB14: 62,27 | DE02                         | DE02: Decke über unbeheizt (Massivdecke Wohnen) (Nutzlast 1,5 kN/m)                             | DE02: 257,42             | Ja         |
|                                    |                             | DE04                         | DE04: Decke über unbeheizt Massivdecke Flure außerhalb Wohnen (Nutzlast 1,5 kN/m <sup>2</sup> ) | DE04: 257,42             |            |
|                                    |                             | DE05                         | DE05: Decke über unbeheizt Rippendecke Wohnen (Nutzlast 1,5 kN/m <sup>2</sup> )                 | DE05: 257,42             |            |
| AW40<br>IW40                       | AW40: 124,44<br>IW40: 83,88 | AW(E)01                      | Außenwand beheizte Bereiche gegen Erdreich  | 208,32                   | Ja         |
| AW61                               | 2868,21                     | AW01                         | AW01: Außenwand allgemein   | AW01: 717,05             | Ja         |
|                                    |                             | AW02                         | AW02: Außenwand Süd Brüstungsbereiche und Loggia  | AW02: 717,05             |            |
|                                    |                             | AW09                         | AW09: Außenwand mit Klinkerriemchen 10cm Dämmung  | AW09: 717,05             |            |
|                                    |                             | IW01                         | IW01: Wand gg unbeheizt   | IW01: 717,05             |            |
| AW62                               | 1572,83                     | AW04                         | AW04: Außenwand Nord  | AW04: 524,27             | Ja         |
|                                    |                             | AW05                         | AW05: Außenwand Nord Brüstungsbereiche  | AW05: 524,27             |            |
|                                    |                             | AW10                         | AW10: Außenwand mit Klinkerriemchen 20cm Dämmung  | AW10: 524,27             |            |
| AW64                               | 468,86                      | AW07                         | Außenwand Haupttreppenhaus (Mitte)  | 468,86                   | Ja         |
| AF07                               | 1850,75                     | FE01                         | Außenfenster  | 1850,75                  | Ja         |
| IT10                               | 15,14                       | -                            | Kellertür   |                          | Nein       |
| IT12                               | 6,13                        | T06                          | Aufzugtür   |                          | Nein       |
| AT09                               | 5,65                        | T02                          | Hauseingang Drehtüre  |                          | Nein       |
| IF06                               | 1,91                        | FE04                         | Kellerfenster   |                          | Nein       |

## A.8 Gebäudemodell AP2.1: Verwendete Datensätze

| Prozess /<br>Energieträger /<br>Rohstoff  | Gewählter<br>Datensatz   | Repräsentativität |           |                    |
|---|--|-------------------|-----------|--------------------|
|   |  | Geografisch       | Zeitlich  | Techno-<br>logisch |
| Glattstrich; Dicke nach baulichen Erfordernissen  | Estrichmörtel-Zementestrich - kg                                 | RER               | 2019-2024 | Technologie-Mix    |
| Polymer-Bitumen-Schweißbahn; Oberseite beschiefert  | Bitumenbahnen PYE-PV 200 S5 ns (geschiefert) - m2                | DE                | 2018-2022 | Technologie-Mix    |
| Polymer-Bitumen-Kaltselbstklebebahn PYE-KTG KSP 3 nach DIN 52132  | Bitumen Kaltkleber (60% Bitumen, 23%LM, 17% Wasser) - kg         | DE                | 2018-2022 | Technologie-Mix    |
| -Wärmedämmung aus Mineralfaserplatten<br>-Mineralfaserplatte<br>-Systemdämmplatte aus Mineralfaser  | Mineralfaser Deckenplatten (Dicke 0,015m) - m2                   | DE                | 2018-2022 | Technologie-Mix    |
| Bitumen-Dampfsperr-Schweißbahn AL + V 60 S4   | Bitumenbahnen V 60 - m2  | DE                | 2018-2022 | Technologie-Mix    |
| Bitumenemulsion als Voranstrich   | Bitumen Emulsion (40% Bitumen, 60% Wasser) - kg                  | DE                | 2018-2022 | Technologie-Mix    |
| Brandschutzbauplatte  | Calziumsilikatplatte - m3  | DE                | 2018-2022 | Technologie-Mix    |
| Akustikplatte   | Knauf Silentboard GKF - m2                                       | DE                | 2017-2022 | Technologie-Mix    |
| -Calciumsulfatfließestrich als Heizestrich<br>-Calciumsulfatestrich als Fließestrich  | Estrichmörtel-Calciumsulfatestrich - kg                          | DE                | 2019-2024 | Technologie-Mix    |
| Ausgleichsdämmplatte aus nicht brennbarer druckfester Steinwolle  | ROCKWOOL Steinwolle-Dämmstoff im mittleren Rohdichtebereich - m3 | DE                | 2018-2023 | Technologie-Mix    |
| Klebe- Armierungsmörtel als Systemkomponente des zugelassenen Wärmedämm Verbundsystems  | Armierung (Kunstharzspachtel) - kg                               | DE                | 2018-2022 | Technologie-Mix    |
| Armierungsputz mit eingelegter Glasittergewebe und mineralischer Edelputz   | Putzmörtel-Armierungsputz - kg                                   | DE                | 2019-2024 | Technologie-Mix    |
| Holzwolle-Mehrschichtplatte   | Holzwolle-Leichtbauplatte - m3                                   | DE                | 2018-2022 | Technologie-Mix    |
| Bituminöse Dickbeschichtung   | Kunststoffmodifizierte Bitumendickbeschichtungen - kg            | DE                | 2013-2018 | Technologie-Mix    |
| Wärmedämmung aus Schaumglasplatten nach DIN EN 13167, Anwendungstyp: PW nach DIN V 4108-10; Produkteigenschaft: $\lambda_{BW} \leq 0,042$ W/mK; Richtqualität: Foamglas T4+ | FOAMGLAS® T4+ - kg   | RER               | 2014-2019 | Technologie-Mix    |
| -Putz<br>-Ausgleichsputz Kalkzement   | Kalkzement Putzmörtel - m3                                       | DE                | 2018-2022 | Technologie-Mix    |
| Klebemörtel   | PCI FT® Klebemörtel - kg   | DE                | 2016-2018 | Technologie-Mix    |
| Klinkerriemchen   | Fassadenklinker - m3   | DE                | 2018-2022 | Technologie-Mix    |
| Bestandswand bzw. neue Ausführung aus Porenbeton oder Kalksandstein Bestandswand  | Porenbeton P2 04 unbeehrt - m3                                   | DE                | 2018-2022 | Technologie-Mix    |

|  |  |    |           |                 |
|--|--|----|-----------|-----------------|
| bzw. neue Ausführung aus Porenbeton oder Kalksandstein               |  |    |           |                 |
| Bodenplatte aus Stahlbeton   | Betonfertigteile Decke 20cm - m2   | DE | 2018-2022 | Technologie-Mix |
| Wärmedämmung aus Schaumglasplatten                                   | MISAPOR Schaumglas 10/50 - m3  | DE | 2015-2020 | Technologie-Mix |
| Trennschicht aus 1-lagiger Polyethylenfolie                          | Dampfbremse PE (Dicke 0,0002 m) - m2   | DE | 2018-2022 | Technologie-Mix |
| Trittschalldämmung aus Mineralwolleplatten                           | Mineralwolle (Boden-Dämmung) - m3  | DE | 2018-2022 | Technologie-Mix |
| Hartgipsplatte   | Gipsfaserplatten - m2  | DE | 2016-2021 | Technologie-Mix |
| Fliesen auf Verbundabdichtung  | Keramische Fliesen und Platten - m2  | DE | 2016-2022 | Technologie-Mix |
| Hochkunststoffvergüteter Schnelllestrich                             | Estrichmörtel und Estriche auf Basis von Methacrylatharzen, hochgefüllt, Fließbeschichtungen - kg        | DE | 2013-2018 | Technologie-Mix |
| Beton-Verbundpflaster  | Betonpflaster- Standardstein grau mit Vorsatz - m2   | DE | 2015-2020 | Technologie-Mix |
| Splitt   | Splitt 2/15 - kg   | DE | 2018-2022 | Technologie-Mix |
| VGV-Gittervlies  | Tensar TriAX TX 130 S-G Geogitter - m2   | GB | 2017-2022 | Technologie-Mix |
| Gussasphaltschicht   | Gussasphalt - m3   | DE | 2018-2022 | Technologie-Mix |
| Trennlage  | PE/PP Vlies - m2   | DE | 2018-2022 | Technologie-Mix |
| Elastomerbitumen-Schweißbahn mit Polyestervlieseinlage PYE PV 200 S5 | Bitumenbahnen PYE PV 200 S5 (ungeschiefert) (Dicke 0,004 m) - m2   | DE | 2018-2022 | Technologie-Mix |
| Voranstrich  | Voranstrich (Kunstharz) - kg   | DE | 2018-2022 | Technologie-Mix |
| Extensive Dachbegrünung  | Vegetationssubstrat - kg   | DE | 2018-2022 | Technologie-Mix |
| Filterschicht  | PE/PP Vlies - m2   | DE | 2018-2022 | Technologie-Mix |
| Drainelement   | Stabilenka® - m2   | DE | 2016-2021 | Technologie-Mix |
| 2 x 12,5 mm Gipskartonplatte   | Knauf - Gipskartonplatten GKB - Bauplatte 12,5 mm (680 kg/m <sup>3</sup> u. 8,5 kg/m <sup>2</sup> ) - m2 | DE | 2021      | Technologie-Mix |
| CW-50-Profil mit 40 mm Mineralwolleinlage                            | Profil - König GmbH & Co. KG - Wandprofil korrosionsgeschützt CW50 - m                                   | DE | 2017-2022 | Technologie-Mix |
|  | Mineralwolle (Innenausbau-Dämmung) - m3  | DE | 2018-2022 | Technologie-Mix |
| Bautenschutzmatte  | Gummi-Bodenbelag profiliert EN 12199 (Dicke 0,00355) - m2  | DE | 2018-2022 | Technologie-Mix |
| Schaumglasschotterschicht  | MISAPOR Schaumglas 10/50 - m3  | DE | 2015-2020 | Technologie-Mix |
| Gipskartonplatte mit Materialzulassung                               | KNAUF GYPSUM PLASTERBOARDS Type A, Type H, Type DF, Type DFH2 and type DFH2IR                            | BG | 2019-2024 | Technologie-Mix |
| Mineralfaserdämmplatte zwischen CW-Profilen                          | WDVS mit Mineralfaser Dämmplatte geklebt und gedübelt - m2   | DE | 2017-2022 | Technologie-Mix |

## A.9 Gebäudemodelle AP3.2: Mapping von Typkonstruktionen

Tabelle 20:  
Mapping von Konstruktionen für Gebäudetyp EFH\_F - Bestand (Baualter-  
klasse: 1969-1978).

| Bauteil/<br>Konstruktion        | Konstruktion<br>(IWU)  | U-Wert in<br>IWU<br>(W/m <sup>2</sup> K) | Menge<br>(m <sup>2</sup> ) | Konstruktion<br>(ZUB)  | U-Wert in<br>ZUB<br>(W/m <sup>2</sup> K) | Aufbauschichte<br>nach ZUB  | Schichtdi-<br>cke in<br>ZUB (m)         |
|---------------------------------|--|--|----------------------------|--|--|---|---|
| <b>Außen-<br/>wand-AW</b>       | Mauerwerk  | 1,0                                      | 177,6                      | Außenwand,<br>massiv, 2-scha-<br>lig                             | 1,01-1,15                                | - Kalkgipsputz<br>- Hochlochziegel<br>- Luftschicht<br>- Vormauerziegel | -0,01<br>-0,175-<br>0,24<br>-<br>-0,115 |
| <b>Dach-DA</b>                  | Flachdach mit<br>6 cm Däm-<br>mung   | 0,5                                      | 183,1                      | Flachdach, Holz-<br>bauweise, Däm-<br>mung                       | -  | - Beton<br>- Dämmung<br>- Abdichtung<br>- Kies                          | -0,15<br>- 0,06<br>-<br>- k.A.          |
| <b>Fenster-FE</b>               | Holzfenster<br>mit Zweischi-<br>ben-Isolierver-<br>glasung                               | 2,8                                      | 34,2                       | Keine Fenster-<br>konstruktionen<br>sind in der ZUB<br>enthalten | -  | -   | -                                       |
| <b>Decke/ Fuß-<br/>boden-DE</b> | (Stahl-)Beton-<br>decke mit<br>schwimmen-<br>dem Estrich<br>auf 2 cm<br>Dämmung<br>(IWU) | 1,0                                      | 152,32                     | Fußboden, mas-<br>siv, Beton                                     | 0,77                                     | - Schwimmender<br>Estrich<br>- Dämmung<br>- Betondecke                  | - 0,04<br>- 0,02<br>- 0,14              |

Tabelle 21:  
Mapping von Konstruktionen für Gebäudetyp RH\_C - Bestand (Baualter-  
klasse: 1919-1948).

| Bauteil/<br>Konstruktion          | Konstruktion<br>(IWU)                                      | U-Wert in<br>IWU<br>(W/m <sup>2</sup> K) | Menge<br>(m <sup>2</sup> ) | Konstruktion<br>(ZUB)  | U-Wert in<br>ZUB<br>(W/m <sup>2</sup> K) | Aufbauschichte<br>nach ZUB  | Schichtdi-<br>cke in<br>ZUB (m)                         |
|-----------------------------------|--|--|----------------------------|--|--|---|---|
| <b>Außenwand<br/>- AW</b>         | Vollziegel-<br>Mauerwerk                                   | 1,7                                      | 64,1                       | Außenwand,<br>massiv, Ziegel                                     | 1,8-2,0                                  | - Putz<br>- Vollziegel<br>- Putz  | - 0,01<br>- 0,24-0,30<br>- 0,01                         |
| <b>Dach - DA</b>                  | Holzbalkende-<br>cke                                       | 0,8                                      | 50,4                       | Steildach, Holz-<br>bauweise                                     | 1,21-1,8                                 | - Putz<br>- Holzwolle-Leicht-<br>bauplatte<br>- Sparschalung<br>- Sparren<br>- Luftschicht<br>- Ziegel auf Lat-<br>tung | - 0,015<br>- 0,025<br>- 0,024<br>- 0,04<br>-<br>- k. A. |
| <b>Fenster -<br/>FE</b>           | Holzfenster<br>mit Zweischi-<br>ben-Isolierver-<br>glasung | 2,8                                      | 21,48                      | Keine Fenster-<br>konstruktionen<br>sind in der ZUB<br>enthalten | -  | -   | -   |
| <b>Decke/ Fuß-<br/>boden - DE</b> | Stahlträger-<br>/Ortbeton-De-<br>cke mit Holz-<br>fußboden | 0,1                                      | 50,4                       | Fußboden, mas-<br>siv, Beton                                     | 3,14                                     | - Verbundestrich<br>- Beton<br>- Holzfußboden   | - 0,06<br>- 0,16<br>- k. A.                             |

Tabelle 22:  
Mapping von Konstruktionen für Gebäudetyp MFH\_G - Bestand (Baualter-  
klasse: 1979-1983).

| Bauteil/<br>Konstruktion          | Konstruktion<br>(IWU)   | U-Wert in<br>IWU<br>(W/m <sup>2</sup> K) | Menge<br>(m <sup>2</sup> ) | Konstruktion<br>(ZUB)  | U-Wert in<br>ZUB<br>(W/m <sup>2</sup> K) | Aufbauschichte<br>nach ZUB                           | Schicht-<br>dicke in<br>ZUB (m)             |
|-----------------------------------|---|--|----------------------------|--|--|--|---|
| <b>Außenwand<br/>- AW</b>         | Mauerwerk<br>aus Leicht-<br>Hochlochzie-<br>geln / Leicht-<br>mörtel  | 0,8                                      | 447,1                      | Außenwand,<br>massiv, poro-<br>sierter Hoch-<br>lochziegel                       | 0,88-1,04-<br>1,26                       | - Putz<br>- porosierte Hoch-<br>lochziegel<br>- Putz | - 0,01<br>- 0,24- 0,3<br>- 0,365<br>- 0,015 |
| <b>Dach - DA</b>                  | Betondecke<br>mit 6 cm Däm-<br>mung                                   | 0,5                                      | 248,3                      | Flachdach, mas-<br>siv, Beton, Däm-<br>mung                                      | k. A.                                    | - Beton<br>- Schaumglas<br>- Abdichtung<br>- Kies    | - 0,15<br>- 0,06<br>- k. A.<br>- k. A.      |
| <b>Fenster -<br/>FE</b>           | Kunststoff-<br>fenster mit<br>Zweischeiben-<br>Isolierverglä-<br>sung | 3,0                                      | 99,38                      | Keine Fenster-<br>konstruktionen<br>sind in der ZUB<br>enthalten                 | -  | -  | -   |
| <b>Decke/ Fuß-<br/>boden - DE</b> | Betondecke<br>mit 4 cm Däm-<br>mung                                   | 0,8                                      | 248,3                      | keine verfügba-<br>ren Fußboden-<br>konstruktionen<br>ab dem Jahr<br>1979 in ZUB | -  | -  | -   |

Tabelle 23:  
Mapping von Konstruktionen für Gebäudetyp GMH\_F - Bestand (Baualter-  
klasse: 1969-1978).

| Bauteil/<br>Konstruktion          | Konstruktion<br>(IWU)   | U-Wert in<br>IWU<br>(W/m <sup>2</sup> K) | Menge<br>(m <sup>2</sup> ) | Konstruktion<br>(ZUB)   | U-Wert in<br>ZUB<br>(W/m <sup>2</sup> K) | Aufbauschichte<br>nach ZUB                             | Schichtdi-<br>cke in<br>ZUB (m)        |
|-----------------------------------|---|--|----------------------------|---|--|--|--|
| <b>Außenwand<br/>- AW</b>         | Beton-Fertig-<br>teile  | 1,1                                      | 2130                       | *keine Typkon-<br>struktion aus<br>ZUB entspricht<br>den IWU Kon-<br>struktion für Be-<br>ton-Fertigteile | -  | -  | -                                      |
| <b>Dach - DA</b>                  | Betondecke<br>mit 5 cm Däm-<br>mung   | 0,6                                      | 540,0                      | Flachdach, mas-<br>siv, Beton, Däm-<br>mung   | k. A.                                    | - Beton<br>- Schaumglas<br>- Abdichtung<br>- Kies      | - 0,15<br>- 0,06<br>- k. A.<br>- k. A. |
| <b>Fenster -<br/>FE</b>           | Kunststoff-<br>fenster mit<br>Zweischeiben-<br>Isolierverglä-<br>sung             | 3,0                                      | 545,0                      | Keine Fenster-<br>konstruktionen<br>sind in der ZUB<br>enthalten  | -  | -  | -                                      |
| <b>Decke/ Fuß-<br/>boden - DE</b> | (Stahl-)Beton-<br>decke mit<br>schwimmen-<br>dem Estrich<br>auf 2 cm Däm-<br>mung | 0,77                                     | 540,0                      | Fußboden, mas-<br>siv, Beton  | k. A.                                    | - Schwimmender<br>Estrich<br>- Dämmung<br>- Betondecke | - 0,04<br>- 0,02<br>- 0,14             |

Tabelle 24:  
Mapping von Konstruktionen für Gebäudetyp NBL\_HH\_F - Bestand (Baualterklasse: 1969-1978).

| Bauteil/<br>Konstruktion    | Konstruktion<br>(IWU)  | U-Wert in<br>IWU<br>(W/m <sup>2</sup> K) | Menge<br>(m <sup>2</sup> ) | Konstruktion<br>(ZUB)  | U-Wert in<br>ZUB<br>(W/m <sup>2</sup> K) | Aufbauschichte<br>nach ZUB                          | Schicht-<br>dicke in<br>ZUB (m)        |
|-----------------------------|--|--|----------------------------|--|--|---|--|
| <b>Außenwand<br/>- AW</b>   | Beton-Fertigteile Sandwich-Element (Drei-Schicht-Platte)     | 1,1                                      | 2992,09                    | *keine Typkonstruktion aus ZUB entspricht den IWU Konstruktion für Beton-Fertigteile | -  | -   | -                                      |
| <b>Dach - DA</b>            | Betondecke mit 5 cm Dämmung                                  | 0,6                                      | 598,34                     | Flachdach, massiv, Beton, Dämmung  | k. A.                                    | - Beton<br>- Schaumglas<br>- Abdichtung<br>- Kies   | - 0,15<br>- 0,06<br>- k. A.<br>- k. A. |
| <b>Fenster - FE</b>         | Verbundfenster: 2 Scheiben im Holzrahmen                     | 2,7                                      | 756,0                      | Keine Fensterkonstruktionen sind in der ZUB enthalten                                | -  | -   | -                                      |
| <b>Decke/ Fußboden - DE</b> | (Stahl-)Betondecke mit schwimmendem Estrich auf 2 cm Dämmung | 1,0                                      | 598,34                     | Fußboden, massiv, Beton  | 0,77                                     | - Schwimmender Estrich<br>- Dämmung<br>- Betondecke | - 0,04<br>- 0,02<br>- 0,14             |

Tabelle 25:  
Modellierungsangaben für die Ökobilanzierung des Gebäudetyps EFH\_F in Bestand, Niveau 1-Sanierung sowie Niveau 2-Sanierung.

| Gebäude-<br>typ          |   |                                 |                                |                              |   |                  |  |
|--------------------------|---|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------|---|------------------|--|
| EFH_F                    |   |                                 |                                |                              |   |                  |  |
| Konstruktionen - Angaben |   |                                 |                                |                              |   |                  |  |
| Konstruktion             | Beschreibung  | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe       | U-Wert                       | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |  |
| AW                       | Mauerwerk aus Hohlblock-<br>steinen, Leicht-Hochloch-<br>ziegeln oder Gitterziegeln | 330                             | Bestand                        | 1,0                          | 177,60                                      |                  |  |
|                          | Konstruktionsaufbau   |                                 |                                |                              |   |                  |  |
|                          | Material  | Schicht-<br>dicke<br>[m]        | Dichte<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | Modellie-<br>rungs-<br>menge | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |  |
|                          | Kalkgipsputz  | 0,01                            | 900                            |                              |   |                  |  |
|                          | Hochlochziegel  | 0,175-<br>0,24                  | k. A.                          |                              |   |                  |  |
|                          | Luftschicht, ruhend   | 0,06                            |                                |                              |   |                  |  |
| Vormauerziegel           | 0,115   | 1800                            |                                |                              |   |                  |  |
| Konstruktion             | Beschreibung  | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe       | U-Wert                       | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |  |
| DA                       | Flachdach mit 6 cm Däm-<br>mung   | 360                             | Bestand                        | 0,5                          | 183,10                                      |                  |  |
|                          | Konstruktionsaufbau   |                                 |                                |                              |   |                  |  |
|                          | Material  | Schicht-<br>dicke<br>[m]        | Dichte<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | Modellie-<br>rungs-<br>menge | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |  |
|                          | Beton   | 0,15                            | 2400                           |                              |   |                  |  |
|                          | Dämmung   | 0,06                            | 145                            |                              |   |                  |  |
| Abdichtung               | -   | -                               |                                |                              |   |                  |  |
| Konstruktion             | Beschreibung  | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe       | U-Wert                       | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |  |
| FE                       | Holzfenster mit Zweischi-<br>ben-Isolierverglasung                                  | 330                             | Bestand                        | 2,8                          | 34,21                                       |                  |  |
|                          | Konstruktionsaufbau   |                                 |                                |                              |   |                  |  |
|                          | Material  | Breite<br>[m] x<br>Länge<br>[m] | Fläche<br>[m <sup>2</sup> ]    | Modellie-<br>rungs-<br>menge | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |  |
|                          | Holz-Blendrahmen  | 1,5 x 2,2                       |                                | 2,2                          | m/m <sup>2</sup>                            |                  |  |
|                          | Holz-Flügelrahmen   | 1,5 x 2,2                       |                                | 2,2                          | m/m <sup>2</sup>                            |                  |  |
| Isolierglas 2-Scheiben   |   | 3,3                             | 1                              | m <sup>2</sup>               |   |                  |  |
| Konstruktion             | Beschreibung  | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe       | U-Wert                       | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |  |
| DE                       | (Stahl-)Betondecke mit<br>schwimmendem Estrich<br>auf 2 cm Dämmung                  | 350                             | Bestand                        | 1,0                          | 152,32                                      |                  |  |
|                          | Konstruktionsaufbau   |                                 |                                |                              |   |                  |  |
|                          | Material  | Schicht-<br>dicke<br>[m]        | Dichte<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | Modellie-<br>rungs-<br>menge | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |  |
| Schwimmender Estrich     | 0,04  | 1500                            |                                |                              |   |                  |  |
| Dämmung                  | 0,02  | 85                              |                                |                              |   |                  |  |

|                                 |   |   |                                      |                                       |  |                          |
|---------------------------------|---|---|--------------------------------------|---------------------------------------|--|--------------------------|
|                                 | Betondecke  | 0,14                                      | 2300                                 |                                       |  |                          |
| <b>Gebäude-<br/>typ</b>         | <b>EFH_F Niveau 1 Sanierung</b>   |   |                                      |                                       |  |                          |
| <b>Konstruktionen - Angaben</b> |   |   |                                      |                                       |  |                          |
| <b>Konstruktion</b>             | <b>Beschreibung</b>   | <b>KG</b>                                 | <b>Ein-<br/>griffs-<br/>stufe</b>    | <b>U-Wert</b>                         | <b>Ausge-<br/>führte<br/>Menge [m<sup>2</sup>]</b> |                          |
| <b>AW</b>                       | Dämmung 12 cm (WLS 035) + Verputz (Wärmedämmverbundsystem)                        | 330                                       | Niveau 1 Sanierung - konventionell   | 0,22                                  | 177,60   |                          |
| <b>Konstruktionsaufbau</b>      |   |   |                                      |                                       |  |                          |
|                                 | <b>Material</b>   | <b>Schicht-<br/>dicke<br/>[m]</b>         | <b>Dichte<br/>[kg/m<sup>3</sup>]</b> | <b>Modellie-<br/>rungs-<br/>menge</b> | <b>Modellie-<br/>rungsein-<br/>heit</b>            | <b>Lebens-<br/>dauer</b> |
|                                 | Befestigung   |   |                                      | 5,0                                   | Stk/m <sup>2</sup>                                 | 50                       |
|                                 | Dämmung   | 0,12                                      | 145                                  | 0,12                                  | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>                     | 40                       |
|                                 | Armierung   | 0,01                                      | 1600                                 | 16,0                                  | kg/m <sup>2</sup>                                  | 45                       |
|                                 | Außenputz   | 0,015                                     | 1300                                 | 19,5                                  | kg/m <sup>2</sup>                                  | 40                       |
| <b>Konstruktion</b>             | <b>Beschreibung</b>   | <b>KG</b>                                 | <b>Ein-<br/>griffs-<br/>stufe</b>    | <b>U-Wert</b>                         | <b>Ausge-<br/>führte<br/>Menge [m<sup>2</sup>]</b> |                          |
| <b>DA</b>                       | Dämmung 12 cm (WLS 035) auf der Decke + Dachabdichtung                            | 360                                       | Niveau 1 Sanierung - konventionell   | 0,18                                  | 183,10   |                          |
| <b>Konstruktionsaufbau</b>      |   |   |                                      |                                       |  |                          |
|                                 | <b>Material</b>   | <b>Schicht-<br/>dicke<br/>[m]</b>         | <b>Dichte<br/>[kg/m<sup>3</sup>]</b> | <b>Modellie-<br/>rungs-<br/>menge</b> | <b>Modellie-<br/>rungsein-<br/>heit</b>            | <b>Lebens-<br/>dauer</b> |
|                                 | Dämmung   | 0,12                                      | 145                                  | 0,12                                  | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>                     | 40                       |
|                                 | Abdichtung  | 0,00125                                   | 1,2                                  | 1,0                                   | m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>                     | 40                       |
| <b>Konstruktion</b>             | <b>Beschreibung</b>   | <b>KG</b>                                 | <b>Ein-<br/>griffs-<br/>stufe</b>    | <b>U-Wert</b>                         | <b>Ausge-<br/>führte<br/>Menge [m<sup>2</sup>]</b> |                          |
| <b>FE</b>                       | Fenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung                                     | 330                                       | Niveau 1 Sanierung - konventionell   | 1,3                                   | 34,21  |                          |
| <b>Konstruktionsaufbau</b>      |   |   |                                      |                                       |  |                          |
|                                 | <b>Material</b>   | <b>Breite<br/>[m] x<br/>Länge<br/>[m]</b> | <b>Fläche<br/>[m<sup>2</sup>]</b>    | <b>Modellie-<br/>rungs-<br/>menge</b> | <b>Modellie-<br/>rungsein-<br/>heit</b>            | <b>Lebens-<br/>dauer</b> |
|                                 | Holz-Blendrahmen  | 1,5 x 2,2                                 |                                      | 2,2                                   | m/m <sup>2</sup>                                   | 40                       |
|                                 | Holz-Flügelrahmen   | 1,5 x 2,2                                 |                                      | 2,2                                   | m/m <sup>2</sup>                                   | 40                       |
|                                 | Glas - Bundesverband Flachglas e.V. - Mehrscheibenisolierverglasung 2-fach Aufbau |   | 1                                    |                                       | m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>                     | 30                       |
| <b>Konstruktion</b>             | <b>Beschreibung</b>   | <b>KG</b>                                 | <b>Ein-<br/>griffs-<br/>stufe</b>    | <b>U-Wert</b>                         | <b>Ausge-<br/>führte<br/>Menge [m<sup>2</sup>]</b> |                          |
| <b>DE</b>                       | Dämmung 8 cm  | 320                                       | Niveau 1 Sanierung - konventionell   | 0,3                                   | 152,32   |                          |
| <b>Konstruktionsaufbau</b>      |   |   |                                      |                                       |  |                          |

|   | Material  | Schichtdicke [m] | Dichte [kg/m³]                       | Modellierungsmenge   | Modellierungseinheit    | Lebensdauer |
|---|---|------------------|--------------------------------------|----------------------|-------------------------|-------------|
|   | Schwimmender Estrich  | 0,04             | 2400                                 | 0,04                 | m³/m²                   | 50          |
|   | Dämmung   | 0,08             | 25,9                                 | 0,08                 | m³/m²                   | 40          |
| <b>Gebäudetyp</b>   | <b>EFH_F Niveau 2 Sanierung</b>   |                  |                                      |                      |                         |             |
| <b>Konstruktionen - Angaben</b>   |   |                  |                                      |                      |                         |             |
| Konstruktion  | Beschreibung  | KG               | Ein-griffs-stufe                     | U-Wert               | Ausge-führte Menge [m²] |             |
| <b>AW</b>   | Dämmung 24 cm (WLS 035) + Verputz (Wärmedämmverbundsystem)                              | 330              | Niveau 2 Sanierung - zukunftsweisend | 0,13                 | 177,60                  |             |
| <b>Konstruktionsaufbau</b>  |   |                  |                                      |                      |                         |             |
| Material  | Schichtdicke [m]  | Dichte [kg/m³]   | Modellierungsmenge                   | Modellierungseinheit | Lebensdauer             |             |
| Befestigung   |   |                  | 5,0                                  | Stk/m²               | 50                      |             |
| Dämmung   | 0,24  | 145              | 0,24                                 | m³/m²                | 40                      |             |
| Armierung   | 0,01  | 1600             | 16,0                                 | kg/m²                | 45                      |             |
| Außenputz   | 0,015   | 1300             | 19,5                                 | kg/m²                | 40                      |             |
| Konstruktion  | Beschreibung  | KG               | Ein-griffs-stufe                     | U-Wert               | Ausge-führte Menge [m²] |             |
| <b>DA</b>   | Dämmung 30 cm (WLS 035) auf der Decke + Dachabdichtung (IWU)                            | 360              | Niveau 2 Sanierung - zukunftsweisend | 0,09                 | 183,10                  |             |
| <b>Konstruktionsaufbau</b>  |   |                  |                                      |                      |                         |             |
| Material  | Schichtdicke [m]  | Dichte [kg/m³]   | Modellierungsmenge                   | Modellierungseinheit | Lebensdauer             |             |
| Dämmung   | 0,3   | 145              | 0,3                                  | m³/m²                | 40                      |             |
| Abdichtung  | 0,00125   | 1,2              | 1,0                                  | m²/m²                | 40                      |             |
| Konstruktion  | Beschreibung  | KG               | Ein-griffs-stufe                     | U-Wert               | Ausge-führte Menge [m²] |             |
| <b>FE</b>   | Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung und gedämmtem Rahmen (Passivhaus-Fenster) | 330              | Niveau 2 Sanierung - zukunftsweisend | 0,8                  | 34,20                   |             |
| <b>Konstruktionsaufbau</b>  |   |                  |                                      |                      |                         |             |
| Material  | Breite [m] x Länge [m]  | Fläche [m²]      | Modellierungsmenge                   | Modellierungseinheit | Lebensdauer             |             |
| Aluminium-Rahmenprofil, thermisch getrennt, pulverbeschichtet                     | 1,5 x 2,2   |                  | 2,2                                  | m/m²                 | 50                      |             |
| Aluminium-Flügelrahmenprofil, thermisch getrennt, pulverbeschichtet               | 1,5 x 2,2   |                  | 2,2                                  | m/m²                 | 50                      |             |
| Glas - Bundesverband Flachglas e.V. - Mehrscheibenisolierverglasung 3-fach Aufbau |   | 1,0              | 2,2                                  | m/m²                 | 30                      |             |

| Konstruktion | Beschreibung               | KG                                | Ein-<br>griffs-<br>stufe                               | U-Wert                                | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                          |
|--------------|----------------------------|-----------------------------------|--|---------------------------------------|---|--------------------------|
| DE           | Dämmung 12 cm (WLS 035)    | 320                               | Niveau 2<br>Sanie-<br>rung - zu-<br>kunfts-<br>weisend | 0,23                                  | 152,32                                      |                          |
|              | <b>Konstruktionsaufbau</b> |                                   |  |                                       |   |                          |
|              | <b>Material</b>            | <b>Schicht-<br/>dicke<br/>[m]</b> | <b>Dichte<br/>[kg/m<sup>3</sup>]</b>                   | <b>Modellie-<br/>rungs-<br/>menge</b> | <b>Modellie-<br/>rungsein-<br/>heit</b>     | <b>Lebens-<br/>dauer</b> |
|              | Schwimmender Estrich       | 0,04                              | 2400   | 80                                    | kg/m <sup>2</sup>                           | 50                       |
| Dämmung      | 0,12                       | 25,9                              | 0,12   | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>        | 40  |                          |

Tabelle 26:  
Modellierungsangaben für die Ökobilanzierung des Gebäudetyps RH\_C in Bestand, Niveau 1–Sanierung sowie Niveau 2-Sanierung.

| Gebäude-<br>typ          | RH_C  |                                 |                                |                              |   |                  |
|--------------------------|---|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------|---|------------------|
| Konstruktionen - Angaben |   |                                 |                                |                              |   |                  |
| Konstruktion             | Beschreibung  | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe       | U-Wert                       | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |
| AW                       | Vollziegel-Mauerwerk                                | 330                             | Bestand                        | 1,7                          | 64,1  |                  |
|                          | Konstruktionsaufbau                                 |                                 |                                |                              |   |                  |
|                          | Material  | Schicht-<br>dicke<br>[m]        | Dichte<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | Modellie-<br>rungs-<br>menge | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |
|                          | Putz  | 0,01                            | 900                            |                              |   |                  |
|                          | Vollziegel  | 0,24-0,30                       | 575                            |                              |   |                  |
| Putz                     | 0,01  | 1800                            |                                |                              |   |                  |
| Konstruktion             | Beschreibung  | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe       | U-Wert                       | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |
| DA                       | Holzbalkendecke                                     | 360                             | Bestand                        | 0,8                          | 50,40                                       |                  |
|                          | Konstruktionsaufbau                                 |                                 |                                |                              |   |                  |
|                          | Material  | Schicht-<br>dicke<br>[m]        | Dichte<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | Modellie-<br>rungs-<br>menge | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |
|                          | Putz  | 0,015                           | 900                            |                              |   |                  |
|                          | Holzwohle-Leichtbauplatte                           | 0,025                           | 360                            |                              |   |                  |
|                          | Sparschalung  | 0,024                           | 500,36                         |                              |   |                  |
|                          | Sparren   | 0,04                            | 500,36                         |                              |   |                  |
|                          | Luftschicht, stark belüftet                         | -                               | -                              |                              |   |                  |
| Ziegel auf Lattung       | k. A.   | 1800                            |                                |                              |   |                  |
| Konstruktion             | Beschreibung  | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe       | U-Wert                       | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |
| FE                       | Holzfenster mit Zweischei-<br>ben-Isolierverglasung | 330                             | Bestand                        | 2,8                          | 21,48                                       |                  |
|                          | Konstruktionsaufbau                                 |                                 |                                |                              |   |                  |
|                          | Material  | Breite<br>[m] x<br>Länge<br>[m] | Fläche<br>[m <sup>2</sup> ]    | Modellie-<br>rungs-<br>menge | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |
|                          | Holz-Blendrahmen                                    | 1,5 x 2,2                       |                                |                              |   |                  |
|                          | Holz-Flügelrahmen                                   | 1,5 x 2,2                       |                                |                              |   |                  |
|                          | Isolierglas 2-Scheiben                              |                                 | 3,3                            |                              |   |                  |
| Konstruktion             | Beschreibung  | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe       | U-Wert                       | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |
| DE                       | Stahlträger-/Ortbeton-De-<br>cke mit Holzfußboden   | 320                             | Bestand                        | 0,77                         | 50,40                                       |                  |
|                          | Konstruktionsaufbau                                 |                                 |                                |                              |   |                  |
|                          | Material  | Schicht-<br>dicke<br>[m]        | Dichte<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | Modellie-<br>rungs-<br>menge | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |
|                          | Verbundestrich                                      | 0,06                            | 2400                           |                              |   |                  |
|                          | Beton   | 0,16                            | 2360                           |                              |   |                  |
| Holzfußboden             | k. A.   | 665,34                          |                                |                              |   |                  |
| Gebäude-<br>typ          | RH_C Niveau 1 Sanierung                             |                                 |                                |                              |   |                  |
| Konstruktionen - Angaben |   |                                 |                                |                              |   |                  |

| Konstruktion  | Beschreibung   | KG                            | Ein-griffs-stufe                   | U-Wert                         | Ausge-führte Menge [m <sup>2</sup> ] |                     |
|---|--|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| AW  | Dämmung 12 cm (WLS 035) + Verputz (Wärmedämmverbundsystem) | 330                           | Niveau 1 Sanierung - konventionell | 0,25                           | 64,1                                 |                     |
|   | <b>Konstruktionsaufbau</b>                                 |                               |                                    |                                |                                      |                     |
|   | <b>Material</b>  | <b>Schicht-dicke [m]</b>      | <b>Dichte [kg/m<sup>3</sup>]</b>   | <b>Modellie-rungs-menge</b>    | <b>Modellie-rungsein-heit</b>        | <b>Lebens-dauer</b> |
|   | Befestigung  |                               |                                    | 5,0                            | Stk/m <sup>2</sup>                   | 50                  |
|   | Dämmung  | 0,12                          | 22,7                               | 0,12                           | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>       | 40                  |
|   | Armierung  | 0,01                          | 1600                               | 16,0                           | kg/m <sup>2</sup>                    | 45                  |
| Außenputz   | 0,015  | 1300                          | 19,5                               | kg/m <sup>2</sup>              | 40                                   |                     |
| Konstruktion  | Beschreibung   | KG                            | Ein-griffs-stufe                   | U-Wert                         | Ausge-führte Menge [m <sup>2</sup> ] |                     |
| DA/DE   | Dämmung 12 cm (WLS 035) auf der Decke                      | 350                           | Niveau 1 Sanierung - konventionell | 0,21                           | 50,40                                |                     |
|   | <b>Konstruktionsaufbau</b>                                 |                               |                                    |                                |                                      |                     |
|   | <b>Material</b>  | <b>Schicht-dicke [m]</b>      | <b>Dichte [kg/m<sup>3</sup>]</b>   | <b>Modellie-rungs-menge</b>    | <b>Modellie-rungsein-heit</b>        | <b>Lebens-dauer</b> |
|   | Dämmung  | 0,12                          | 22,7                               | 0,12                           | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>       | 40                  |
| Konstruktion  | Beschreibung   | KG                            | Ein-griffs-stufe                   | U-Wert                         | Ausge-führte Menge [m <sup>2</sup> ] |                     |
| FE  | Fenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung              | 330                           | Niveau 1 Sanierung - konventionell | 1,3                            | 21,48                                |                     |
|   | <b>Konstruktionsaufbau</b>                                 |                               |                                    |                                |                                      |                     |
|   | <b>Material</b>  | <b>Breite [m] x Länge [m]</b> | <b>Fläche [m<sup>2</sup>]</b>      | <b>Modellie-rungs-menge</b>    | <b>Modellie-rungsein-heit</b>        | <b>Lebens-dauer</b> |
|   | Holz-Blendrahmen   | 1,5 x 2,2                     |                                    | 2,2                            | m/m <sup>2</sup>                     | 40                  |
|   | Holz-Flügelrahmen  | 1,5 x 2,2                     |                                    | 2,2                            | m/m <sup>2</sup>                     | 40                  |
| Glas - Bundesverband Flachglas e.V. - Mehrscheibenisolierverglasung 2-fach Aufbau |  | 1                             |                                    | m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> | 30                                   |                     |
| Konstruktion  | Beschreibung   | KG                            | Ein-griffs-stufe                   | U-Wert                         | Ausge-führte Menge [m <sup>2</sup> ] |                     |
| DE  | Dämmung 8 cm   | 320                           | Niveau 1 Sanierung - konventionell | 0,3                            | 50,40                                |                     |
|   | <b>Konstruktionsaufbau</b>                                 |                               |                                    |                                |                                      |                     |
|   | <b>Material</b>  | <b>Schicht-dicke [m]</b>      | <b>Dichte [kg/m<sup>3</sup>]</b>   | <b>Modellie-rungs-menge</b>    | <b>Modellie-rungsein-heit</b>        | <b>Lebens-dauer</b> |
|   | Schwimmender Estrich                                       | 0,04                          | 2400                               | 0,04                           | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>       | 50                  |
|   | Dämmung  | 0,08                          | 25,9                               | 0,08                           | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>       | 40                  |
| Holzfußboden  | k. A.  | 665,34                        | 1,0                                | m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> | 50                                   |                     |

| Gebäude-<br>typ   | RH_C Niveau 2 Sanierung   |                                 |                                      |                                |   |                  |  |
|---|---|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|---|------------------|--|
| Konstruktionen - Angaben  |   |                                 |                                      |                                |   |                  |  |
| Konstruktion  | Beschreibung  | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe             | U-Wert                         | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |  |
| AW  | Dämmung 24 cm (WLS 035) + Verputz (Wärmedämmverbundsystem)                              | 330                             | Niveau 2 Sanierung - zukunftsweisend | 0,13                           | 64,1  |                  |  |
|   | Konstruktionsaufbau   |                                 |                                      |                                |   |                  |  |
|   | Material  | Schicht-<br>dicke<br>[m]        | Dichte<br>[kg/m <sup>3</sup> ]       | Modellie-<br>rungs-<br>menge   | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |  |
|   | Befestigung   |                                 |                                      | 5,0                            | Stk/m <sup>2</sup>                          | 50               |  |
|   | Dämmung   | 0,24                            | 22,7                                 | 0,24                           | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>              | 40               |  |
|   | Armierung   | 0,01                            | 1600                                 | 16,0                           | kg/m <sup>2</sup>                           | 45               |  |
| Außenputz   | 0,015   | 1300                            | 19,5                                 | kg/m <sup>2</sup>              | 40  |                  |  |
| Konstruktion  | Beschreibung  | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe             | U-Wert                         | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |  |
| DA/DE   | Dämmung 30 cm (WLS 035) auf der Decke   | 350                             | Niveau 2 Sanierung - zukunftsweisend | 0,10                           | 50,40                                       |                  |  |
|   | Konstruktionsaufbau   |                                 |                                      |                                |   |                  |  |
|   | Material  | Schicht-<br>dicke<br>[m]        | Dichte<br>[kg/m <sup>3</sup> ]       | Modellie-<br>rungs-<br>menge   | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |  |
| Dämmung   | 0,3   | 22,7                            | 0,3                                  | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> | 40  |                  |  |
| Konstruktion  | Beschreibung  | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe             | U-Wert                         | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |  |
| FE  | Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung und gedämmtem Rahmen (Passivhaus-Fenster) | 330                             | Niveau 2 Sanierung - zukunftsweisend | 0,8                            | 21,48                                       |                  |  |
|   | Konstruktionsaufbau   |                                 |                                      |                                |   |                  |  |
|   | Material  | Breite<br>[m] x<br>Länge<br>[m] | Fläche<br>[m <sup>2</sup> ]          | Modellie-<br>rungs-<br>menge   | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |  |
|   | Aluminium-Rahmenprofil, thermisch getrennt, pulverbeschichtet                           | 1,5 x 2,2                       |                                      | 2,2                            | m/m <sup>2</sup>                            | 50               |  |
|   | Aluminium-Flügelrahmenprofil, thermisch getrennt, pulverbeschichtet                     | 1,5 x 2,2                       |                                      | 2,2                            | m/m <sup>2</sup>                            | 50               |  |
| Glas - Bundesverband Flachglas e.V. - Mehrscheibenisolierverglasung 3-fach Aufbau |   | 1,0                             | 2,2                                  | m/m <sup>2</sup>               | 30  |                  |  |
| Konstruktion  | Beschreibung  | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe             | U-Wert                         | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |  |
| DE  | Dämmung 12 cm (WLS 035)   | 320                             | Niveau 2 Sanierung - zukunftsweisend | 0,23                           | 50,40                                       |                  |  |

| <b>Konstruktionsaufbau</b> |                                   |                                      |                                       |   |                          |  |
|----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---|--------------------------|--|
| <b>Material</b>            | <b>Schicht-<br/>dicke<br/>[m]</b> | <b>Dichte<br/>[kg/m<sup>3</sup>]</b> | <b>Modellie-<br/>rungs-<br/>menge</b> | <b>Modellie-<br/>rungsein-<br/>heit</b> | <b>Lebens-<br/>dauer</b> |  |
| Schwimmender Estrich       | 0,04                              | 2400                                 | 80                                    | kg/m <sup>2</sup>                       | 50                       |  |
| Dämmung                    | 0,12                              | 25,9                                 | 0,12                                  | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>          | 40                       |  |
| Holzfußboden               | k. A.                             | 665,34                               | 1,0                                   | m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>          | 50                       |  |

Tabelle 27:  
Modellierungsangaben für die Ökobilanzierung des Gebäudetyps MFH\_G in Bestand, Niveau 1–Sanierung sowie Niveau 2-Sanierung.

| Gebäude-<br>typ          | MFH_G  |                                 |                                |                              |   |                  |  |
|--------------------------|--|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------|---|------------------|--|
| Konstruktionen - Angaben |  |                                 |                                |                              |   |                  |  |
| Konstruktion             | Beschreibung   | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe       | U-Wert                       | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |  |
| AW                       | Mauerwerk aus Leicht-<br>Hochlochziegeln / Leicht-<br>mörtel | 330                             | Bestand                        | 0,8                          | 447,10                                      |                  |  |
|                          | Konstruktionsaufbau  |                                 |                                |                              |   |                  |  |
|                          | Material   | Schicht-<br>dicke<br>[m]        | Dichte<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | Modellie-<br>rungs-<br>menge | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |  |
|                          | Putz   | 0,01                            | 900                            |                              |   |                  |  |
|                          | porosierte Hochlochziegel                                    | 0,24-<br>0,365                  |                                |                              |   |                  |  |
| Putz                     | 0,015  | 1400                            |                                |                              |   |                  |  |
| Konstruktion             | Beschreibung   | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe       | U-Wert                       | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |  |
| DA                       | Betondecke mit 6 cm Däm-<br>mung                             | 360                             | Bestand                        | 0,43                         | 248,3                                       |                  |  |
|                          | Konstruktionsaufbau  |                                 |                                |                              |   |                  |  |
|                          | Material   | Schicht-<br>dicke<br>[m]        | Dichte<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | Modellie-<br>rungs-<br>menge | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |  |
|                          | Beton  | 0,15                            | 2300                           |                              |   |                  |  |
|                          | Schaumglas   | 0,06                            | 165                            |                              |   |                  |  |
| Abdichtung               | 0,125  | -                               |                                |                              |   |                  |  |
| Zementestrich            | 0,04   | 1500                            |                                |                              |   |                  |  |
| Konstruktion             | Beschreibung   | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe       | U-Wert                       | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |  |
| FE                       | Holzfenster mit Zweischi-<br>ben-Isolierverglasung           | 330                             | Bestand                        | 3,0                          | 99,38                                       |                  |  |
|                          | Konstruktionsaufbau  |                                 |                                |                              |   |                  |  |
|                          | Material   | Breite<br>[m] x<br>Länge<br>[m] | Fläche<br>[m <sup>2</sup> ]    | Modellie-<br>rungs-<br>menge | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |  |
|                          | Blendrahmen PVC-U  | 1,5 x 2,2                       |                                |                              |   |                  |  |
|                          | Flügelrahmen PVC-U   | 1,5 x 2,2                       |                                |                              |   |                  |  |
| Isolierglas 2-Scheiben   |  | 3,3                             |                                |                              |   |                  |  |
| Konstruktion             | Beschreibung   | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe       | U-Wert                       | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |  |
| DE                       | Betondecke mit 4 cm Däm-<br>mung                             | 320                             | Bestand                        | 0,65                         | 248,3                                       |                  |  |
|                          | Konstruktionsaufbau  |                                 |                                |                              |   |                  |  |
|                          | Material   | Schicht-<br>dicke<br>[m]        | Dichte<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | Modellie-<br>rungs-<br>menge | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |  |
|                          | Schwimmender Estrich   | 0,04                            | 1500                           |                              |   |                  |  |
|                          | Dämmung  | 0,04                            | 85                             |                              |   |                  |  |
| Betondecke               | 0,15   | 2300                            |                                |                              |   |                  |  |
| Gebäude-<br>typ          | MFH_G Niveau 1 Sanierung                                     |                                 |                                |                              |   |                  |  |

| Konstruktionen - Angaben   |  |                               |                                    |                                |                                      |                     |
|--|--|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| Konstruktion   | Beschreibung   | KG                            | Ein-griffs-stufe                   | U-Wert                         | Ausge-führte Menge [m <sup>2</sup> ] |                     |
| AW   | Dämmung 12 cm (WLS 035) + Verputz (Wärmedämmverbundsystem) | 330                           | Niveau 1 Sanierung - konventionell | 0,21                           | 447,10                               |                     |
|  | <b>Konstruktionsaufbau</b>                                 |                               |                                    |                                |                                      |                     |
|  | <b>Material</b>  | <b>Schichtdicke [m]</b>       | <b>Dichte [kg/m<sup>3</sup>]</b>   | <b>Modellierungs-menge</b>     | <b>Modellierungseinheit</b>          | <b>Lebens-dauer</b> |
|  | Befestigung  |                               |                                    | 6,0                            | Stk/m <sup>2</sup>                   | 50                  |
|  | Dämmung  | 0,12                          | 145                                | 0,12                           | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>       | 40                  |
|  | Armierung  | 0,01                          | 1600                               | 16,0                           | kg/m <sup>2</sup>                    | 45                  |
| Außenputz  | 0,015  | 1300                          | 19,5                               | kg/m <sup>2</sup>              | 40                                   |                     |
| Konstruktion   | Beschreibung   | KG                            | Ein-griffs-stufe                   | U-Wert                         | Ausge-führte Menge [m <sup>2</sup> ] |                     |
| DA/DE  | Dämmung 12 cm (WLS 035) auf der Decke                      | 360                           | Niveau 1 Sanierung - konventionell | 0,17                           | 248,3                                |                     |
|  | <b>Konstruktionsaufbau</b>                                 |                               |                                    |                                |                                      |                     |
|  | <b>Material</b>  | <b>Schichtdicke [m]</b>       | <b>Dichte [kg/m<sup>3</sup>]</b>   | <b>Modellierungs-menge</b>     | <b>Modellierungseinheit</b>          | <b>Lebens-dauer</b> |
|  | Dämmung  | 0,12                          | 145                                | 0,12                           | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>       | 40                  |
| Abdichtung   | 0,00125  |                               | 1,0                                | m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> | 40                                   |                     |
| Konstruktion   | Beschreibung   | KG                            | Ein-griffs-stufe                   | U-Wert                         | Ausge-führte Menge [m <sup>2</sup> ] |                     |
| FE   | Fenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung              | 330                           | Niveau 1 Sanierung - konventionell | 1,3                            | 99,38                                |                     |
|  | <b>Konstruktionsaufbau</b>                                 |                               |                                    |                                |                                      |                     |
|  | <b>Material</b>  | <b>Breite [m] x Länge [m]</b> | <b>Fläche [m<sup>2</sup>]</b>      | <b>Modellierungs-menge</b>     | <b>Modellierungseinheit</b>          | <b>Lebens-dauer</b> |
|  | Holz-Blendrahmen   | 1,5 x 2,2                     |                                    | 2,2                            | m/m <sup>2</sup>                     | 40                  |
|  | Holz-Flügelrahmen  | 1,5 x 2,2                     |                                    | 2,2                            | m/m <sup>2</sup>                     | 40                  |
| Glas - Bundesverband Flachglas e.V. - Mehrscheibenisoliervglas 2-fach Aufbau |  | 1                             |                                    | m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> | 30                                   |                     |
| Konstruktion   | Beschreibung   | KG                            | Ein-griffs-stufe                   | U-Wert                         | Ausge-führte Menge [m <sup>2</sup> ] |                     |
| DE   | Dämmung 8 cm   | 320                           | Niveau 1 Sanierung - konventionell | 0,26                           | 248,3                                |                     |
|  | <b>Konstruktionsaufbau</b>                                 |                               |                                    |                                |                                      |                     |
|  | <b>Material</b>  | <b>Schichtdicke [m]</b>       | <b>Dichte [kg/m<sup>3</sup>]</b>   | <b>Modellierungs-menge</b>     | <b>Modellierungseinheit</b>          | <b>Lebens-dauer</b> |
| Schwimmender Estrich   | 0,04   | 2400                          | 80,0                               | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> | 50                                   |                     |

|                                 |   |   |                                      |                                       |   |                          |
|---------------------------------|---|---|--------------------------------------|---------------------------------------|---|--------------------------|
|                                 | Dämmung   | 0,08                                      | 25,9                                 | 0,08                                  | m³/m²                                   | 40                       |
| <b>Gebäude-<br/>typ</b>         | <b>MFH_G Niveau 2 Sanierung</b>   |   |                                      |                                       |   |                          |
| <b>Konstruktionen - Angaben</b> |   |   |                                      |                                       |   |                          |
| <b>Konstruktion</b>             | <b>Beschreibung</b>   | <b>KG</b>                                 | <b>Ein-<br/>griffs-<br/>stufe</b>    | <b>U-Wert</b>                         | <b>Ausge-<br/>führte<br/>Menge [m²]</b> |                          |
| <b>AW</b>                       | Dämmung 24 cm (WLS 035) + Verputz (Wärmedämmverbundsystem)                              | 330                                       | Niveau 2 Sanierung - zukunftsweisend | 0,12                                  | 447,10                                  |                          |
| <b>Konstruktionsaufbau</b>      |   |   |                                      |                                       |   |                          |
|                                 | <b>Material</b>   | <b>Schicht-<br/>dicke<br/>[m]</b>         | <b>Dichte<br/>[kg/m³]</b>            | <b>Modellie-<br/>rungs-<br/>menge</b> | <b>Modellie-<br/>rungsein-<br/>heit</b> | <b>Lebens-<br/>dauer</b> |
|                                 | Befestigung   |   |                                      | 6,0                                   | Stk/m²                                  | 50                       |
|                                 | Dämmung   | 0,24                                      | 145                                  | 0,24                                  | m³/m²                                   | 40                       |
|                                 | Armierung   | 0,01                                      | 1600                                 | 16,0                                  | kg/m²                                   | 45                       |
|                                 | Außenputz   | 0,015                                     | 1300                                 | 19,5                                  | kg/m²                                   | 40                       |
| <b>Konstruktion</b>             | <b>Beschreibung</b>   | <b>KG</b>                                 | <b>Ein-<br/>griffs-<br/>stufe</b>    | <b>U-Wert</b>                         | <b>Ausge-<br/>führte<br/>Menge [m²]</b> |                          |
| <b>DA/DE</b>                    | Dämmung 30 cm (WLS 035) auf der Decke   | 360                                       | Niveau 2 Sanierung - zukunftsweisend | 0,09                                  | 248,3                                   |                          |
| <b>Konstruktionsaufbau</b>      |   |   |                                      |                                       |   |                          |
|                                 | <b>Material</b>   | <b>Schicht-<br/>dicke<br/>[m]</b>         | <b>Dichte<br/>[kg/m³]</b>            | <b>Modellie-<br/>rungs-<br/>menge</b> | <b>Modellie-<br/>rungsein-<br/>heit</b> | <b>Lebens-<br/>dauer</b> |
|                                 | Dämmung   | 0,3                                       | 145                                  | 0,3                                   | m³/m²                                   | 40                       |
|                                 | Abdichtung  | 0,00125                                   |                                      | 1,0                                   | m²/m²                                   | 40                       |
| <b>Konstruktion</b>             | <b>Beschreibung</b>   | <b>KG</b>                                 | <b>Ein-<br/>griffs-<br/>stufe</b>    | <b>U-Wert</b>                         | <b>Ausge-<br/>führte<br/>Menge [m²]</b> |                          |
| <b>FE</b>                       | Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung und gedämmtem Rahmen (Passivhaus-Fenster) | 330                                       | Niveau 2 Sanierung - zukunftsweisend | 0,8                                   | 99,38                                   |                          |
| <b>Konstruktionsaufbau</b>      |   |   |                                      |                                       |   |                          |
|                                 | <b>Material</b>   | <b>Breite<br/>[m] x<br/>Länge<br/>[m]</b> | <b>Fläche<br/>[m²]</b>               | <b>Modellie-<br/>rungs-<br/>menge</b> | <b>Modellie-<br/>rungsein-<br/>heit</b> | <b>Lebens-<br/>dauer</b> |
|                                 | Aluminium-Rahmenprofil, thermisch getrennt, pulverbeschichtet                           | 1,5 x 2,2                                 |                                      | 2,2                                   | m/m²                                    | 50                       |
|                                 | Aluminium-Flügelrahmenprofil, thermisch getrennt, pulverbeschichtet                     | 1,5 x 2,2                                 |                                      | 2,2                                   | m/m²                                    | 50                       |
|                                 | Glas - Bundesverband Flachglas e.V. - Mehrscheibenisolierverglasung 3-fach Aufbau       |   | 1,0                                  | 2,2                                   | m/m²                                    | 30                       |
| <b>Konstruktion</b>             | <b>Beschreibung</b>   | <b>KG</b>                                 | <b>Ein-<br/>griffs-<br/>stufe</b>    | <b>U-Wert</b>                         | <b>Ausge-<br/>führte<br/>Menge [m²]</b> |                          |
| <b>DE</b>                       | Dämmung 12 cm (WLS 035)   | 320                                       | Niveau 2 Sanierung                   | 0,20                                  | 248,3                                   |                          |

|                            |                      |                                   |                                  |                                       |   |                          |
|----------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---|--------------------------|
|                            |                      |                                   | zung - zu-<br>kunfts-<br>weisend |                                       |   |                          |
| <b>Konstruktionsaufbau</b> |                      |                                   |                                  |                                       |   |                          |
|                            | <b>Material</b>      | <b>Schicht-<br/>dicke<br/>[m]</b> | <b>Dichte<br/>[kg/m³]</b>        | <b>Modellie-<br/>rungs-<br/>menge</b> | <b>Modellie-<br/>rungsein-<br/>heit</b> | <b>Lebens-<br/>dauer</b> |
|                            | Schwimmender Estrich | 0,04                              | 2400                             | 80                                    | kg/m²                                   | 50                       |
|                            | Dämmung              | 0,12                              | 25,9                             | 0,12                                  | m³/m²                                   | 40                       |

Tabelle 28:  
Modellierungsangaben für die Ökobilanzierung des Gebäudetyps GMH\_F in Bestand, Niveau 1–Sanierung sowie Niveau 2-Sanierung.

| Gebäude-<br>typ          | GMH_F  |                                 |                                |                              |   |                  |
|--------------------------|--|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------|---|------------------|
| Konstruktionen - Angaben |  |                                 |                                |                              |   |                  |
| Konstruktion             | Beschreibung   | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe       | U-Wert                       | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |
| AW                       | Beton-Fertigteile  | 330                             | Bestand                        | 1,1                          | 2130,0                                      |                  |
|                          | Konstruktionsaufbau  |                                 |                                |                              |   |                  |
|                          | Material   | Schicht-<br>dicke<br>[m]        | Dichte<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | Modellie-<br>rungs-<br>menge | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |
|                          | Kalkgipsputz   | 0,01                            | 900                            |                              |   |                  |
|                          | Stahlbeton Schicht 1   | 0,175-<br>0,24                  | 291,3                          |                              |   |                  |
|                          | Wärmedämmung   | 0,06                            | 22,7                           |                              |   |                  |
|                          | Stahlbeton Schicht 2   | 0,115                           | 291,3                          |                              |   |                  |
| Kalkgipsputz             | 0,01   |                                 |                                |                              |   |                  |
| Konstruktion             | Beschreibung   | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe       | U-Wert                       | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |
| DA                       | Betondecke mit 5 cm Däm-<br>mung   | 360                             | Bestand                        | 0,51                         | 540,0                                       |                  |
|                          | Konstruktionsaufbau  |                                 |                                |                              |   |                  |
|                          | Material   | Schicht-<br>dicke<br>[m]        | Dichte<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | Modellie-<br>rungs-<br>menge | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |
|                          | Beton  | 0,15                            | 2300                           |                              |   |                  |
|                          | Schaumglas   | 0,06                            | 165                            |                              |   |                  |
|                          | Abdichtung   | 0,00125                         | -                              |                              |   |                  |
|                          | Zementestrich  | 0,04                            | 2400                           |                              |   |                  |
| Konstruktion             | Beschreibung   | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe       | U-Wert                       | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |
| FE                       | Holzfenster mit Zweischi-<br>ben-Isolierverglasung                       | 330                             | Bestand                        | 3,0                          | 545,0                                       |                  |
|                          | Konstruktionsaufbau  |                                 |                                |                              |   |                  |
|                          | Material   | Breite<br>[m] x<br>Länge<br>[m] | Fläche<br>[m <sup>2</sup> ]    | Modellie-<br>rungs-<br>menge | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |
|                          | Blendrahmen PVC-U  | 1,5 x 2,2                       |                                |                              |   |                  |
|                          | Flügelrahmen PVC-U   | 1,5 x 2,2                       |                                |                              |   |                  |
|                          | Isolierglas 2-Scheiben   |                                 | 3,3                            |                              |   |                  |
| Konstruktion             | Beschreibung   | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe       | U-Wert                       | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |
| DE                       | (Stahl-)Betondecke mit<br>schwimmendem Estrich<br>auf 2 cm Dämmung (IWU) | 320                             | Bestand                        | 0,77                         | 540,0                                       |                  |
|                          | Konstruktionsaufbau  |                                 |                                |                              |   |                  |
|                          | Material   | Schicht-<br>dicke<br>[m]        | Dichte<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | Modellie-<br>rungs-<br>menge | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |
|                          | Schwimmender Estrich   | 0,04                            | 2400                           |                              |   |                  |
|                          | Dämmung  | 0,02                            | 25,9                           |                              |   |                  |
| Betondecke               | 0,14   | 2300                            |                                |                              |   |                  |

| Gebäude-<br>typ  | GMH_F Niveau 1 Sanierung  |                                 |  |                                |   |                  |  |
|--|---|---------------------------------|--|--------------------------------|---|------------------|--|
| Konstruktionen - Angaben   |   |                                 |  |                                |   |                  |  |
| Konstruktion   | Beschreibung  | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe                           | U-Wert                         | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |  |
| AW   | Dämmung 12 cm (WLS 035) + Verputz (Wärme-<br>dämmverbundsystem) | 330                             | Niveau 1<br>Sanie-<br>rung -<br>konventi-<br>onell | 0,23                           | 2130,0                                      |                  |  |
|  | Konstruktionsaufbau   |                                 |  |                                |   |                  |  |
|  | Material  | Schicht-<br>dicke<br>[m]        | Dichte<br>[kg/m <sup>3</sup> ]                     | Modellie-<br>rungs-<br>menge   | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |  |
|  | Befestigung   |                                 |  | 7,0                            | Stk/m <sup>2</sup>                          | 50               |  |
|  | Dämmung   | 0,12                            | 145  | 0,12                           | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>              | 40               |  |
|  | Armierung   | 0,01                            | 1600   | 16,0                           | kg/m <sup>2</sup>                           | 45               |  |
| Außenputz  | 0,015   | 1300                            | 19,5   | kg/m <sup>2</sup>              | 40  |                  |  |
| Konstruktion   | Beschreibung  | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe                           | U-Wert                         | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |  |
| DA/DE  | Dämmung 12 cm (WLS 035) auf der Decke                           | 360                             | Niveau 1<br>Sanie-<br>rung -<br>konventi-<br>onell | 0,2                            | 540,0                                       |                  |  |
|  | Konstruktionsaufbau   |                                 |  |                                |   |                  |  |
|  | Material  | Schicht-<br>dicke<br>[m]        | Dichte<br>[kg/m <sup>3</sup> ]                     | Modellie-<br>rungs-<br>menge   | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |  |
|  | Dämmung   | 0,12                            | 22,7   | 0,12                           | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>              | 40               |  |
| Abdichtung   | 0,00125   |                                 | 1,0  | m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> | 40  |                  |  |
| Konstruktion   | Beschreibung  | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe                           | U-Wert                         | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |  |
| FE   | Fenster mit 2-Scheiben-<br>Wärmeschutz-Verglasung               | 330                             | Niveau 1<br>Sanie-<br>rung -<br>konventi-<br>onell | 1,3                            | 545,0                                       |                  |  |
|  | Konstruktionsaufbau   |                                 |  |                                |   |                  |  |
|  | Material  | Breite<br>[m] x<br>Länge<br>[m] | Fläche<br>[m <sup>2</sup> ]                        | Modellie-<br>rungs-<br>menge   | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |  |
|  | Holz-Blendrahmen  | 1,5 x 2,2                       |  | 2,2                            | m/m <sup>2</sup>                            | 40               |  |
|  | Holz-Flügelrahmen   | 1,5 x 2,2                       |  | 2,2                            | m/m <sup>2</sup>                            | 40               |  |
| Glas - Bundesverband<br>Flachglas e.V. - Mehrschei-<br>benisolierglas 2-fach Auf-<br>bau |   | 1                               |  | m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> | 30  |                  |  |
| Konstruktion   | Beschreibung  | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe                           | U-Wert                         | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |  |
| DE   | Dämmung 8 cm  | 320                             | Niveau 1<br>Sanie-<br>rung -<br>konventi-<br>onell | 0,30                           | 540,0                                       |                  |  |
|  | Konstruktionsaufbau   |                                 |  |                                |   |                  |  |

|  | Material  | Schichtdicke [m] | Dichte [kg/m³]                       | Modellierungsmenge   | Modellierungseinheit    | Lebensdauer |
|--|---|------------------|--------------------------------------|----------------------|-------------------------|-------------|
|  | Schwimmender Estrich  | 0,04             | 2400                                 | 80,0                 | m³/m²                   | 50          |
|  | Dämmung   | 0,08             | 25,9                                 | 0,08                 | m³/m²                   | 40          |
| <b>Gebäudetyp</b>  | <b>GMH_F Niveau 2 Sanierung</b>   |                  |                                      |                      |                         |             |
| <b>Konstruktionen - Angaben</b>  |   |                  |                                      |                      |                         |             |
| Konstruktion   | Beschreibung  | KG               | Ein-griffs-stufe                     | U-Wert               | Ausge-führte Menge [m²] |             |
| <b>AW</b>  | Dämmung 24 cm (WLS 035) + Verputz (Wärmedämmverbundsystem)                              | 330              | Niveau 2 Sanierung - zukunftsweisend | 0,13                 | 2130,0                  |             |
| <b>Konstruktionsaufbau</b>   |   |                  |                                      |                      |                         |             |
| Material   | Schichtdicke [m]  | Dichte [kg/m³]   | Modellierungsmenge                   | Modellierungseinheit | Lebensdauer             |             |
| Befestigung  |   |                  | 7,0                                  | Stk/m²               | 50                      |             |
| Dämmung  | 0,24  | 145              | 0,24                                 | m³/m²                | 40                      |             |
| Armierung  | 0,01  | 1600             | 16,0                                 | kg/m²                | 45                      |             |
| Außenputz  | 0,015   | 1300             | 19,5                                 | kg/m²                | 40                      |             |
| Konstruktion   | Beschreibung  | KG               | Ein-griffs-stufe                     | U-Wert               | Ausge-führte Menge [m²] |             |
| <b>DA/DE</b>   | Dämmung 30 cm (WLS 035) auf der Decke   | 360              | Niveau 2 Sanierung - zukunftsweisend | 0,09                 | 540,0                   |             |
| <b>Konstruktionsaufbau</b>   |   |                  |                                      |                      |                         |             |
| Material   | Schichtdicke [m]  | Dichte [kg/m³]   | Modellierungsmenge                   | Modellierungseinheit | Lebensdauer             |             |
| Dämmung  | 0,3   | 22,7             | 0,3                                  | m³/m²                | 40                      |             |
| Abdichtung   | 0,00125   |                  | 1,0                                  | m²/m²                | 40                      |             |
| Konstruktion   | Beschreibung  | KG               | Ein-griffs-stufe                     | U-Wert               | Ausge-führte Menge [m²] |             |
| <b>FE</b>  | Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung und gedämmtem Rahmen (Passivhaus-Fenster) | 330              | Niveau 2 Sanierung - zukunftsweisend | 0,8                  | 545,0                   |             |
| <b>Konstruktionsaufbau</b>   |   |                  |                                      |                      |                         |             |
| Material   | Breite [m] x Länge [m]  | Fläche [m²]      | Modellierungsmenge                   | Modellierungseinheit | Lebensdauer             |             |
| Aluminium-Rahmenprofil, thermisch getrennt, pulverbeschichtet                | 1,5 x 2,2   |                  | 2,2                                  | m/m²                 | 50                      |             |
| Aluminium-Flügelrahmenprofil, thermisch getrennt, pulverbeschichtet          | 1,5 x 2,2   |                  | 2,2                                  | m/m²                 | 50                      |             |
| Glas - Bundesverband Flachglas e.V. - Mehrscheibenisoliervglas 3-fach Aufbau |   | 1,0              | 2,2                                  | m/m²                 | 30                      |             |

| Konstruktion | Beschreibung               | KG                       | Ein-griffs-stufe                        | U-Wert                         | Ausge-führte Menge [m <sup>2</sup> ] |                     |
|--------------|----------------------------|--------------------------|---|--------------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| DE           | Dämmung 12 cm (WLS 035)    | 320                      | Niveau 2 Sanie-rung - zu-kunfts-weisend | 0,21                           | 540,0                                |                     |
|              | <b>Konstruktionsaufbau</b> |                          |   |                                |                                      |                     |
|              | <b>Material</b>            | <b>Schicht-dicke [m]</b> | <b>Dichte [kg/m<sup>3</sup>]</b>        | <b>Modellie-rungs-menge</b>    | <b>Modellie-rungsein-heit</b>        | <b>Lebens-dauer</b> |
|              | Schwimmender Estrich       | 0,04                     | 2400                                    | 80                             | kg/m <sup>2</sup>                    | 50                  |
| Dämmung      | 0,12                       | 25,9                     | 0,12                                    | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> | 40                                   |                     |

Tabelle 29:  
Modellierungsangaben für die Ökobilanzierung des Gebäudetyps  
NBL\_HH\_F in Bestand, Niveau 1–Sanierung sowie Niveau 2-Sanierung.

| Gebäude-<br>typ  | NBL_HH_F   |                                 |                                |                              |   |                  |
|--|--|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------|---|------------------|
| Konstruktionen - Angaben   |  |                                 |                                |                              |   |                  |
| Konstruktion   | Beschreibung   | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe       | U-Wert                       | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |
| AW   | Beton-Fertigteile  | 330                             | Bestand                        | 1,1                          | 2992,09                                     |                  |
|  | Konstruktionsaufbau  |                                 |                                |                              |   |                  |
|  | Material   | Schicht-<br>dicke<br>[m]        | Dichte<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | Modellie-<br>rungs-<br>menge | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |
|  | Kalkgipsputz   | 0,01                            | 900                            |                              |   |                  |
|  | Stahlbeton Schicht 1   | 0,175-<br>0,24                  | 291,3                          |                              |   |                  |
|  | Wärmedämmung   | 0,06                            | 22,7                           |                              |   |                  |
|  | Stahlbeton Schicht 2   | 0,115                           | 291,3                          |                              |   |                  |
| Kalkgipsputz   | 0,01   |                                 |                                |                              |   |                  |
| Konstruktion   | Beschreibung   | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe       | U-Wert                       | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |
| DA   | Betondecke mit 5 cm Däm-<br>mung   | 360                             | Bestand                        | 0,6                          | 598,34                                      |                  |
|  | Konstruktionsaufbau  |                                 |                                |                              |   |                  |
|  | Material   | Schicht-<br>dicke<br>[m]        | Dichte<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | Modellie-<br>rungs-<br>menge | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |
|  | Beton  | 0,15                            | 2300                           |                              |   |                  |
|  | Schaumglas   | 0,05                            | 165                            |                              |   |                  |
| Zementestrich  | 0,04   | 2400                            |                                |                              |   |                  |
| Konstruktion   | Beschreibung   | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe       | U-Wert                       | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |
| FE   | Verbundfenster: 2 Schei-<br>ben im Holzrahmen                            | 330                             | Bestand                        | 2,7                          | 756,0                                       |                  |
|  | Konstruktionsaufbau  |                                 |                                |                              |   |                  |
|  | Material   | Breite<br>[m] x<br>Länge<br>[m] | Fläche<br>[m <sup>2</sup> ]    | Modellie-<br>rungs-<br>menge | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |
|  | Holz-Blendrahmen   | 1,5 x 2,2                       |                                |                              |   |                  |
|  | Holz-Flügelrahmen  | 1,5 x 2,2                       |                                |                              |   |                  |
| Glas - Bundesverband<br>Flachglas e.V. - Mehrschei-<br>benisoliertglas 2-fach Auf-<br>bau - m2 |  | 3,3                             |                                |                              |   |                  |
| Konstruktion   | Beschreibung   | KG                              | Ein-<br>griffs-<br>stufe       | U-Wert                       | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |
| DE   | (Stahl-)Betondecke mit<br>schwimmendem Estrich<br>auf 2 cm Dämmung (IWU) | 320                             | Bestand                        | 1,0                          | 598,34                                      |                  |
|  | Konstruktionsaufbau  |                                 |                                |                              |   |                  |
|  | Material   | Schicht-<br>dicke<br>[m]        | Dichte<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | Modellie-<br>rungs-<br>menge | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |
|  | Schwimmender Estrich   | 0,04                            | 2400                           |                              |   |                  |
| Dämmung  | 0,02   | 25,9                            |                                |                              |   |                  |

|                                 |   |   |                                      |                                       |  |                          |
|---------------------------------|---|---|--------------------------------------|---------------------------------------|--|--------------------------|
|                                 | Betondecke  | 0,14                                      | 2300                                 |                                       |  |                          |
| <b>Gebäude-<br/>typ</b>         | <b>NBL_HH_F Niveau 1 Sanierung</b>  |   |                                      |                                       |  |                          |
| <b>Konstruktionen - Angaben</b> |   |   |                                      |                                       |  |                          |
| <b>Konstruktion</b>             | <b>Beschreibung</b>   | <b>KG</b>                                 | <b>Ein-<br/>griffs-<br/>stufe</b>    | <b>U-Wert</b>                         | <b>Ausge-<br/>führte<br/>Menge [m<sup>2</sup>]</b> |                          |
| <b>AW</b>                       | Dämmung 12 cm (WLS 035) + Verputz (Wärmedämmverbundsystem)                      | 330                                       | Niveau 1 Sanierung - konventionell   | 0,23                                  | 2992,09  |                          |
| <b>Konstruktionsaufbau</b>      |   |   |                                      |                                       |  |                          |
|                                 | <b>Material</b>   | <b>Schicht-<br/>dicke<br/>[m]</b>         | <b>Dichte<br/>[kg/m<sup>3</sup>]</b> | <b>Modellie-<br/>rungs-<br/>menge</b> | <b>Modellie-<br/>rungsein-<br/>heit</b>            | <b>Lebens-<br/>dauer</b> |
|                                 | Befestigung   |   |                                      | 7,0                                   | Stk/m <sup>2</sup>                                 | 50                       |
|                                 | Dämmung   | 0,12                                      | 145                                  | 0,12                                  | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>                     | 40                       |
|                                 | Armierung   | 0,01                                      | 1600                                 | 16,0                                  | kg/m <sup>2</sup>                                  | 45                       |
|                                 | Außenputz   | 0,015                                     | 1300                                 | 19,5                                  | kg/m <sup>2</sup>                                  | 40                       |
| <b>Konstruktion</b>             | <b>Beschreibung</b>   | <b>KG</b>                                 | <b>Ein-<br/>griffs-<br/>stufe</b>    | <b>U-Wert</b>                         | <b>Ausge-<br/>führte<br/>Menge [m<sup>2</sup>]</b> |                          |
| <b>DA/DE</b>                    | Dämmung 12 cm (WLS 035) auf der Decke   | 360                                       | Niveau 1 Sanierung - konventionell   | 0,2                                   | 598,34   |                          |
| <b>Konstruktionsaufbau</b>      |   |   |                                      |                                       |  |                          |
|                                 | <b>Material</b>   | <b>Schicht-<br/>dicke<br/>[m]</b>         | <b>Dichte<br/>[kg/m<sup>3</sup>]</b> | <b>Modellie-<br/>rungs-<br/>menge</b> | <b>Modellie-<br/>rungsein-<br/>heit</b>            | <b>Lebens-<br/>dauer</b> |
|                                 | Dämmung   | 0,12                                      | 22,7                                 | 0,12                                  | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>                     | 40                       |
|                                 | Abdichtung  | 0,00125                                   |                                      | 1,0                                   | m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>                     | 40                       |
| <b>Konstruktion</b>             | <b>Beschreibung</b>   | <b>KG</b>                                 | <b>Ein-<br/>griffs-<br/>stufe</b>    | <b>U-Wert</b>                         | <b>Ausge-<br/>führte<br/>Menge [m<sup>2</sup>]</b> |                          |
| <b>FE</b>                       | Fenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung                                   | 330                                       | Niveau 1 Sanierung - konventionell   | 1,3                                   | 756,0  |                          |
| <b>Konstruktionsaufbau</b>      |   |   |                                      |                                       |  |                          |
|                                 | <b>Material</b>   | <b>Breite<br/>[m] x<br/>Länge<br/>[m]</b> | <b>Fläche<br/>[m<sup>2</sup>]</b>    | <b>Modellie-<br/>rungs-<br/>menge</b> | <b>Modellie-<br/>rungsein-<br/>heit</b>            | <b>Lebens-<br/>dauer</b> |
|                                 | Holz-Blendrahmen  | 1,5 x 2,2                                 |                                      | 2,2                                   | m/m <sup>2</sup>                                   | 40                       |
|                                 | Holz-Flügelrahmen   | 1,5 x 2,2                                 |                                      | 2,2                                   | m/m <sup>2</sup>                                   | 40                       |
|                                 | Glas - Bundesverband Flachglas e.V. - Mehrscheibenisoliertes Glas 2-fach Aufbau |   | 1                                    |                                       | m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>                     | 30                       |
| <b>Konstruktion</b>             | <b>Beschreibung</b>   | <b>KG</b>                                 | <b>Ein-<br/>griffs-<br/>stufe</b>    | <b>U-Wert</b>                         | <b>Ausge-<br/>führte<br/>Menge [m<sup>2</sup>]</b> |                          |
| <b>DE</b>                       | Dämmung 8 cm  | 320                                       | Niveau 1 Sanierung - konventionell   | 0,28                                  | 598,34   |                          |
| <b>Konstruktionsaufbau</b>      |   |   |                                      |                                       |  |                          |

|   | Material  | Schicht-<br>dicke<br>[m]       | Dichte<br>[kg/m <sup>3</sup> ]       | Modellie-<br>rungs-<br>menge   | Modellie-<br>rungsein-<br>heit              | Lebens-<br>dauer |
|---|---|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|---|------------------|
|   | Schwimmender Estrich  | 0,04                           | 2400                                 | 80,0                           | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>              | 50               |
|   | Dämmung   | 0,08                           | 25,9                                 | 0,08                           | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>              | 40               |
| Gebäude-<br>typ   | <b>NBL_HH_F Niveau 2 Sanierung</b>  |                                |                                      |                                |   |                  |
| Konstruktionen - Angaben  |   |                                |                                      |                                |   |                  |
| Konstruktion  | Beschreibung  | KG                             | Ein-<br>griffs-<br>stufe             | U-Wert                         | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |
| <b>AW</b>   | Dämmung 24 cm (WLS 035) + Verputz (Wärmedämmverbundsystem)                              | 330                            | Niveau 2 Sanierung - zukunftsweisend | 0,13                           | 2992,09                                     |                  |
| Konstruktionsaufbau   |   |                                |                                      |                                |   |                  |
| Material  | Schicht-<br>dicke<br>[m]  | Dichte<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | Modellie-<br>rungs-<br>menge         | Modellie-<br>rungsein-<br>heit | Lebens-<br>dauer                            |                  |
| Befestigung   |   |                                | 7,0                                  | Stk/m <sup>2</sup>             | 50  |                  |
| Dämmung   | 0,24  | 145                            | 0,24                                 | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> | 40  |                  |
| Armierung   | 0,01  | 1600                           | 16,0                                 | kg/m <sup>2</sup>              | 45  |                  |
| Außenputz   | 0,015   | 1300                           | 19,5                                 | kg/m <sup>2</sup>              | 40  |                  |
| Konstruktion  | Beschreibung  | KG                             | Ein-<br>griffs-<br>stufe             | U-Wert                         | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |
| <b>DA/DE</b>  | Dämmung 30 cm (WLS 035) auf der Decke   | 360                            | Niveau 2 Sanierung - zukunftsweisend | 0,1                            | 598,34                                      |                  |
| Konstruktionsaufbau   |   |                                |                                      |                                |   |                  |
| Material  | Schicht-<br>dicke<br>[m]  | Dichte<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | Modellie-<br>rungs-<br>menge         | Modellie-<br>rungsein-<br>heit | Lebens-<br>dauer                            |                  |
| Dämmung   | 0,3   | 22,7                           | 0,3                                  | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> | 40  |                  |
| Abdichtung  | 0,00125   |                                | 1,0                                  | m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> | 40  |                  |
| Konstruktion  | Beschreibung  | KG                             | Ein-<br>griffs-<br>stufe             | U-Wert                         | Ausge-<br>führte<br>Menge [m <sup>2</sup> ] |                  |
| <b>FE</b>   | Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung und gedämmtem Rahmen (Passivhaus-Fenster) | 330                            | Niveau 2 Sanierung - zukunftsweisend | 0,8                            | 756,0                                       |                  |
| Konstruktionsaufbau   |   |                                |                                      |                                |   |                  |
| Material  | Breite<br>[m] x<br>Länge<br>[m]   | Fläche<br>[m <sup>2</sup> ]    | Modellie-<br>rungs-<br>menge         | Modellie-<br>rungsein-<br>heit | Lebens-<br>dauer                            |                  |
| Aluminium-Rahmenprofil, thermisch getrennt, pulverbeschichtet                     | 1,5 x 2,2   |                                | 2,2                                  | m/m <sup>2</sup>               | 50  |                  |
| Aluminium-Flügelrahmenprofil, thermisch getrennt, pulverbeschichtet               | 1,5 x 2,2   |                                | 2,2                                  | m/m <sup>2</sup>               | 50  |                  |
| Glas - Bundesverband Flachglas e.V. - Mehrscheibenisolierverglasung 3-fach Aufbau |   | 1,0                            | 2,2                                  | m/m <sup>2</sup>               | 30  |                  |

| Konstruktion | Beschreibung               | KG                       | Ein-griffs-stufe                        | U-Wert                         | Ausge-führte Menge [m <sup>2</sup> ] |                     |
|--------------|----------------------------|--------------------------|---|--------------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| DE           | Dämmung 12 cm (WLS 035)    | 320                      | Niveau 2 Sanie-rung - zu-kunfts-weisend | 0,23                           | 598,34                               |                     |
|              | <b>Konstruktionsaufbau</b> |                          |   |                                |                                      |                     |
|              | <b>Material</b>            | <b>Schicht-dicke [m]</b> | <b>Dichte [kg/m<sup>3</sup>]</b>        | <b>Modellie-rungs-menge</b>    | <b>Modellie-rungsein-heit</b>        | <b>Lebens-dauer</b> |
|              | Schwimmender Estrich       | 0,04                     | 2400                                    | 80                             | kg/m <sup>2</sup>                    | 50                  |
| Dämmung      | 0,12                       | 25,9                     | 0,12                                    | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> | 40                                   |                     |

## A.11 Gebäudemodelle AP3.2: Verwendete Datensätze ÖKOBAUDAT

| Prozess /<br>Energieträger /<br>Rohstoff | Gewählter<br>Datensatz  | Repräsentativität |           |                     |
|--|---|-------------------|-----------|---------------------|
|  |   | Geogra-<br>fisch  | Zeitlich  | Technolo-<br>gisch  |
| Befestigung                              | Befestigungssysteme für WDVS - Stk  | DE                | 2014-2019 | Technologie-<br>Mix |
| Dämmung<br>(Wände und Dächer)            | EPS-Hartschaum (Styropor®) für Wände<br>und Dächer W/D-035 - m <sup>3</sup>                           | DE                | 2015-2020 | Technologie-<br>Mix |
| Armierung                                | Putzmörtel-Armierungsputz - kg  | DE                | 2019-2024 | Technologie-<br>Mix |
| Außenputz                                | Putzmörtel-Leichtputz - kg (16 kg/m <sup>2</sup> )  | DE                | 2019-2024 | Technologie-<br>Mix |
| Abdichtung                               | PE-Noppenfolie zur Abdichtung (Dicke<br>0,00125 m) – m <sup>2</sup>                                   | DE                | 2018-2022 | Technologie-<br>Mix |
| Blendrahmen<br>(Holz)                    | Holz-Blendrahmen - m  | DE                | 2018-2022 | Technologie-<br>Mix |
| Flügelrahmen<br>(Holz)                   | Holz-Flügelrahmen – m   | DE                | 2018-2022 | Technologie-<br>Mix |
| Fensterglas (zwei-<br>scheiben)          | Glas - Bundesverband Flachglas e.V. -<br>Mehrscheibenisolierverglas 2-fach Aufbau -<br>m <sup>2</sup> | RER               | 2017-2022 | Technologie-<br>Mix |
| Schwimmender<br>Estrich                  | Estrichmörtel-Zementestrich - kg  | DE                | 2014-2019 | Technologie-<br>Mix |
| Dämmung (De-<br>cken und Böden)          | EPS-Hartschaum (Styropor®) für De-<br>cken/Böden und als Perimeterdämmung<br>B/P-035 - m <sup>3</sup> | DE                | 2015-2020 | Technologie-<br>Mix |
| Blendrahmen<br>(Metall)                  | Aluminium-Rahmenprofil, thermisch ge-<br>trennt, pulverbeschichtet - m                                | DE                | 2018-2022 | Technologie-<br>Mix |
| Flügelrahmen<br>(Metall)                 | Aluminium-Flügelrahmenprofil, thermisch<br>getrennt, pulverbeschichtet - m                            | DE                | 2018-2022 | Technologie-<br>Mix |
| Fensterglas (drei-<br>scheiben)          | Glas - Bundesverband Flachglas e.V. -<br>Mehrscheibenisolierverglas 3-fach Aufbau -<br>m <sup>2</sup> | RER               | 2017-2022 | Technologie-<br>Mix |
| Kalkgipsputz                             | Kalk-Innenputz - kg   | DE                | 2018-2022 | Technologie-<br>Mix |
| Hochlochziegel                           | DIN V 4108 4.1.3 Hochlochziegel mit Nor-<br>malmörtel – m <sup>3</sup>                                | DE                | 2021      | -                   |
| Vormauerziegel                           | Vormauerziegel - m <sup>3</sup>   | DE                | 2018-2022 | Technologie-<br>Mix |
| Beton/ Betonde-<br>cke                   | DIN EN 12524 Beton armiert (mit 1%<br>Stahl) 2300 - m <sup>3</sup>                                    | DE                | 2021      | -                   |
| Kies                                     | Kies 2/32 (de) - kg   | DE                | 2018-2022 | Technologie-<br>Mix |
| Holzfußboden                             | Massivholzparkett (Durchschnitt DE) - m <sup>2</sup>  | DE                | 2020-2025 | Technologie-<br>Mix |
| Schaumglas                               | FOAMGLAS® F - kg  | RER               | 2015-2020 | Technologie-<br>Mix |
| Dämmung                                  | Mineralwolle (Boden-Dämmung) – m <sup>3</sup>   | DE                | 2018-2022 | Technologie-<br>Mix |