

dieBauingenieure – Zertifizierung

**Hauptsitz Karlsruhe**

Wattstraße 1  
76185 Karlsruhe  
+49.(0)721.83 14 205-0

**Zweigstelle Berlin**

Schlangenbader Straße 14  
14197 Berlin  
+49.(0)30.34 65 501-00

[info@dieBauingenieure.com](mailto:info@dieBauingenieure.com)

[www.dieBauingenieure.com](http://www.dieBauingenieure.com)

## Städtebauliche Studie – Klimagerechtes Bauen

### Vorabzug

AZ 4102 (bitte stets angeben)

**IHR ANSPRECHPARTNER**

Thomas Putscher  
+49.(0)721.83 14 205-13  
[t.putscher@dieBauingenieure.com](mailto:t.putscher@dieBauingenieure.com)

<b>Auftraggeber</b>	Eggenstein-Leopoldshafen Umwelt- und Energieagentur Kreis Karlsruhe
<b>Objekt</b>	Klimagerechtes Neubaugebiet Eggenstein-Leopoldshafen
<b>Aufgabenstellung</b>	Erstellung einer Klimastudie unter Berücksichtigung des Energiestandards und der Ökobilanz

09.11.2021

DATUM



DIPL.-ING.

GUNNAR CLEMENZ M.SC.

(Geschäftsführung)

i.A. 

DIPL.-ING. (FH)

KATHARINA ILCHNER

(Qualitätssicherung)

i.A. 

THOMAS PUTSCHER

M.SC.

(Bearbeitung)

# 1 Inhaltsverzeichnis

2	AUFGABENSTELLUNG UND ÜBERSICHTEN .....	3
3	ENERGIEBILANZ .....	5
4	ENDENERGIEBEDARF DES NEUBAUGEBIETS.....	11
5	FÖRDERUNG .....	13
6	BAUTEILE .....	14
6.1	Holzbauvariante für GEG Standard.....	15
6.2	Massivbauvariante für GEG Standard .....	20
6.3	Holzbauvariante für KfW55 Standard.....	25
6.4	Massivbauvariante für KfW55 Standard.....	30
6.5	Holzbauvariante als KfW40Plus Standard .....	35
6.6	Massivbauvariante als KfW40Plus Standard .....	40
6.7	DE01-Trenndecke-Holzbau .....	45
6.8	DE02-Trenndecke-Massiv .....	46
7	GRUNDLAGEN UND METHODIK VON ÖKOBILANZEN .....	47
7.1	Lebenszyklusmodule .....	48
7.2	Indikatoren.....	49
8	ERGEBNISSE DER ÖKOBILANZIELLEN BETRACHTUNG.....	51
8.1	GWP - Thermischen Hülle bei GEG Standard.....	51
8.2	GWP – Bauteile im Überblick (GEG, EH55 und EH40plus) .....	55
8.3	Ökobilanz – Baukonstruktion und Betriebsphase.....	56
8.3.1	Ökobilanz – Szenario 1: PV-Anrechnung nur für EH40plus .....	58
8.3.2	Ökobilanz – Szenario 2: PV Anrechnung für alle Gebäude.....	63
9	FAZIT UND ZUSAMMENFASSUNG .....	67
10	ANLAGEN.....	68
10.1	Berechnungsergebnisse der ökobilanziellen Betrachtung .....	68
10.1.1	WA-01-Außenwand-Holzmassiv-17,5-GEG .....	69
10.1.2	DA-01-Flachdach-Holzkonstruktion-Massiv-GEG .....	70
10.1.3	DA 02 - Decke nach unten gegen unbeheizt - GEG .....	71

10.1.4	WA 01 - Außenwand-KS-Massiv-GEG .....	72
10.1.5	DA 01 – Flachdach-StaBe-GEG .....	73
10.1.6	WA-01-Außenwand-HolzMassiv-17,5-KfW55 .....	74
10.1.7	DA-01-Flachdach-Holzkonstruktion-Massiv-KfW55 .....	75
10.1.8	DA 02 - Decke nach unten gegen unbeheizt – KfW55 .....	76
10.1.9	WA 01 - Außenwand-KSMassiv-KfW55 .....	77
10.1.10	DA 01 – Flachdach-StaBe-KfW55 .....	78
10.1.11	WA-01-Außenwand-HolzMassiv-17,5-KfW40plus .....	79
10.1.12	DA-01-Flachdach-Holzkonstruktion-Massiv-KfW40plus .....	80
10.1.13	DA 02 - Decke nach unten gegen unbeheizt – KfW40plus .....	81
10.1.14	WA01-Außenwand-KSMassiv-KfW40plus .....	82
10.1.15	DA 01 – Flachdach-StaBe-KfW40plus .....	83
10.2	Gesamtübersicht zur Ökobilanz – Tabellarisch [kgCO <sub>2</sub> -Äq/m <sup>2</sup> NRFa] .....	84
10.2.1	Mit PV für EH40plus .....	84
10.2.2	Mit PV für alle Gebäudetypen .....	85

## 2 Aufgabenstellung und Übersichten

Der vorliegende Bericht ist Teil der städtebaulichen Studie `Klimaneutrales Neubaugebiet „N5“`. Er dient zur ersten Konzeptionierung des Neubaugebietes „N5“ im östlichen Teil von Eggenstein-Leopoldshafen im Sinne eines zukunftsorientierten und ökologischen Bauens. Hierfür wurden auf Basis des Geoinformationssystems von `Smartgeomatics` der Energiebedarf für mögliche Gebäudetypen berechnet und Energiestandards verglichen. Des Weiteren wurde die Umweltwirkung zweier Konstruktionsvarianten verglichen (Holzmassivbauweise mit Holzfaserdämmung und Massivbauweise aus Kalksandstein bzw. Stahlbeton mit Polystyrolämmung). Schwerpunkt dieser ökobilanziellen Bewertung ist das Treibhauspotential – Global Warming Potential (GWP), umgangssprachlich CO<sub>2</sub>-Fußabdruck genannt. Auf Basis einer Analyse des Energiebedarfs wird die voraussichtliche Umweltwirkung der betrachteten Varianten über den Lebenszyklus dargestellt.

Ziel der Studie ist durch die Verwendung erneuerbarer Energien, einem reduzierten Energiebedarf und einer umweltverträgliche Baukonstruktion ein klimaneutrales Neubaugebiet umzusetzen. Klimatische als auch soziale Nachhaltigkeitskriterien sollen mittels des Mobilitätskonzeptes ergänzt werden.

**Anmerkung:** Der vorliegende Bericht behandelt nicht das Mobilitätskonzept. Schwerpunkt ist die Energiebedarfsberechnung, mögliche Energiestandards zur weiteren energetischen Konzeptionierung. Des Weiteren sollen mögliche Bauteile/Bauweisen hinsichtlich ihrer Umweltwirkung (GWP) untersucht werden. Weiterhin diene der errechnete Energiebedarf des Gebietes als Grundlage für die Auslegung des Nahwärmenetzes.

Allgemeine Kurzerläuterung zur Energiebedarfsrechnung

### **GEG – Gebäudeenergiegesetz (Mindestanforderung)**

Für den Neubau eines Gebäudes mit Wohnnutzung ist ein Energiebedarfsnachweis nach dem zum Zeitpunkt des Bauantrags gültigen Gesetz zu führen. Die folgenden Berechnungen sind auf Grundlage der aktuellen Gesetzgebung dem GEG 2020 durchgeführt.

Der höchstzulässige Jahres-Primärenergiebedarf  $q_p$  darf maximal 75% des Referenzwertes betragen ( $q_p = 0,75 \cdot q_{p,Ref}$ ). Zudem darf der maximal erlaubte, mittlere Wärmeverlust über die Gebäudehülle  $H_T$  nicht höher liegen als der entsprechende Wert des Referenzgebäudes.

Nach dem GEG 2020 ist außerdem ein Anteil des Heizwärme- und Kühlenergiebedarfs über regenerative Energien bereitzustellen (15 % bei Solar, 30 % bei gasförmiger Biomasse in KWK-Anlagen und 50 % im Brennwertkessel und bei flüssiger und fester Biomasse bzw. Umweltwärme). Ersatzweise können die Anforderungen des GEG 2020 um 15 % unterschritten werden.

### **Effizienzhaus 55 / BEG WG**

Die Werte ergeben sich aus den Anforderungen des KfW-Effizienzhaus 55 der KfW-Förderbank, wonach der Primärenergiebedarf 55 % und der Transmissionswärmeverlust maximal 70 % der errechneten Werte des Referenzgebäudes nach GEG 2020 betragen dürfen.

### **Effizienzhaus 40plus / BEG WG**

Die Werte ergeben sich ebenfalls aus den Anforderungen des KfW-Effizienzhaus 40Plus der KfW-Förderbank, wobei der Primärenergiebedarf nur 40% und der Transmissionswärmeverlust nur 55% der errechneten Werte des Referenzgebäudes nach GEG 2020 betragen dürfen.

Des Weiteren ist für ein EH-40plus eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung sowie eine PV-Anlage mit einem Batteriespeicher bemessen an der Anzahl der Wohneinheiten und der Gebäudefläche zu verbauen.

### 3 Energiebilanz

Insgesamt sind laut der mitgelieferten GIS-Datenbank für das Neubaugebiet 771 Wohneinheiten vorgesehen. Für die Energiebedarfsrechnung wurden 5 Haustypen und zwei Bauarten unterschieden. Grundlage der Berechnung sind wie in der unteren Abbildung 1 markiert ein Einfamilienhaus, eine Doppelhaushälfte, ein Reihenhaus (beidseitig angebaut), ein Mehrfamilienhaus (11WE) und ein weiteres Mehrfamilienhaus (29WE). Für das Neubaugebiet lassen sich verschiedene Energiestandards umsetzen. Es wurden Berechnungen für eine GEG-, eine Effizienzhaus 55- sowie ein Effizienzhaus 40Plus-Variante durchgeführt. Die für die Berechnung angesetzten Bauteile finden sich unter 6 Bauteile. Des Weiteren wurde davon ausgegangen, dass die Einfamilienhäuser, die Doppelhaushälfte und die Reihenhäuser über einen unbeheizten Keller verfügen und die Mehrfamilienhäuser über eine Tiefgarage. Der angesetzte Fensterflächenanteil beträgt 20%. Die vollständigen Berechnungsergebnisse der Beispielhäuser wurden in die GIS-Datenbank integriert (Datenbasis\_NeubaugebietN5\_Egg-L).

#### **Anmerkung:**

Die Berechnung erfolgt auf Basis der mitgelieferten GIS-Datenbank nach dem Berechnungsverfahren der DIN 4108-6 und der DIN 4701-10 sowie nach dem Gebäude-Energie-Gesetz (GEG). Als Primärenergiefaktor (fp-Wert) wurden unterschiedlich Primärenergiefaktoren je nach Variante angesetzt. Folgende Ergebnisse zeigen die erforderlichen Primärenergiefaktoren in Abhängigkeit des Gebäudetyps. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die erforderlichen fp-Werte stark von der tatsächlichen Konzeption der Gebäude abhängig sind.



Abbildung 1: Übersichtsplan mit ID

## Ergebnisse - Einsparung durch Energiestandards

Im Folgenden sind die Berechnungsergebnisse zur Energiebilanz dargestellt.

Während das GEG, wie einleitend erwähnt die gesetzliche Mindestanforderung darstellt, lässt sich durch die Verbesserung des Energiestandards nach den Anforderungen der KfW (BEG) im Gebäudebetrieb Energie sparen und somit die Auswirkung auf Umwelt und Klima in aller Regel reduzieren. Folgende Tabelle zeigt die Berechnungsergebnisse zur Energiebilanz.

Tabelle 1: Berechnungsergebnisse der Energiebilanz

Haustyp	ID	GEG*		EH55*		EH40plus*	
		QP [kWh/m <sup>2</sup> a]	H't [W/m <sup>2</sup> K]	QP [kWh/m <sup>2</sup> a]	H't [W/m <sup>2</sup> K]	QP [kWh/m <sup>2</sup> a]	H't [W/m <sup>2</sup> K]
Einfamilienhaus (EH)	4DD9	48,70	0,34	36,90	0,26	25,00	0,20
Doppelhaushälfte (DHH)	4DE3	50,90	0,33	39,70	0,26	26,70	0,20
Reihenhaus (RH)	4DF9	42,50	0,32	31,30	0,25	23,70	0,19
Geschosswohnungsbau (MFH)	4E08	36,00	0,38	25,40	0,28	17,30	0,23
Geschosswohnungsbau (MFH)	4F27	36,50	0,38	25,90	0,28	16,60	0,23

\*QP bei maßgebenden fp-Werten nach Tabelle 2

QP stellt den Primärenergiebedarf für den Gebäudebetrieb dar. Der Primärenergiebedarf wird maßgeblich über den Primärenergiefaktor der Wärmeerzeugung bestimmt. Der spezifische Transmissionswärmeverlust H't beschreibt die thermische Qualität der Gebäudehülle bezogen auf die wärmeübertragenden Umfassungsfläche. Durch die Erhöhung der Dämmstärken bei KfW Effizienzhausstandards verringert sich H't. Die erforderlichen fp-Werte zur Einhaltung der Energiestandards sind stark von der tatsächlichen Konzeption der Gebäude abhängig. Folgende Tabelle zeigt die ermittelten Primärenergiefaktoren nach Gebäudetypen.

Empfehlenswert für das Quartier wäre ein Wärmenetz mit einem Primärenergiefaktor von  $fp < 0,45$ . Dieser Wert befindet sich in einem realisierbaren Bereich und es können verschiedene Gebäudeenergiestandards je nach Konzeption des Gebäudes umgesetzt werden – siehe Tabelle 2.

Tabelle 2: Betrachtung der Primärenergiefaktoren nach Gebäudetyp

Haustyp	ID	GEG* fp-Wert	EH55* fp-Wert	EH40plus* fp-Wert
Einfamilienhaus	4DD9	0,65	0,50	0,43
Doppelhaus	4DE3	0,62	0,49	0,38
Reihenhaus	4DF9	<b>0,57</b>	<b>0,45</b>	<b>0,35</b>
Geschosswohnungsbau	4E08	0,67	0,55	0,45
Geschosswohnungsbau	4F27	0,70	0,57	0,51

\* Gebäude mit Zirkulation **ohne** 5% Zusatzheizleistung über Heizstab, **mit** Abschaltbetrieb und **mit** Anrechnung von PV gemäß GEG §34

## Kompakte Bauweise fördert Energieeinsparung

Es wird an dieser Stelle auch noch einmal darauf hingewiesen, dass Ein- und Zweifamilienhäuser gegenüber Mehrfamilienhäusern in der Regel hohe quadratmeterbezogene Energiebedarfe haben. Dies ist auf die kompaktere Bauweise der Mehrfamilienhäuser und das günstigere Verhältnis von wärmeübertragender Fläche zu Gebäudevolumen zu begründen.

Abbildung 2 zeigt, dass das Einfamilienhaus sowie das Reihenhaus im Vergleich zu dem Geschosswohnungsbau ID4E08 einen deutlich höheren quadratmeterbezogenen Primär- sowie Endenergiebedarf haben. Exemplarisch wurde in Abbildung 2 die Holzbauvariante dargestellt. Die Grundaussage lässt sich jedoch auf jede weitere Bauweise übertragen.

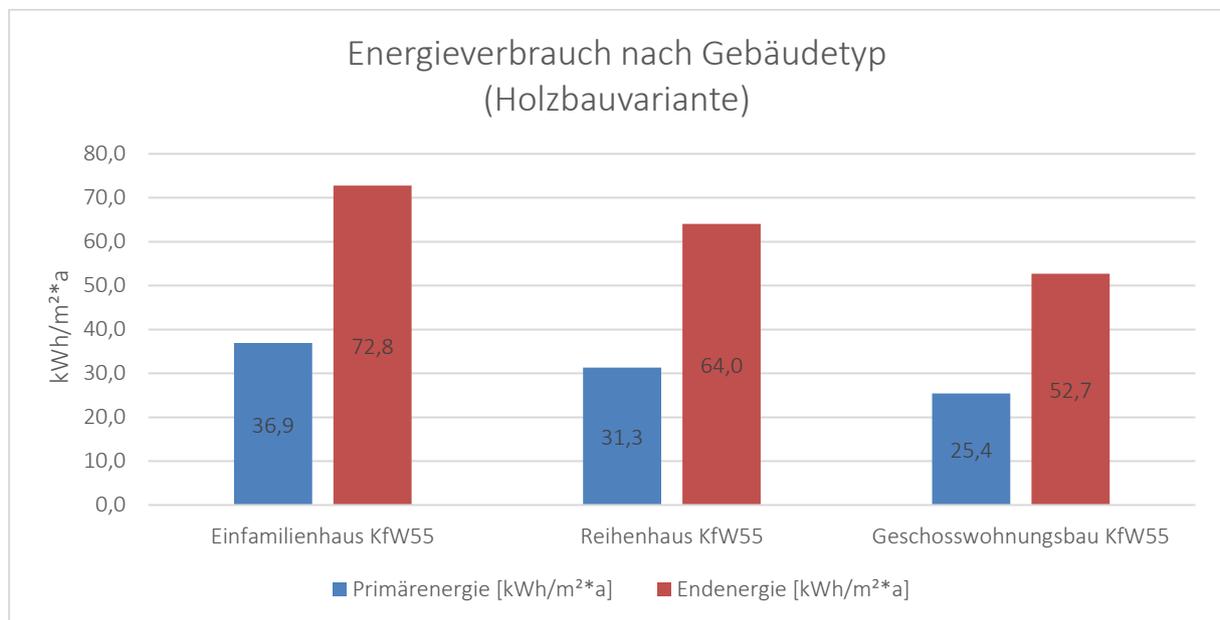


Abbildung 2: Spezifischer Energieverbrauch in kWh/m²a – Gebäudetypen im Vergleich

## Umsetzung der Energiestandards

Für alle Gebäude im Neubaugebiet „N5“ Eggenstein Leopoldshafen ist eine Umsetzung als Effizienzhaus 55 mit wenig Mehraufwand realisierbar. Für vereinzelte Gebäude ist eine Ausführung als EH40plus vergleichsweise leicht machbar. Für das Quartier ist ein Primärenergiefaktor des Wärmenetzes  $fp \leq 0,45$  sinnvoll. Für die Begrenzung der Transmissionswärmeverluste und somit zum Nachweis von  $H't$  wäre für die Effizienzhäuser 40plus gegenüber der GEG und EH55 Variante deutlich mehr Dämmung erforderlich (siehe hierfür auch 8 Ergebnisse der ökobilanziellen Betrachtung). Zudem müssten die Gebäude mit einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, und einer Photovoltaikanlage mit Batteriespeicher ausgestattet sein. Bei den größeren Geschosswohnungsbauten mit vielen Wohneinheiten und einer großen Energiebezugsfläche wären sehr große Flächen für Photovoltaikmodule notwendig.

Tabelle 3 zeigt die benötigten kWp für den jeweiligen Gebäudetyp bei einer Ausführung als Effizienzhaus 40plus.

Tabelle 3: Erforderliche kWp für Beispielhäuser bei KfW40plus Standard

Haustyp	ID	Erforderliche KWp Leistung	ca. Fläche in m <sup>2</sup>
Einfamilienhaus	4DD9	2,5	25
Doppelhaus	4DE3	1,8	18
Reihenhaus	4DF9	2	20
Geschosswohnungsbau	4E08	14	140
Geschosswohnungsbau	4F27	31	310

Zusätzlich zu den oben genannten kW-Peak und einem entsprechenden Batteriespeicher werden wie bereits erwähnt weitere Anforderungen an ein EH40Plus Effizienzhaus gestellt. Im Wesentlichen ist eine Erhöhung der Dämmung der wärmeübertragenden Umfassungsfläche sowie ein geringerer Wärmebrückenzuschlag, ein geringerer Primärenergiefaktor des Nahwärmenetzes und eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung erforderlich. Zur Begrenzung der Umweltwirkung in allen Lebenszyklen eines Gebäudes sollte daher bei einem hochgedämmten Gebäude eine umweltverträgliche Dämmung mit geringem Treibhauspotential verwendet werden. Generell ist es sinnvoll gebäudenah Photovoltaik auch bei den anderen Gebäudestandards vorzusehen.

## 4 Endenergiebedarf des Neubaugebiets

Zur groben Auslegung des Nahwärmenetzes, zur Erstellung eines Energiekonzepts sowie einer ökobilanziellen Bewertung für das Neubauquartier findet sich im Folgenden die Summe der Endenergie auf Basis der vorhergehend erläuterten Energiebedarfsrechnung bestehend aus den fünf Gebäudevarianten mit GEG-, EH55- und EH40Plus-Standard (siehe Übersichtsplan und tabellarische Übersicht auf folgender Seite).

Die Endenergie für Heizwärme und Trinkwarmwasser beträgt für das gesamte Gebiet unter Berücksichtigung aller 771 Wohneinheiten bei GEG-Standard 5.502 MWh/a. Durch die Erhöhung der Dämmstärke gemäß der Anforderung an H't infolge einer Anpassung aller Gebäude auf ein EH55 lässt sich der Endenergiebedarf für das gesamte Gebiet um 712 MWh/a reduzieren. Würde man alle Gebäude als KfW40plus Standard auslegen, läge die Reduktion des Endenergiebedarfs gegenüber einem GEG-Standard für das ganze Quartier bei ca. 2.120 MWh/a. Hier würde der Endenergiebedarf neben der Verringerung der Transmissionswärmeverluste über die Erhöhung der Dämmstärke zudem über eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung reduziert werden.

Tabelle 4: Energie für GEG-Standard im Neubaugebiet

Endenergie für das Quartier nach Bauart - <b>Alle Gebäude als GEG Standard</b>					
	Endenergie ohne Hilfsenergie	Endenergie ohne Hilfsenergie	Davon Trinkwarmwasser	Hilfsenergie	Anwendungsstrombedarf
Einheit	kWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a
<b>Endenergie Bei Holzbauvariante</b>	5.502.499,11	5.502,50	2.087,65	242,84	1.867,58
<b>Endenergie bei Massivbauvariante (KS)</b>	5.544.913,54	5.544,91	2.087,65	243,13	1.867,58

Tabelle 5: Energie für KfW55-Standard im Neubaugebiet

Endenergie für das Quartier nach Bauart - <b>Alle Gebäude als KfW EFH 55 Standard</b>					
	Endenergie ohne Hilfsenergie	Endenergie ohne Hilfsenergie	Davon Trinkwarmwasser	Hilfsenergie	Anwendungsstrombedarf
Einheit	kWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a
<b>Endenergie bei Holzbauvariante</b>	4.790.850,59	4.790,85	2.087,65	242,84	1.867,58
<b>Endenergie bei Massivbauvariante (KS)</b>	4.810.753,68	4.810,75	2.087,65	243,13	1.867,58

Tabelle 6: Energie für KfW40plus-Standard im Neubaugebiet

Endenergie für das Quartier nach Bauart - <b>Alle Gebäude als KfW EFH40Plus</b>					
	Endenergie ohne Hilfsenergie	Endenergie ohne Hilfsenergie	Davon Trinkwarmwasser	Hilfsenergie	Anwendungsstrombedarf
Einheit	kWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a	MWh/a
<b>Endenergie bei Holzbauvariante</b>	3.382.533,58	3.382,53	2.087,65	463,58	1.867,58
<b>Endenergie bei Massivbauvariante (KS)</b>	3.390.983,34	3.390,98	2.087,65	462,70	1.867,58

## 5 Förderung

Seit dem 01.07.2021 können Förderkredite und Zuschüsse der „Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)“ beantragt werden.

Effizienzhaus	Tilgungszuschuss in % je Wohneinheit	Betrag je Wohneinheit
Effizienzhaus 40 Plus	25 % von maximal 150.000 Euro Kreditbetrag / förderfähigen Kosten	bis zu 37.500 Euro
Effizienzhaus 40 (Erneuerbare-Energien-Klasse* oder Nachhaltigkeits-Klasse)	22,5 % von maximal 150.000 Euro Kreditbetrag / förderfähigen Kosten	bis zu 33.750 Euro
Effizienzhaus 55	15 % von maximal 120.000 Euro Kreditbetrag / förderfähigen Kosten	bis zu 18.000 Euro
Effizienzhaus 55 (Erneuerbare-Energien-Klasse* oder Nachhaltigkeits-Klasse)	17,5 % von maximal 150.000 Euro Kreditbetrag / förderfähigen Kosten	bis zu 26.250 Euro

\*Die Förderung der „Erneuerbaren-Energie-Klasse“ kann in Anspruch genommen werden, wenn durch das eingebaute Heizsystem der Energiebedarf des Gebäudes zu mindestens 55% über erneuerbare Energien gedeckt wird.

\*\* Die Förderung der „Nachhaltigkeitsklasse“ kann in Anspruch genommen werden, wenn für den Neubau ein Nachhaltigkeitszertifikat ausgestellt wird.

## 6 Bauteile

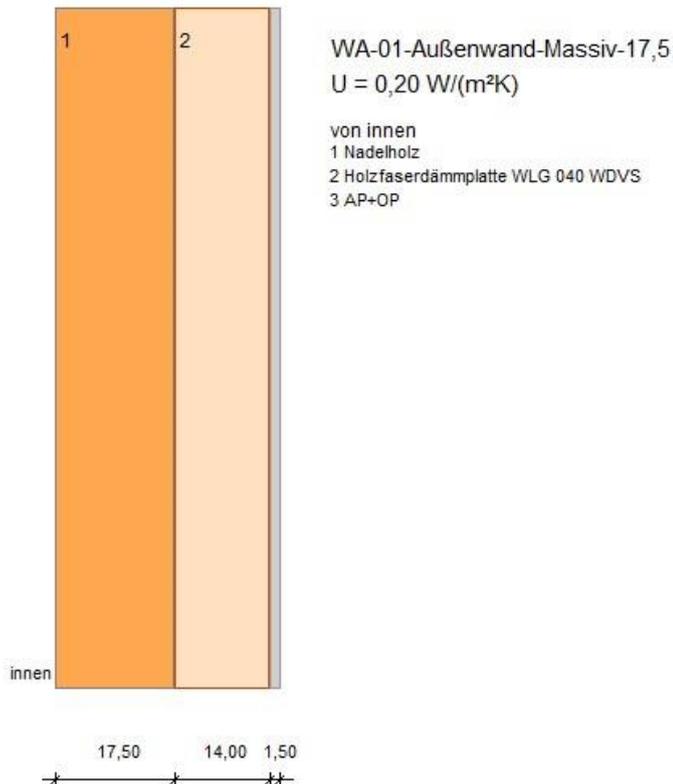
Im Folgenden finden sich die für die Energiebedarfsrechnung und die ökobilanzielle Betrachtung angesetzten Bauteile. Für die Berechnung der Energiebedarfe und der Einschätzung des Energiestandards ist die thermische Qualität der Bauteile maßgebend. Bei der ökobilanziellen Betrachtung ist die Materialität sowie der Endenergiebedarf ausschlaggebend, um die Umweltwirkung eines Gebäudes über den gesamten Lebenszyklus abzubilden. Für etwas genauere Erläuterung zur Bewertung der umweltbezogenen Qualität siehe hierfür Punkt 7 Grundlagen und Methodik von Ökobilanzen sowie 8 Ergebnisse der ökobilanziellen Betrachtung. Die Darstellung der Bauteile erfolgt nach Bauweise und Energiestandard. Im Wesentlichen sind für höhere Energiestandards nur die Dämmstärken angepasst.

Schwerpunkt dieser Betrachtung ist die thermische Qualität und Materialität - Anpassung des Tragwerks aufgrund von statischen Berechnungen wurden nicht betrachtet und können vernachlässigt werden.

## 6.1 Holzbauvariante für GEG Standard

### Bauteilquerschnitt

Bauteil: WA 01 – Außenwand Massiv 17,5



Bauteiltyp "Außenwand"  
 mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

#### Querschnitt

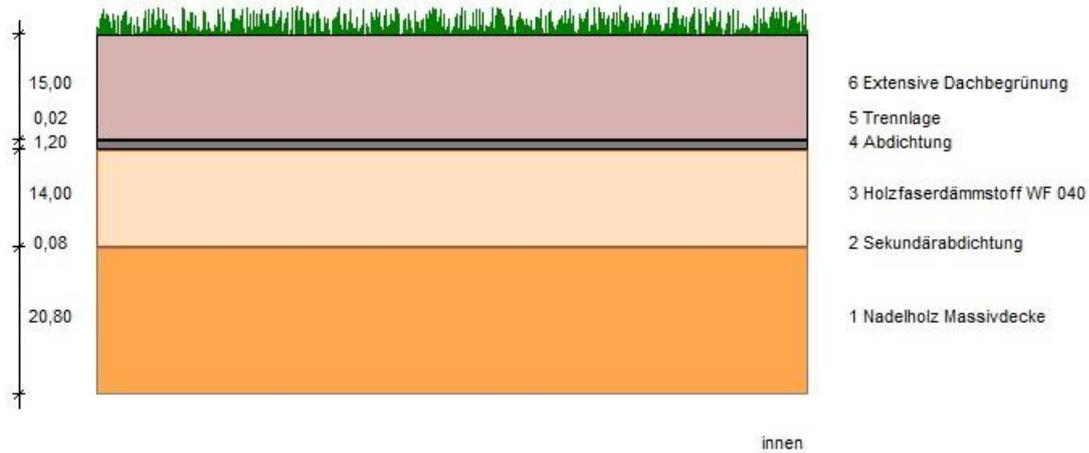
von innen	s cm	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	$\lambda$ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W
$R_{si}$					0,130
01 Nadelholz	17,50	600	105,0	0,130	1,346
02 Holzfaserdämmplatte WLG 040 WDVS	14,00	160	22,4	0,040	3,500
03 AP+OP	1,50	1800	27,0	1,000	0,015
$R_{se}$					0,040
d = 33,00    G = 154,4 $R_T = 5,03$					

#### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,199 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (ohne Korrekturen)

## Bauteilquerschnitt

### Bauteil: DA 01 – Flachdach Holzkonstruktion Massiv



DA-01-Flachdach-Holzkonstruktion-Massiv  
U = 0,19 W/(m<sup>2</sup>K)

### Bauteiltyp "Dachdecke"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>K/W

### Querschnitt

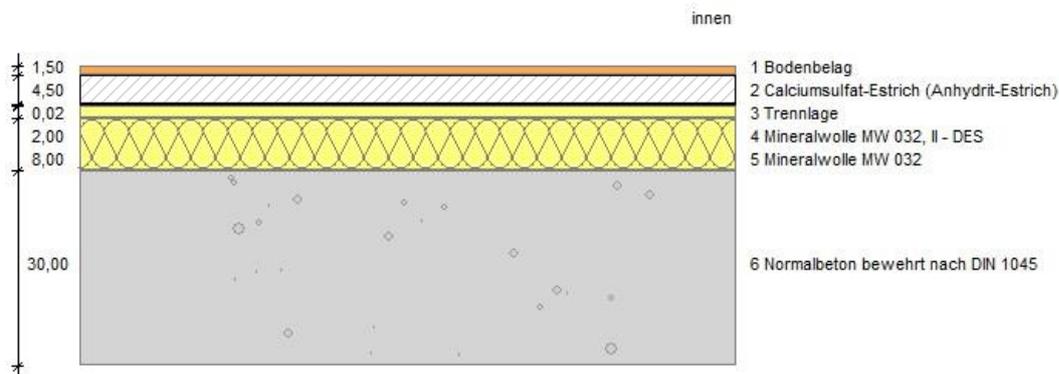
von innen	s cm	ρ kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	λ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W
$R_{si}$					0,100
01 Nadelholz Massivdecke	20,80	600	124,8	0,130	1,600
02 Sekundärabdichtung	0,08	-	-	-	-
03 Holzfaserdämmstoff WF 040	14,00	160	22,4	0,040	3,500
04 Abdichtung	1,20	-	-	-	-
05 Trennlage	0,02	-	-	-	-
06 Extensive Dachbegrünung	15,00	-	-	-	-
$R_{se}$					0,040
d = 51,10      G = 147,2 $R_T = 5,24$					

### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,191 W/(m<sup>2</sup>K)** (ohne Korrekturen)

## Bauteilquerschnitt

Bauteil: DA 02 - Decke nach unten gegen unbeheizt



DA 02 - Decke nach unten gegen unbeheizt  
 $U = 0,27 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Bauteiltyp "Kellerdecke"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

### Querschnitt

von innen	s cm	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	$\lambda$ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W	
$R_{si}$					0,170	
01 Bodenbelag	1,50	600	9,0	0,130	0,115	
02 Calciumsulfat-Estrich (Anhydrit-	4,50	2100	94,5	1,200	0,037	
03 Trennlage	0,02	-	-	-	-	
04 Mineralwolle MW 032, II - DES	2,00	30	3,0	0,032	0,625	
05 Mineralwolle MW 032	8,00	20	1,6	0,032	2,500	
06 Normalbeton bewehrt nach DIN 104	30,00	2400	720,0	2,100	0,143	
$R_{se}$					0,170	
d = 46,02					G = 828,1	
					$R_T = 3,76$	

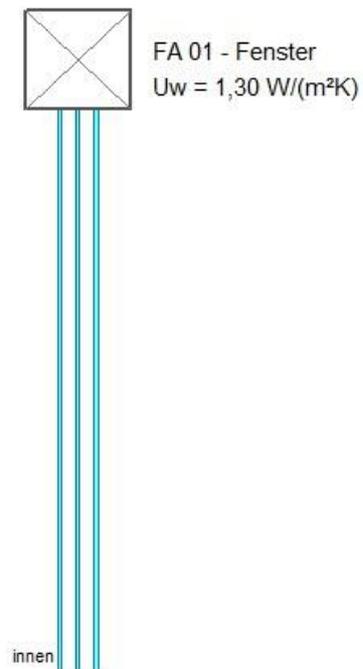
### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,266 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (ohne Korrekturen)

## Bauteilquerschnitt

Anmerkung: Holzfenster mit Dreifachverglasung

Bauteil: FA 01 - Fenster



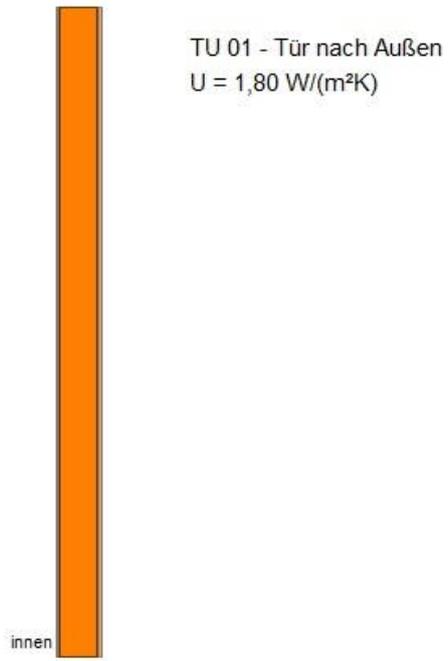
Bauteiltyp "Fenster"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 1,300 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (manuell festgelegt)  
(Fenster mit  $A_g = 70\%$  Verglasung, Energiedurchlassgrad  $g = 53\%$ , Lichttransmissionsgrad  $t_{D65} = 0,72$ )

## Bauteilquerschnitt

Bauteil: TU 01 - Tür nach Außen



Bauteiltyp "Sonstiges Bauteil"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{\text{si}} = 0,13$  und  $R_{\text{se}} = 0,13 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

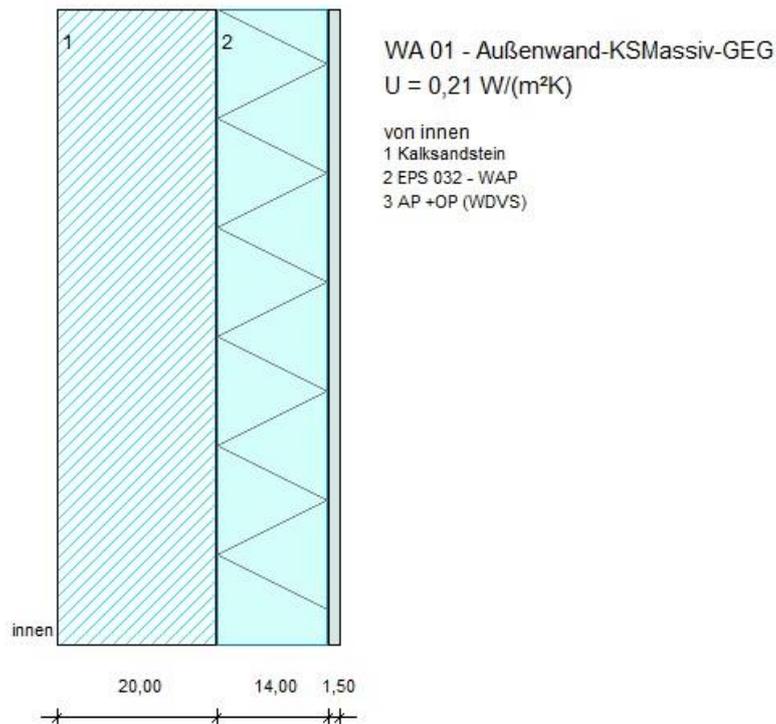
### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 1,800 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (manuell festgelegt)

## 6.2 Massivbauvariante für GEG Standard

### Bauteilquerschnitt

Bauteil: WA 01 – Außenwand Massiv 17,5



Bauteiltyp "Außenwand"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04$  m²K/W

#### Querschnitt

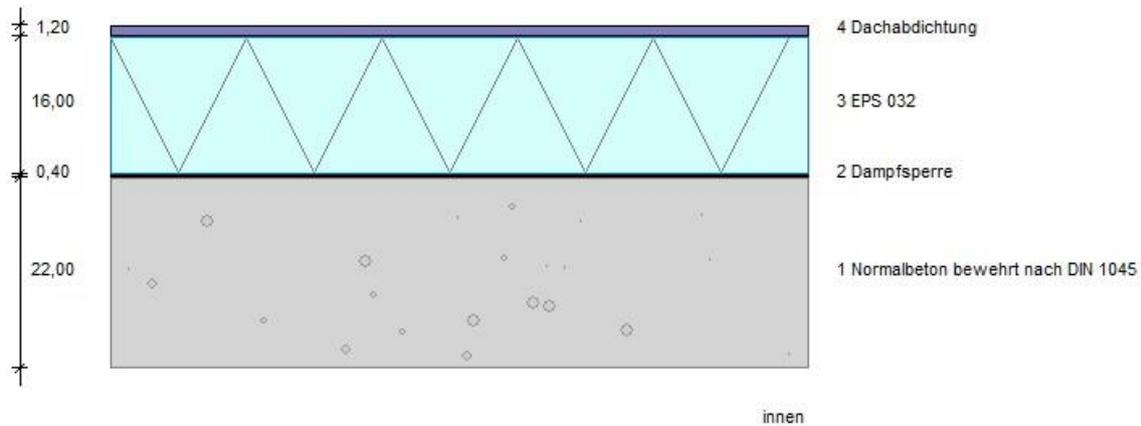
von innen	s cm	$\rho$ kg/m³	kg/m²	$\lambda$ W/(mK)	R m²K/W
$R_{si}$					0,130
01 Kalksandstein	20,00	1800	360,0	1,300	0,154
02 EPS 032 - WAP	14,00	20	2,8	0,032	4,375
03 AP+OP	1,50	1300	19,5	1,000	0,015
$R_{se}$					0,040
d = 35,00      G = 375,8 $R_T = 4,71$					

#### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,212 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

## Bauteilquerschnitt

### Bauteil: DA 01 – Flachdach Holzkonstruktion Massiv



DA 01 - Flachdach  
U = 0,19 W/(m²K)

Bauteiltyp "Dachdecke"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,04$  m²K/W

### Querschnitt

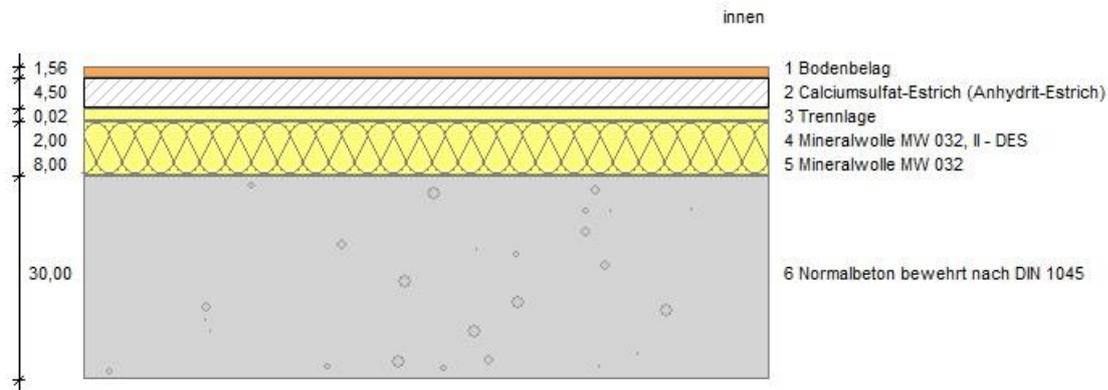
von innen	s cm	$\rho$ kg/m³	kg/m²	$\lambda$ W/(mK)	R m²K/W
$R_{si}$					0,100
01 Normalbeton bewehrt nach DIN 104	22,00	2400	528,0	2,300	0,096
02 Dampfsperre	0,40	-	-	-	-
03 EPS 032	16,00	20	3,2	0,032	5,000
04 Dachabdichtung	1,20	-	-	-	-
$R_{se}$					0,040
d = 39,60      G = 531,2 $R_T = 5,24$					

### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,191 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

## Bauteilquerschnitt

Bauteil: DA 02 - Decke nach unten gegen unbeheizt



DA 02 - Decke nach unten gegen unbeheizt  
 $U = 0,27 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteiltyp "Kellerdecke"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

von innen	s cm	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	$\lambda$ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W	
$R_{si}$					0,170	
01 Bodenbelag	1,50	600	9,0	0,130	0,115	
02 Calciumsulfat-Estrich (Anhydrit-	4,50	2100	94,5	1,200	0,037	
03 Trennlage	0,02	-	-	-	-	
04 Mineralwolle MW 032, II - DES	2,00	30	3,0	0,032	0,625	
05 Mineralwolle MW 032	8,00	20	1,6	0,032	2,500	
06 Normalbeton bewehrt nach DIN 104	30,00	2400	720,0	2,100	0,143	
$R_{se}$					0,170	
d = 48,02					G = 863,6	
					$R_T = 3,77$	

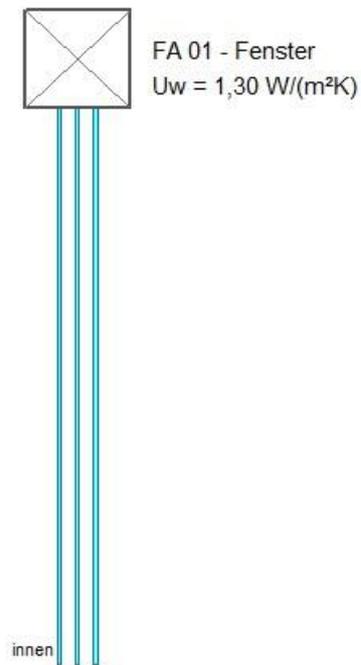
### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,266 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (ohne Korrekturen)

## Bauteilquerschnitt

Anmerkung: Kunststofffenster mit Dreifachverglasung

Bauteil: FA 01 - Fenster



Bauteiltyp "Fenster"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

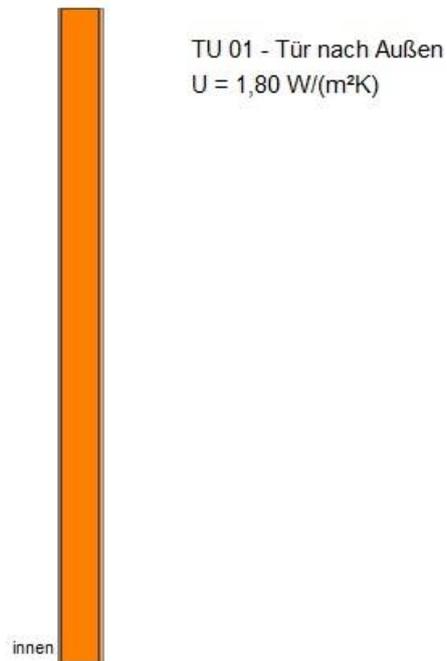
### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 1,300 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (manuell festgelegt)

(Fenster mit  $A_g = 70\%$  Verglasung, Energiedurchlassgrad  $g = 53\%$ , Lichttransmissionsgrad  $t_{D65} = 0,72$ )

## Bauteilquerschnitt

Bauteil: TU 01 - Tür nach Außen



Bauteiltyp "Sonstiges Bauteil"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

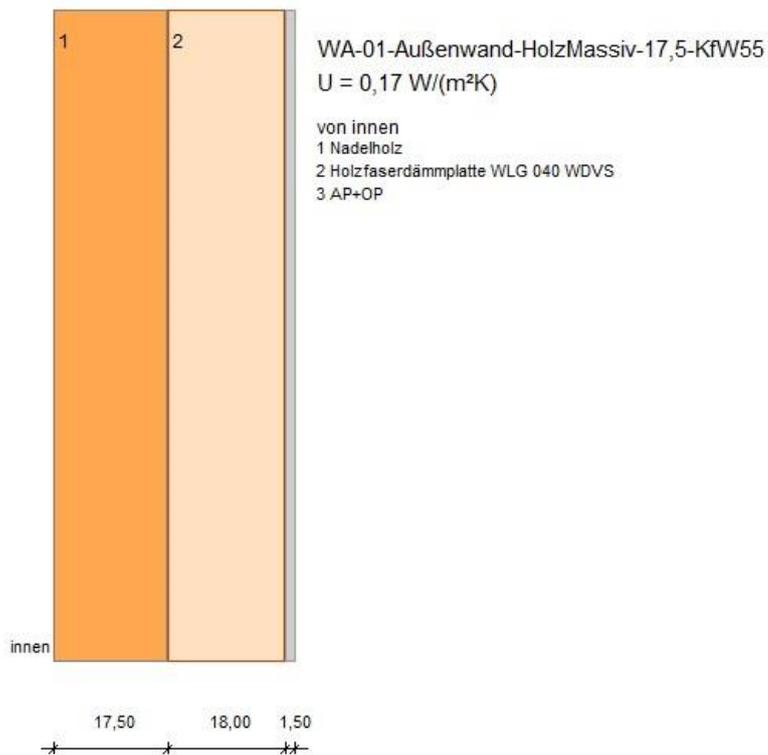
### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 1,800 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (manuell festgelegt)

## 6.3 Holzbauvariante für KfW55 Standard

### Bauteilquerschnitt

Bauteil: WA 01 – Außenwand Massiv 17,5



Bauteiltyp "Außenwand"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04$  m²K/W

#### Querschnitt

von innen	s cm	$\rho$ kg/m³	kg/m²	$\lambda$ W/(mK)	R m²K/W
$R_{si}$					0,130
01 Nadelholz	17,50	600	105,0	0,130	1,346
02 Holzfaserdämmplatte WLG 040 WDVS	18,00	160	28,8	0,040	4,500
03 organisch gebundener Putz	1,50	1800	27,0	1,000	0,007
$R_{se}$					0,040
d = 36,20      G = 146,4 $R_T = 6,02$					

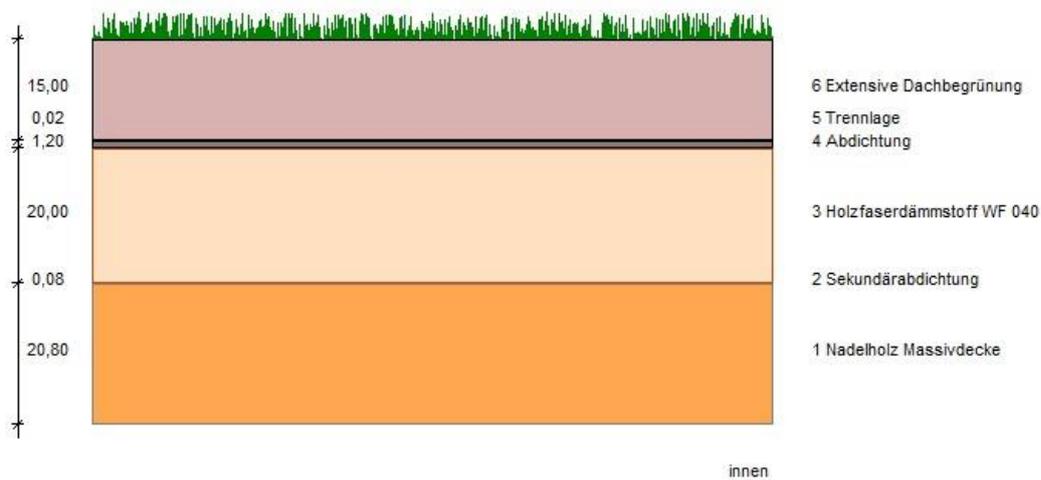
#### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,166 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

## Bauteilquerschnitt

Projekt 2021-03-17-JAGR-Doppelhaus-ID-4DE3-Holz-GEG-Ohne\_Zusatzaufheizung\_mit\_Absenkung

### Bauteil: DA 01 – Flachdach Holzkonstruktion Massiv



DA-01-Flachdach-Holzkonstruktion-Massiv  
U = 0,15 W/(m<sup>2</sup>K)

### Bauteiltyp "Dachdecke"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>K/W

### Querschnitt

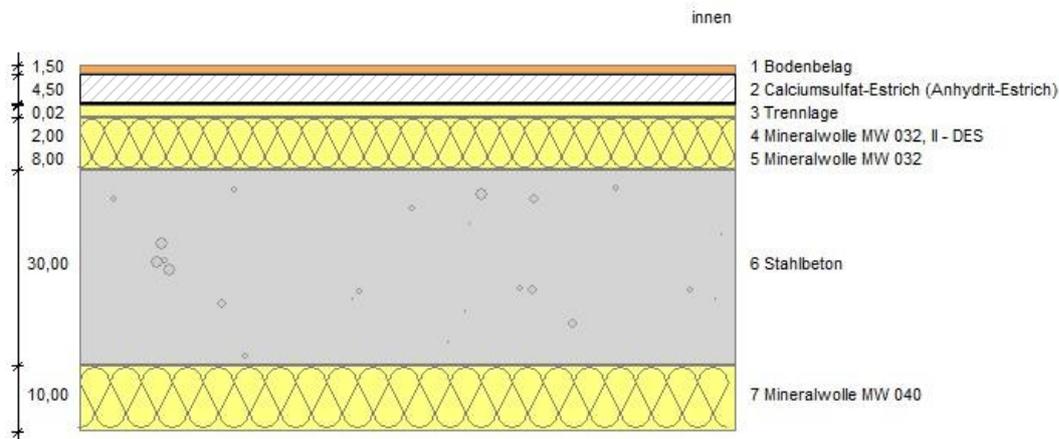
von innen	s cm	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$\lambda$ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W	
$R_{si}$				0,100	
01 Nadelholz Massivdecke	20,80	600	0,130	1,600	
02 Sekundärabdichtung	0,08	-	-	-	
03 Holzfaserdämmstoff WF 040	20,00	160	0,040	5,000	
04 Abdichtung	1,20	-	-	-	
05 Trennlage	0,02	-	-	-	
06 Extensive Dachbegrünung	15,00	-	-	-	
$R_{se}$				0,040	
d = 57,10				G = 156,8	$R_T = 6,74$

### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,148 W/(m<sup>2</sup>K)** (ohne Korrekturen)

## Bauteilquerschnitt

Bauteil: DA 02 - Decke nach unten gegen unbeheizt



DA 02 - Decke nach unten gegen unbeheizt  
 $U = 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Bauteiltyp "Kellerdecke"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

### Querschnitt

von innen	s cm	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	$\lambda$ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W
$R_{si}$					0,170
01 Bodenbelag	1,50	600	9,0	0,130	0,115
02 Calciumsulfat-Estrich (Anhydrit-	4,50	2100	94,5	1,200	0,037
03 Trennlage	0,02	-	-	-	-
04 Mineralwolle MW 032, II - DES	2,00	30	3,0	0,032	0,625
05 Mineralwolle MW 032	8,00	20	1,6	0,032	2,500
06 Normalbeton bewehrt nach DIN 104	30,00	2400	720,0	2,100	0,143
07 Mineralwolle MW 040	10,00	30	3,0	0,040	2,500
$R_{se}$					0,170
d = 56,08      G = 829,9 $R_T = 6,27$					

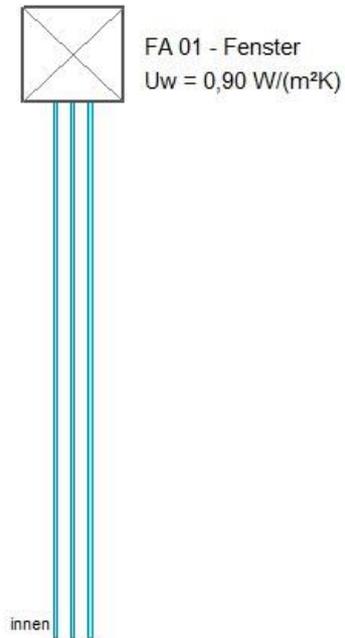
### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,160 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (ohne Korrekturen)

## Bauteilquerschnitt

Anmerkung: Holzfenster mit Dreifachverglasung

Bauteil: FA 01 - Fenster



Bauteiltyp "Fenster"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

$U_w = - \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  wird für die weiteren Berechnungen angenommen

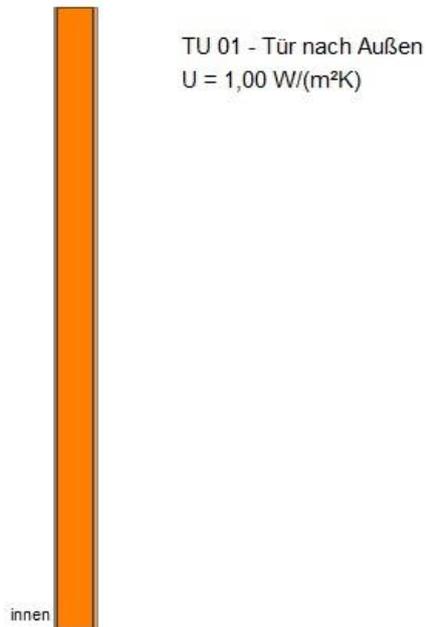
### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,900 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (manuell festgelegt)

(Fenster mit  $A_g = 70\%$  Verglasung, Energiedurchlassgrad  $g = 53\%$ , Lichttransmissionsgrad  $t_{D65} = 0,72$ )

## Bauteilquerschnitt

Bauteil: TU 01 - Tür nach Außen



Bauteiltyp "Sonstiges Bauteil"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

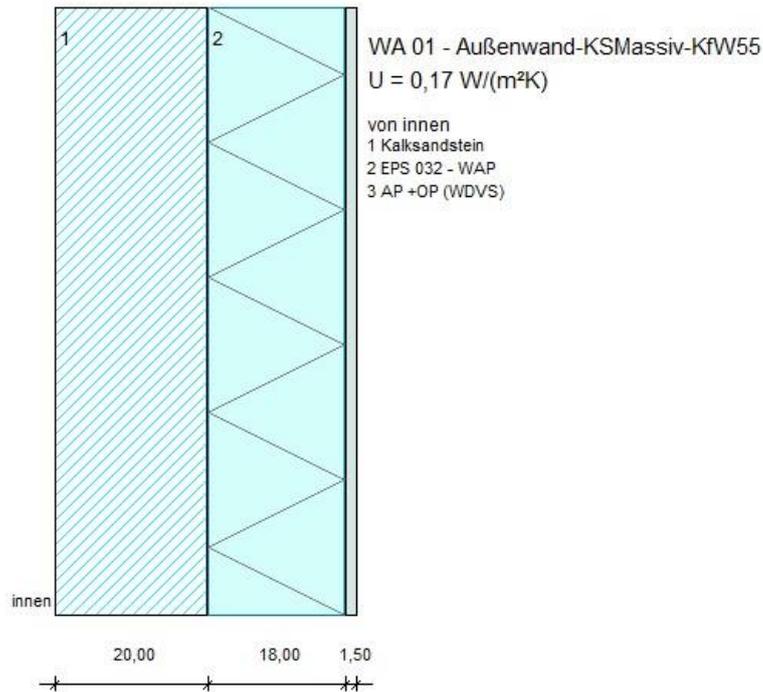
### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 1,000 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (manuell festgelegt)

## 6.4 Massivbauvariante für KfW55 Standard

### Bauteilquerschnitt

Bauteil: WA 01 – Außenwand Massiv 17,5



Bauteiltyp "Außenwand"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04$  m²K/W

### Querschnitt

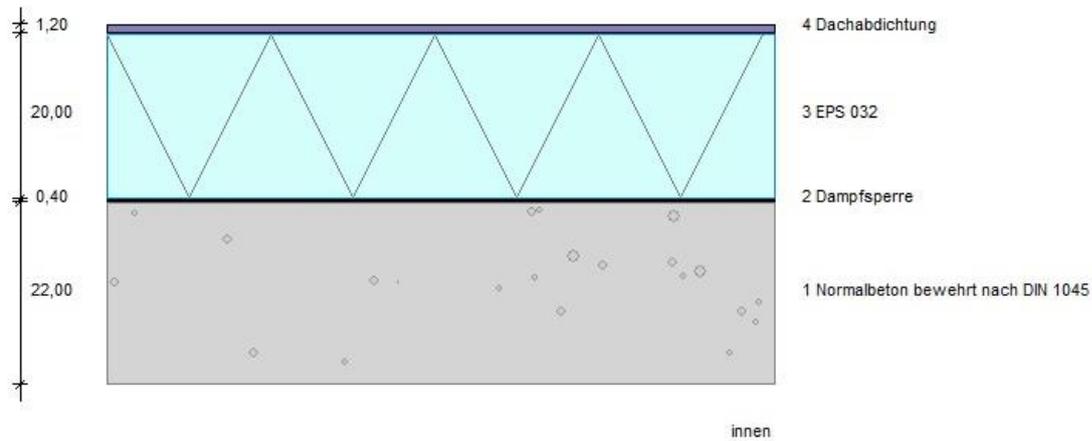
von innen	s cm	$\rho$ kg/m³	kg/m²	$\lambda$ W/(mK)	R m²K/W	
$R_{si}$					0,130	
01 Kalksandstein	20,00	1800	360,0	1,300	0,154	
02 EPS 032 - WAP	18,00	20	3,6	0,032	5,625	
03 AP +OP (WDVS)	1,50	1300	19,5	0,870	0,011	
$R_{se}$					0,040	
d = 39,00					G = 376,6	$R_T = 5,96$

### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,168 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

## Bauteilquerschnitt

### Bauteil: DA-01-Flachdach-Holzkonstruktion-Massiv



DA 01 - Flachdach  
U = 0,15 W/(m<sup>2</sup>K)

### Bauteiltyp "Dachdecke"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>K/W

### Querschnitt

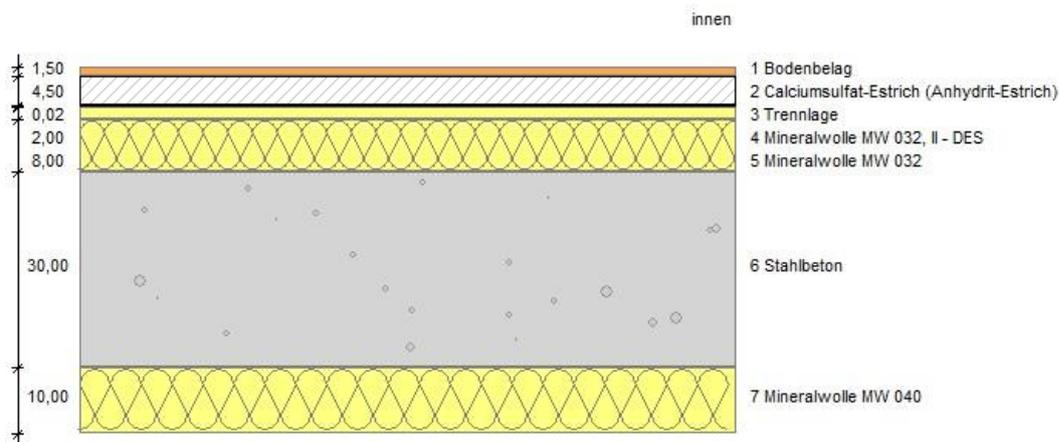
von innen	s cm	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	$\lambda$ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W	
$R_{si}$					0,100	
01 Normalbeton bewehrt nach DIN 104	22,00	2400	528,0	2,300	0,096	
02 Dampfsperre	0,40	-	-	-	-	
03 EPS 032	20,00	20	4,0	0,032	6,250	
04 Dachabdichtung	1,20	-	-	-	-	
$R_{se}$					0,040	
d = 43,60					G = 532,0	$R_T = 6,49$

### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,154 W/(m<sup>2</sup>K)** (ohne Korrekturen)

## Bauteilquerschnitt

Bauteil: DA 02 - Decke nach unten gegen unbeheizt



DA 02 - Decke nach unten gegen unbeheizt  
 $U = 0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Bauteiltyp "Kellerdecke"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

### Querschnitt

von innen	s cm	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	$\lambda$ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W	
$R_{si}$					0,170	
01 Bodenbelag	1,50	600	9,0	0,130	0,115	
02 Calciumsulfat-Estrich (Anhydrit-	4,50	2100	94,5	1,200	0,037	
03 Trennlage	0,02	-	-	-	-	
04 Mineralwolle MW 032, II - DES	2,00	30	3,0	0,032	0,625	
05 Mineralwolle MW 032	8,00	20	1,6	0,032	2,500	
06 Normalbeton bewehrt nach DIN 104	30,00	2400	720,0	2,100	0,143	
07 Mineralwolle MW 040	10,00	30	3,0	0,040	2,500	
$R_{se}$					0,170	
d = 56,08					G = 829,9	$R_T = 6,27$

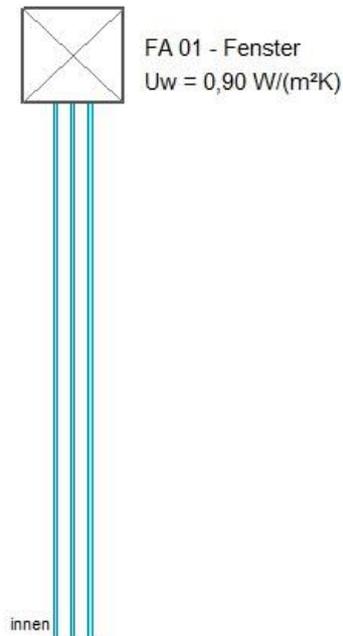
### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,160 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (ohne Korrekturen)

## Bauteilquerschnitt

Anmerkung: Kunststofffenster mit Dreifachverglasung

Bauteil: FA 01 - Fenster



Bauteiltyp "Fenster"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

$U_w = - \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  wird für die weiteren Berechnungen angenommen

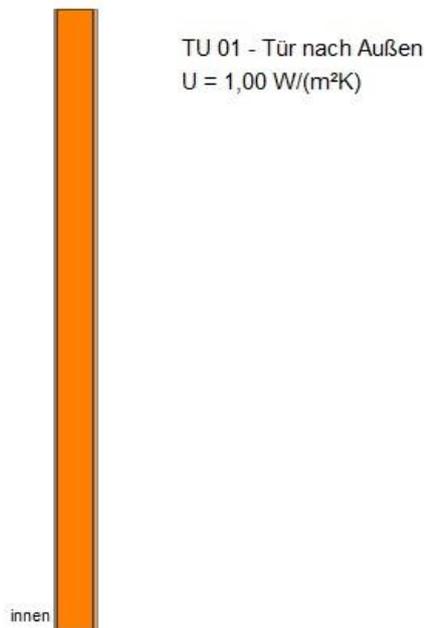
### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,900 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (manuell festgelegt)

(Fenster mit  $A_g = 70\%$  Verglasung, Energiedurchlassgrad  $g = 53\%$ , Lichttransmissionsgrad  $t_{D65} = 0,72$ )

## Bauteilquerschnitt

### Bauteil: TU 01 - Tür nach Außen



Bauteiltyp "Sonstiges Bauteil"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{\text{si}} = 0,13$  und  $R_{\text{se}} = 0,13 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

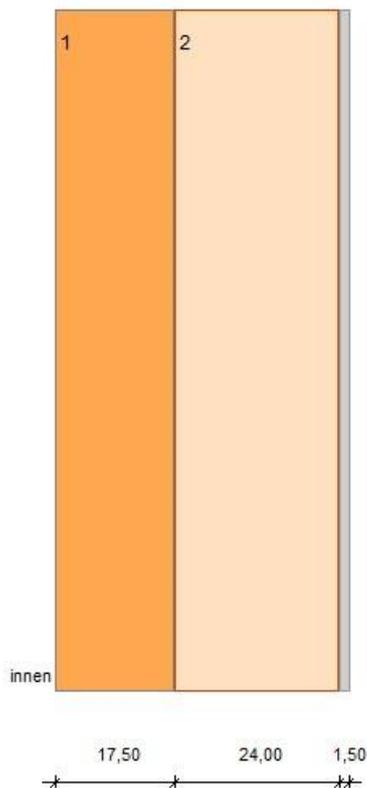
### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 1,000 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (manuell festgelegt)

## 6.5 Holzbauvariante als KfW40Plus Standard

### Bauteilquerschnitt

Bauteil: WA-01-Außenwand-Massiv-17,5



WA-01-Außenwand-HolzMassiv-17,5-KfW40plus  
U = 0,13 W/(m<sup>2</sup>K)

von innen  
1 Nadelholz  
2 Holzfaserdämmplatte WLG 040 WDVS  
3 AP+OP

Bauteiltyp "Außenwand"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>K/W

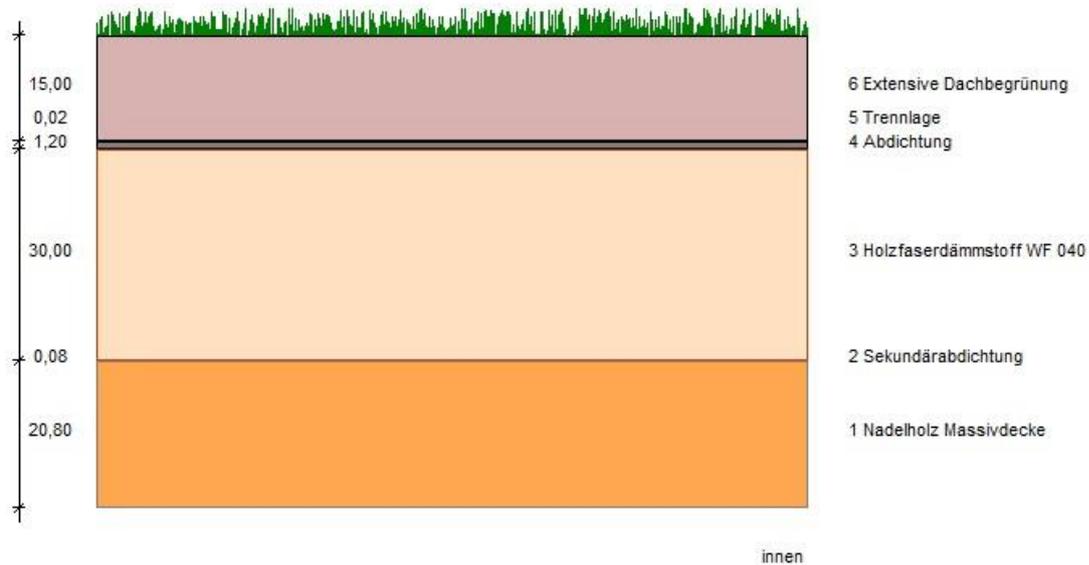
von innen	s cm	ρ kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	λ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W
$R_{si}$					0,130
01 Nadelholz	17,50	600	105,0	0,130	1,346
02 Holzfaserdämmplatte WLG 040 WDVS	24,00	160	38,4	0,040	6,000
03 organisch gebundener Putz	1,50	1800	27,0	1,000	0,007
$R_{se}$					0,040
d = 42,20      G = 156,0 $R_T = 7,52$					

### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,133 W/(m<sup>2</sup>K)** (ohne Korrekturen)

## Bauteilquerschnitt

### Bauteil: DA-01-Flachdach-Holzkonstruktion-Massiv



DA-01-Flachdach-Holzkonstruktion-Massiv  
 $U = 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

### Bauteiltyp "Dachdecke"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

### Querschnitt

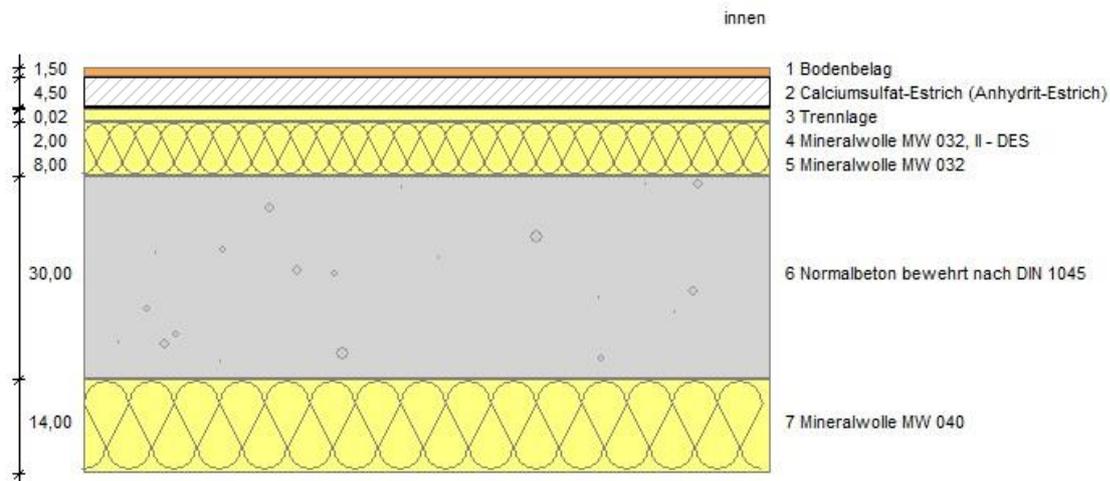
von innen	s cm	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	$\lambda$ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W	
$R_{si}$					0,100	
01 Nadelholz Massivdecke	20,80	600	124,8	0,130	1,600	
02 Sekundärabdichtung	0,08	-	-	-	-	
03 Holzfaserdämmstoff WF 040	30,00	160	48,0	0,040	7,500	
04 Abdichtung	1,20	-	-	-	-	
05 Trennlage	0,02	-	-	-	-	
06 Extensive Dachbegrünung	15,00	-	-	-	-	
$R_{se}$					0,040	
d = 67,10					G = 172,8	
					$R_T = 9,24$	

### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,108 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (ohne Korrekturen)

## Bauteilquerschnitt

Bauteil: DA 02 - Decke nach unten gegen unbeheizt



DA 02 - Decke nach unten gegen unbeheizt

$U = 0,14 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteiltyp "Kellerdecke"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$

## Querschnitt

von innen	s cm	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	$\lambda$ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W
$R_{si}$					0,170
01 Bodenbelag	1,50	600	9,0	0,130	0,115
02 Calciumsulfat-Estrich (Anhydrit-	4,50	2100	94,5	1,200	0,037
03 Trennlage	0,02	-	-	-	-
04 Mineralwolle MW 032, II - DES	2,00	30	3,0	0,032	0,625
05 Mineralwolle MW 032	8,00	20	1,6	0,032	2,500
06 Normalbeton bewehrt nach DIN 104	30,00	2400	720,0	2,100	0,143
07 Mineralwolle MW 040	14,00	30	3,0	0,040	3,500
$R_{se}$					0,170
d = 56,08      G = 829,9 $R_T = 6,27$					

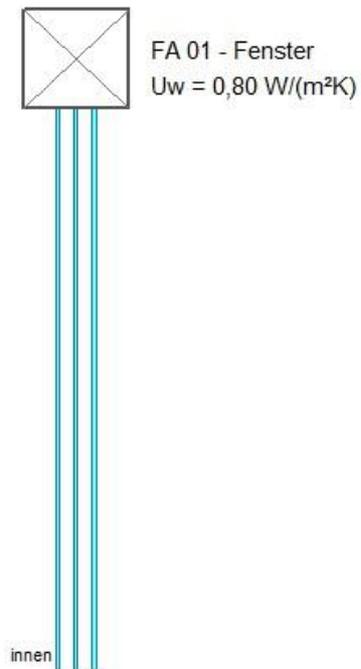
## Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,138 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (ohne Korrekturen)

## Bauteilquerschnitt

Anmerkung: Holzfenster mit Dreifachverglasung

Bauteil: FA 01 - Fenster



Bauteiltyp "Fenster"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

$U_w = - \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  wird für die weiteren Berechnungen angenommen

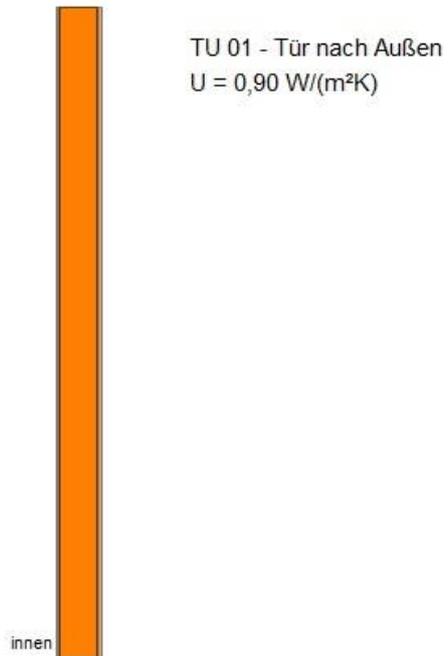
### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,800 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (manuell festgelegt)

(Fenster mit  $A_g = 70\%$  Verglasung, Energiedurchlassgrad  $g = 53\%$ , Lichttransmissionsgrad  $t_{D65} = 0,72$ )

## Bauteilquerschnitt

Bauteil: TU 01 - Tür nach Außen



Bauteiltyp "Sonstiges Bauteil"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{\text{Si}} = 0,13$  und  $R_{\text{Se}} = 0,13 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

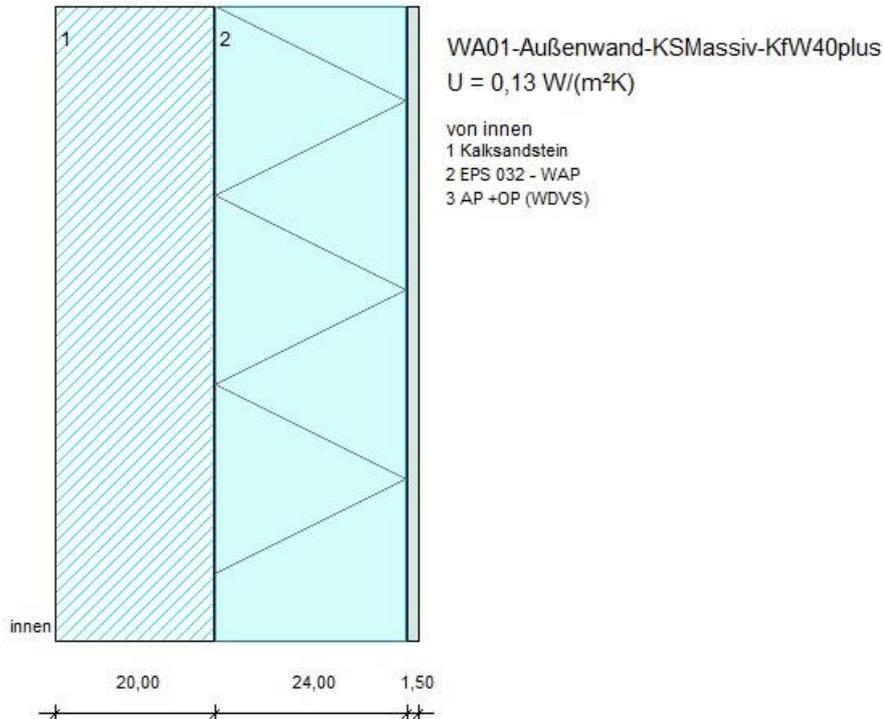
### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,900 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (manuell festgelegt)

## 6.6 Massivbauvariante als KfW40Plus Standard

### Bauteilquerschnitt

Bauteil: WA 01 – Außenwand Massiv 17,5



Bauteiltyp "Außenwand"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04$  m²K/W

### Querschnitt

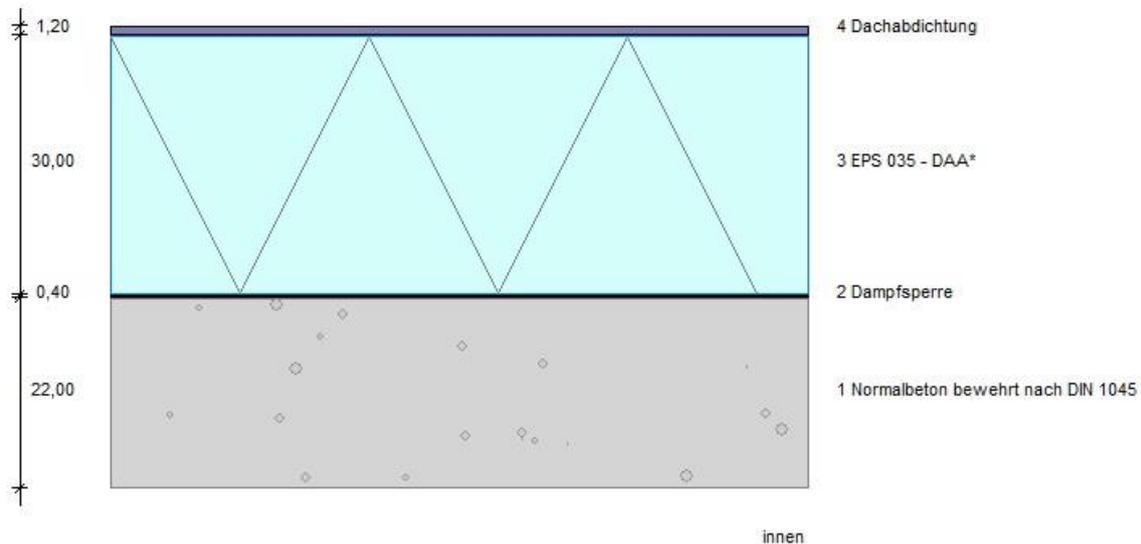
von innen	s cm	$\rho$ kg/m³	kg/m²	$\lambda$ W/(mK)	R m²K/W
$R_{si}$					0,130
01 Kalksandstein	20,00	1800	360,0	1,300	0,154
02 EPS 032 - WAP	24,00	20	4,8	0,032	7,500
03 AP +OP (WDVS)	1,50	1300	19,5	0,870	0,011
$R_{se}$					0,040
d = 45,00      G = 377,8 $R_T = 7,84$					

### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,128 W/(m²K)** (ohne Korrekturen)

## Bauteilquerschnitt

### Bauteil: DA-01-Flachdach-Holzkonstruktion-Massiv



DA 01 - Flachdach  
U = 0,11 W/(m<sup>2</sup>K)

### Bauteiltyp "Dachdecke"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>K/W

### Querschnitt

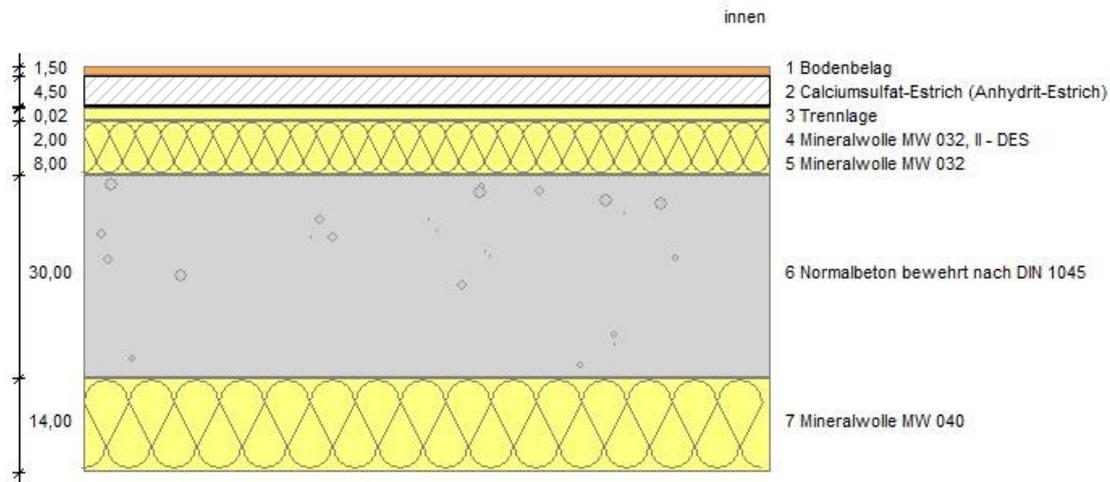
von innen	s cm	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	$\lambda$ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W	
$R_{si}$					0,100	
01 Normalbeton bewehrt nach DIN 104	22,00	2400	528,0	2,300	0,096	
02 Dampfsperre	0,40	-	-	-	-	
03 EPS 035 - DAA*	30,00	30	9,0	0,035	8,571	
04 Dachabdichtung	1,20	-	-	-	-	
$R_{se}$					0,040	
d = 53,60					G = 537,0	
					$R_T = 8,81$	

### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient U = 0,114 W/(m<sup>2</sup>K) (ohne Korrekturen)

## Bauteilquerschnitt

Bauteil: DA 02 - Decke nach unten gegen unbeheizt



DA 02 - Decke nach unten gegen unbeheizt  
 $U = 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Bauteiltyp "Kellerdecke"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

## Querschnitt

von innen	s cm	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	$\lambda$ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W
$R_{si}$					0,170
01 Bodenbelag	1,50	600	9,0	0,130	0,115
02 Calciumsulfat-Estrich (Anhydrit-	4,50	2100	94,5	1,200	0,037
03 Trennlage	0,02	-	-	-	-
04 Mineralwolle MW 032, II - DES	2,00	30	3,0	0,032	0,625
05 Mineralwolle MW 032	8,00	20	1,6	0,032	2,500
06 Normalbeton bewehrt nach DIN 104	30,00	2400	720,0	2,100	0,143
07 Mineralwolle MW 040	14,00	30	3,0	0,040	3,500
$R_{se}$					0,170
d = 56,08      G = 829,9 $R_T = 6,27$					

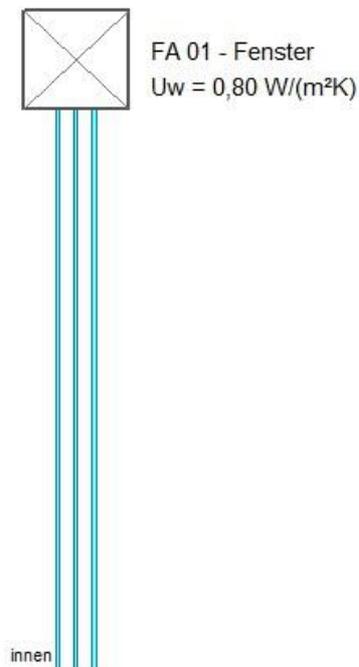
## Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,138 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (ohne Korrekturen)

## Bauteilquerschnitt

Anmerkung: Kunststofffenster mit Dreifachverglasung

Bauteil: FA 01 - Fenster



Bauteiltyp "Fenster"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

$U_w = - \text{ W/(m}^2\text{K)}$  wird für die weiteren Berechnungen angenommen

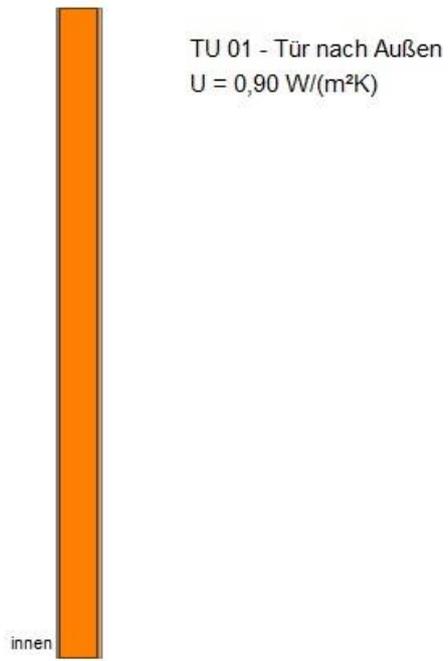
### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,800 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (manuell festgelegt)

(Fenster mit  $A_g = 70\%$  Verglasung, Energiedurchlassgrad  $g = 53\%$ , Lichttransmissionsgrad  $t_{D65} = 0,72$ )

## Bauteilquerschnitt

Bauteil: TU 01 - Tür nach Außen



Bauteiltyp "Sonstiges Bauteil"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

### Wärmedurchgangskoeffizient

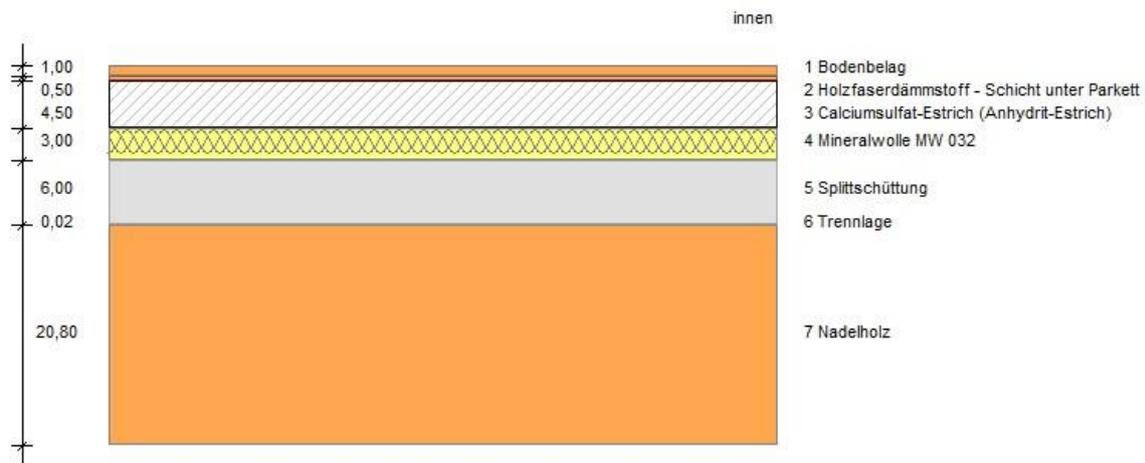
Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,900 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (manuell festgelegt)

## 6.7 DE01-Trenndecke-Holzbau

**Anmerkung:** Wärmedurchgangskoeffizient nicht relevant

### Bauteilquerschnitt

Bauteil: DE01-Trenndecke-Holzbau



DE01-Trenndecke-Holzbau  
 $U = 0,32 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Bauteiltyp "Wohnungstrenndecke nach unten"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

### Querschnitt

von innen	s cm	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	$\lambda$ W/(mK)	R m <sup>2</sup> K/W
$R_{si}$					0,170
01 Bodenbelag	1,00	600	6,0	0,130	-
02 Holzfaserdämmstoff - Schicht unt	0,50	160	0,8	0,040	0,125
03 Calciumsulfat-Estrich (Anhydrit-	4,50	2100	94,5	1,200	0,037
04 Mineralwolle MW 032	3,00	20	0,6	0,032	0,938
05 Splittschüttung	6,00	1800	108,0	0,700	0,086
06 Trennlage	0,02	-	-	-	-
07 Nadelholz	20,80	600	124,8	0,130	1,600
$R_{se}$					0,170
d = 35,82      G = 334,7 $R_T = 3,13$					

### Wärmedurchgangskoeffizient

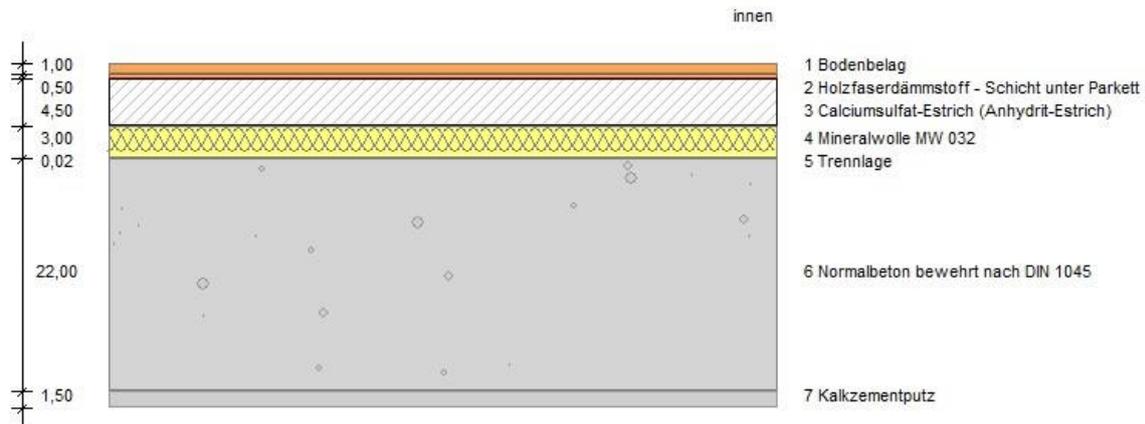
Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,320 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  (ohne Korrekturen)

## 6.8 DE02-Trenndecke-Massiv

**Anmerkung:** Wärmedurchgangskoeffizient nicht relevant

### Bauteilquerschnitt

Bauteil: DE02-Trenndecke-Massiv



DE02-Trenndecke-Massiv  
 $U = 0,64 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Bauteiltyp "Wohnungstrenndecke nach unten"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

von innen	s cm	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>	$\lambda$ W/ (mK)	R m <sup>2</sup> K/W
$R_{si}$					0,170
01 Bodenbelag	1,00	600	6,0	0,130	-
02 Holzfaserdämmstoff - Schicht unt	0,50	160	0,8	0,040	0,125
03 Calciumsulfat-Estrich (Anhydrit-	4,50	2100	94,5	1,200	0,037
04 Mineralwolle MW 032	3,00	20	0,6	0,032	0,938
05 Trennlage	0,02	-	-	-	-
06 Normalbeton bewehrt nach DIN 104	22,00	2400	528,0	2,100	0,105
07 Kalkzementputz	1,50	1800	27,0	1,000	0,015
$R_{se}$					0,170
$d =$					32,52
		$G =$		656,9	
				$R_T =$	1,56

### Wärmedurchgangskoeffizient

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,641 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  (ohne Korrekturen)

## 7 Grundlagen und Methodik von Ökobilanzen

Eine Ökobilanz dient dazu die umweltbezogene Qualität eines Gebäudes zu bewerten. Ein Gebäude verursacht in allen Lebensphasen Emissionen. Folglich wird der ganze Lebenszyklus von der Bereitstellung, Herstellung der Werkstoffe und Bauteile über die Nutzungsphase bis zum Lebensende eines Gebäudes sowie die Vorteile und Belastungen nach der Lebensdauer berücksichtigt. Als Lebensdauer werden üblicherweise 50 Jahre angesetzt. Ziel ist es eine negative Umweltwirkung und den Ressourcenverbrauch über die gesamte Lebensphase des Gebäudes auf ein Minimum zu reduzieren. Gleichwohl die Nutzungsdauer häufig 50 Jahre übersteigt, wie dieser Horizont verwendet, da z.B. Bauverfahren oder geänderte Gesetzgebungen etc. darüber hinaus nur bedingt kalkulierbar sind.

Die Methode zur Erstellung von Ökobilanzen in den Normen DIN EN ISO 14040 bzw. DIN EN ISO 14044 festgelegt. Die Berechnungsmethode zur Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden ist der DIN EN 15978 zu entnehmen. Zur strukturierten Betrachtung der Ökobilanz von Gebäuden wird der gesamte Lebenszyklus gemäß DIN EN 15978 in Lebenszyklusmodule unterteilt. Hier werden dann auf Seiten der Sachbilanz die Material- und Energieströme kalkuliert und auf Seiten der Wirkbilanz werden die Umweltwirkindikatoren berechnet. Die Datenbank ÖKOBAUDAT kann als Basis zur Berechnung der Umweltindikatoren herangezogen werden. Sie stellt Datensätze zu unterschiedlichsten Baustoffen konform zur DIN EN 15804 („Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen– Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte“) zur Verfügung und wird vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung herausgegeben.

Die Lebenszyklusmodule sowie relevanten Umweltindikatoren sollen im Folgenden kurz erläutert werden. Hierfür zeigt Abbildung 4 eine tabellarische Übersicht der Lebenszyklusmodule nach DIN EN 15978. Die hier markierten Module werden derzeit in der Praxis innerhalb der Methodik der Ökobilanzierung verwendet. Nicht markierte Module werden derzeit nicht in Ökobilanzen einbezogen, da es hier noch an gesicherten und repräsentativen Datensätzen fehlt. Die folgenden Tabellen geben eine kurze Erläuterung der Umweltindikatoren und Primärenergieaufwendungen.

## 7.1 Lebenszyklusmodule

Für die Bewertung in der Praxis (DGNB, BNB, NahWo etc.) werden die Module A1 – A3, B4, B6 sowie C3, C4 und das Modul D berücksichtigt.

LEBENSWEG-PHASEN	A 1-3	A 4-5	B 1-7	C 1-4	D
	HERSTEL-LUNGS-PHASE	ERRICH-TUNGS-PHASE	NUTZUNGSPHASE	ENDE DES LEBENS-ZYKLUS	VORTEILE UND BELASTUNGEN AUSSERHALB DER SYSTEM-GRENZE
	ROHSTOFF-BESCHAF-FUNG TRANSPORT PRODUKTION	TRANSPORT ERRICHTUNG / EINBAU	NUTZUNG 1 INSTANDHALTUNG 2 INSTANDESETZUNG AUSTAUSCH 2 MODERNISIERUNG	ENERGIEVERBRAUCH IM BETRIEB WASSERVERBRAUCH IM BETRIEB RÜCKBAU / ABRISS TRANSPORT ABFALLVERWERTUNG ENTSORGUNG	POTENTIAL FÜR WIE-DERVERWERTUNG, RÜCKGEWINNUNG UND RECYCLING
Module gemäß DIN EN 15978	A1 A2 A3	A4 A5	B1 B2 B3 B4 B5	B6 B7 C1 C2 C3 C4	D

Abbildung 3: Lebenszyklusmodule aus DIN EN 15978 – Auszug aus DGNB Kriterienkatalog Neubau Marktversion 2018

Erläuterung der Lebenszyklusmodule:

- A1: Rohstoffgewinnung und Verarbeitung und Verarbeitungsprozesse von als Input dienenden Sekundärstoffen, (z. B. Recyclingprozesse)
- A2: Transport zum Hersteller
- A3: Herstellung des Produkts, inklusive aller nötigen Aufwendungen.
- B4: Austausch und Ersatz des Produkts/Bauteils. Je nach Häufigkeit der Erneuerung innerhalb des Lebenszyklus (i.d.R. 50 Jahre), werden die Module A1-A3, C3 und C4 sowie ggf. D erneut bilanziert
- B6: Energieeinsatz für den Betrieb des Gebäudes
- C3: Abfallbehandlung zur Wiederverwendung, Rückgewinnung und/oder Recycling
- C4: Beseitigung bzw. Deponie
- D: Wiederverwendungs-, Rückgewinnungs- und/oder Recyclingpotenziale, Gutschriften

## 7.2 Indikatoren

Tabelle 7: Indikatoren, die Umweltauswirkungen beschreiben gemäß DIN EN 15978:2012 Tabelle 2

Umweltindikator (Wirkbilanz)	Abkürzung und Einheit	Kurzbeschreibung
Teibhauspotenzial (Global Warming Potential)	GWP [kg CO <sub>2</sub> eq.]	Das Treibhauspotenzial gibt an wie groß die Treibhausmissionen eines Stoffes bzw. eines Bauteils sind. Die Bezugsgröße ist hier das Treibhausgas Kohlenstoffdioxid.
Ozonabbauptezial (Ozon Depetation Potential)	ODP [kg CFC 11 eq.]	Dient der Bewertung des Umweltschädigungspotenzials durch den Abbau der stratosphärischen Ozonschicht.
Ozonbildungspotenzial (Photochemical Ozone Creation Potential)	POCP [kg Ethen eq.]	Dient der Bewertung des Bildungspotenzials von bodennahem Ozon, dem sogenannten Sommersmog.
Versauerungspotenzial	AP [kg SO <sub>2</sub> <sup>-</sup> eq.]	Bewertet in welchem Maß Emissionen die Versauerung von Böden und Gewässern verursacht.
Überdüngungspotenzial	EP [kg (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup> eq.]	Bewertet das Potenzial einer Emission die Umwelt mit Nährstoffen anzureichern. Dies führt beispielsweise zur Überdüngung von Gewässern und Böden.

Tabelle 8: Zusammenfassung von Indikatoren, die die Verwendung von Ressourcen beschreiben gemäß DIN EN 15978:2012

Primärenergieströme (Sachbilanz)	Abkürzung und Einheit	Kurzbeschreibung
Verwendung von erneuerbaren Primärenergieressourcen, Gesamt (inkl. Energieressourcen und stofflicher Nutzung)	PERT – Primary energy renewable -total [MJ, Heizwert]	Beinhaltet alle erneuerbaren Primärenergieströme aus Energieträgern und zur stofflichen Nutzung (PERE +PERM).
Verwendung von nicht erneuerbaren Primärenergieressourcen, Gesamt (inkl. Energieressourcen und stofflicher Nutzung)	PENRT – Primary energy non renewable -total [MJ, Heizwert]	Beinhaltet alle nicht erneuerbaren Primärenergieströme aus Energieträgern und zur stofflichen Nutzung (PENRE +PENRM).
Gesamte Energieressourcen (inkl. aller erneuerbaren und nicht erneuerbaren Primärenergie)	PE <sub>Ges</sub> [MJ , Heizwert]	Beinhaltet alle nicht erneuerbaren sowie erneuerbaren Primärenergieströme aus Energieträgern und zur stofflichen Nutzung (PENRE+PENRM+ PERE +PERM).

## 8 Ergebnisse der ökobilanziellen Betrachtung

Im Folgenden sind die Ergebnisse der ökobilanziellen Betrachtung zusammenfassend gegenübergestellt. Die kompletten Ergebnisse aller betrachteten Bauteile aufgeschlüsselt nach allen Lebenszyklusmodulen und Indikatoren finden sich in den Anlagen. Im Folgenden wird nur der Indikator GWP-Treibhauspotential diskutiert. Unter 8.1 werden die Ergebnisse der beiden Konstruktionsvarianten am Beispiel des GEG-Standards gegenübergestellt. Hier geht es insbesondere um die unterschiedliche Umweltwirkung aufgrund der Materialität. Im Weiteren zeigen die Ergebnisse unter 8.2 wie sich die Umweltwirkung der Baukonstruktion bei den unterschiedlichen Energiestandards (Dämmstärken) verändert. Die Gesamtergebnisse der Gebäude inklusive der Betriebsphase sind unter 8.3 Ökobilanz – Baukonstruktion und Betriebsphase dargestellt.

### 8.1 GWP - Thermischen Hülle bei GEG Standard

Wie vorhergehend dargestellt wurden in der energetischen Bewertung eine Holzmassivbauweise mit Holzfaserdämmung sowie eine Massivbauweise aus Kalksandstein bzw. Stahlbeton mit einer Wärmedämmung aus extrudiertem Polystyrol verglichen. Im weiteren Bericht sollen beide Varianten hinsichtlich ihres Treibhauspotentials bewertet werden. Hierfür zeigen im Folgenden zwei Abbildungen (Abbildung 4 und Abbildung 5) das gesamte Treibhauspotential (GWP) für die Bauteile Außenwand und Dach über den Lebenszyklus. Beide Grafiken zeigen deutlich das geringere Treibhauspotential der Holzbauvariante gegenüber der Massivbauvariante. Maßgebend ist hier das Tragwerk aus Holz und mit etwas geringem Anteil die Dämmung aus Holzfaser. Durch physiologische Prozesse wird der Atmosphäre Kohlenstoffdioxid entzogen, dieser wird in Sauerstoff umwandelt und der Kohlenstoff wird bei der Holzbildung in der Holzstruktur gespeichert. Dies führt dazu, dass Holz in der Herstellungsphase (A1-A3) ein negatives CO<sub>2</sub> Äquivalent gutgeschrieben wird. Kalksandstein hingegen weist in der Herstellung sehr hohe Emissionen auf. Diese entstehen, da als Ausgangsstoff Branntkalk, Calciumoxid (CaO), verwendet wird, bei dessen Herstellung im Entsäuerungsprozess CO<sub>2</sub> ausgetrieben wird. Zusätzlich entstehen Emissionen, durch die in der Herstellungsphase verwendeten, nicht erneuerbaren Energieträger. Ähnlich verhält es sich mit Stahlbeton. Beton hat aufgrund des Zementanteils eine schlechte Treibhausgasbilanz, hier ist auch Calciumoxid sowie der Energiebedarf der maßgebende Faktor.

Betrachten wir das Modul D, also die Vorteile außerhalb der Systemgrenze, hat die Holzbauvariante hier eine deutlich höhere CO<sub>2</sub> Gutschrift im Vergleich zur Massivbauvariante. Grund dafür sind anrechenbare Vorteile außerhalb der Systemgrenze. Nach dem Rückbau des Gebäudes

können Holzprodukte nach derzeitigen Datensätzen für Life Cycle Assessments thermisch verwertet werden. Hierbei wird durch Kraft-Wärme-Kopplung beispielsweise in Altholzanlagen Strom erzeugt. Dabei kann nach dem Allokationsprinzip dem Holzprodukt eine Gutschrift angerechnet werden. Kalksandstein und Stahlbeton haben hier sehr geringe Vorteile. Gebrochener Beton kann beispielsweise in Unterbauten im Straßen- und Gleisbau verwendet werden. Die Verwertung von Polystyrol hingegen ähnelt eher der von Holz, da auch dieses Müllverbrennungsanlagen zugeführt und zur Stromproduktion genutzt wird. Dabei ist stellte sich jedoch in der Vergangenheit zunehmend schwierig dar, da die verwendeten Flamschutzmittel gesundheitsgefährdend sind und nicht ohne weiteres in die Umwelt gelangen dürfen.

Die untenstehende Grafik (Abbildung 4) zeigt, dass die Außenwand als Holzmassivbauvariante gegenüber der Variante aus Kalksandstein ein ca. 51 kg-CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro 1 m<sup>2</sup> Bauteilfläche geringeres Global Warming Potential aufweist (ohne Berücksichtigung von Modul D).

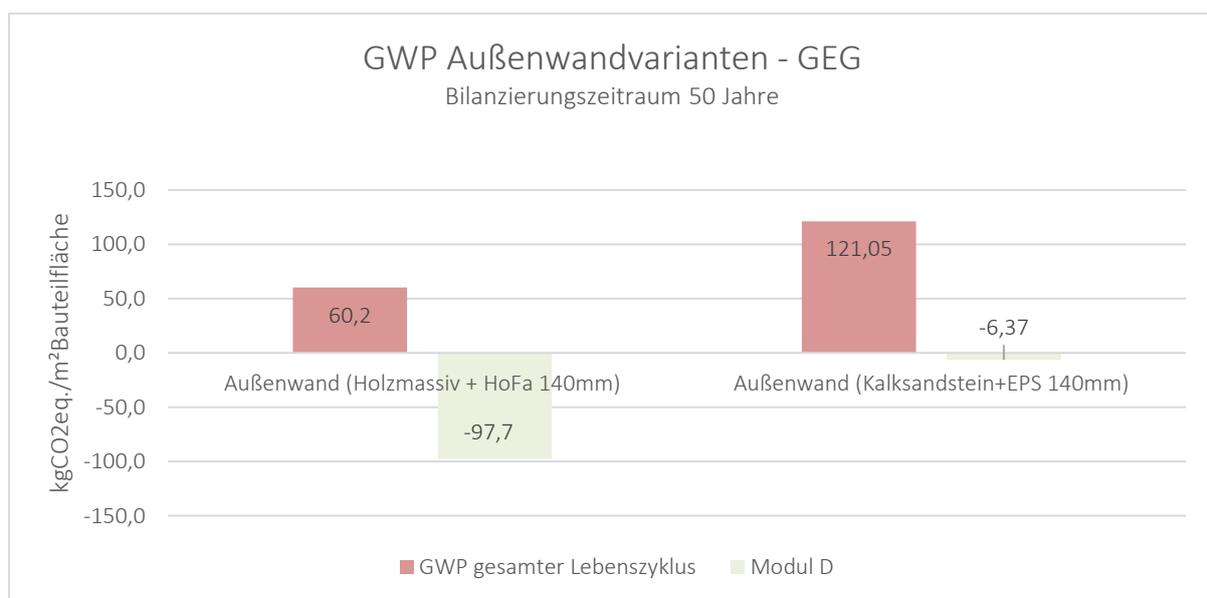


Abbildung 4: GWP – Außenwandvarianten

Ähnlich eindeutig verhält es sich, bei der Betrachtung betrachtet der Dachvarianten. Hier hat die Holzmassivbauvariante gegenüber der Stahlbetonvariante ein um 52 kg-CO<sub>2</sub>-Äquivalent geringeres GWP.

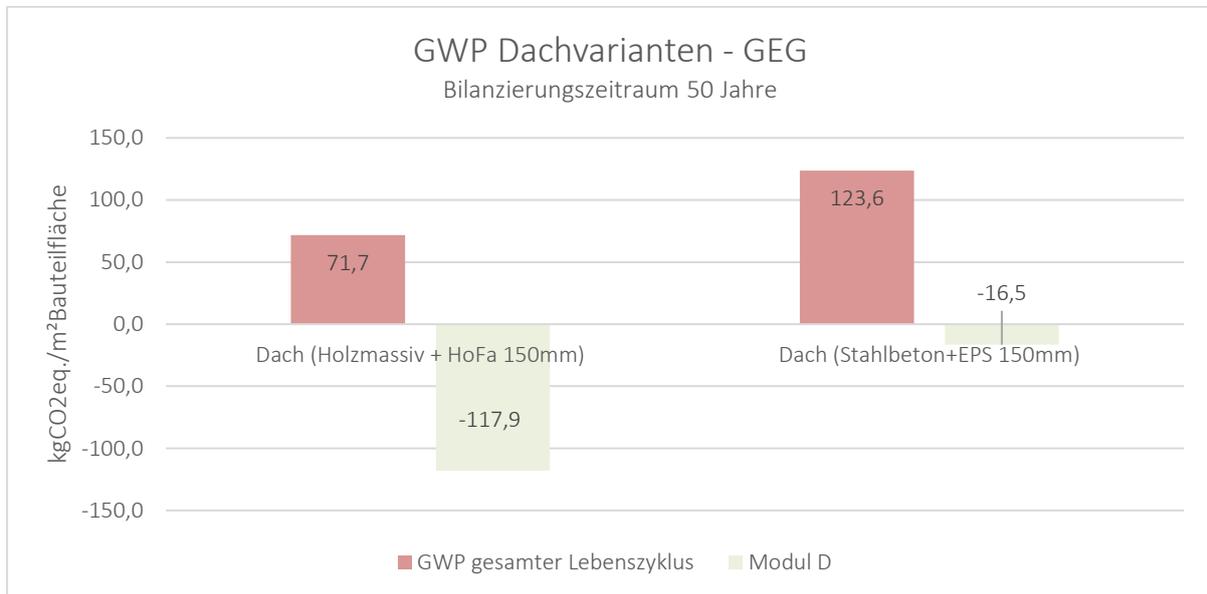


Abbildung 5: GWP – Dachvarianten

Die Decke über dem Keller bzw. der Tiefgarage wird in dieser Betrachtung nicht berücksichtigt. Hier erfolgt keine Variantenbetrachtung. Es wird davon ausgegangen, dass in jedem Fall die Decke über dem Keller/Tiefgarage aus Stahlbeton mit einer Dämmung aus Mineralwolle ausgeführt wird (siehe hierfür auch Kapitel 6 Bauteile).

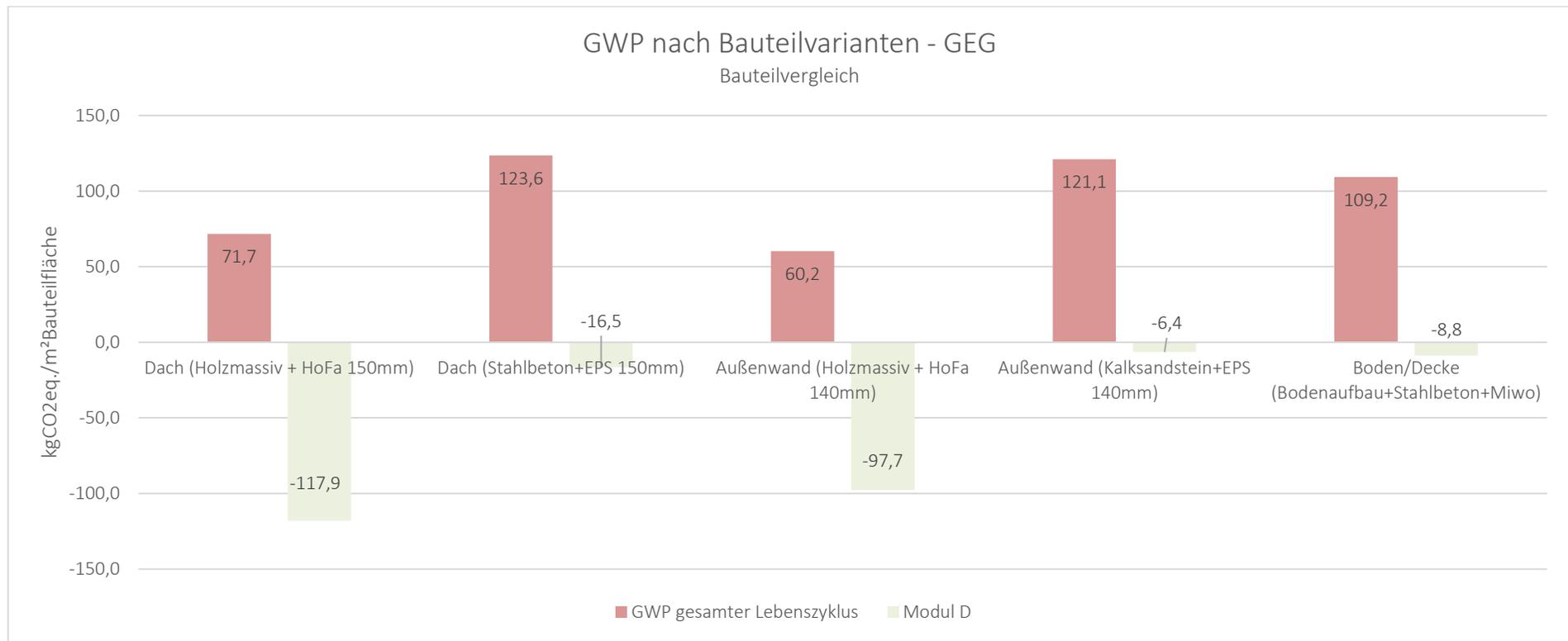


Abbildung 6: GWP der Bauteile der thermischen Hülle – Varianten

Obere Abbildung zeigt noch einmal das errechnete Treibhauspotential über den gesamten Lebenszyklus sowie das Modul D für die wesentlichen Bauteile der thermischen Hülle der Massivbauweise und der Holzbauweise. Sogar ohne Berücksichtigung des Lebenszyklus Moduls D beträgt das CO<sub>2</sub>-Äquivalent der Dachkonstruktion in Holzmassivbauweise mit Holzfaserdämmung gegenüber der Konstruktion aus Stahlbeton mit Polystyrol nur ca. 58%. Die Außenwände in Holzbauweise weisen noch geringere CO<sub>2</sub>-Äquivalente auf.

## 8.2 GWP – Bauteile im Überblick (GEG, EH55 und EH40plus)

Folgende Grafik (Abbildung 7) zeigt am Beispiel der Außenwandvarianten das unterschiedliche Treibhauspotential durch die Bauart bzw. durch die angepassten Dämmstärken für höhere Energiestandards. Durch die höheren Anforderungen an die thermische Qualität bei Effizienzgebäuden wird die Wärmedämmung erhöht, was sich selbstverständlich auf das Treibhauspotential der Außenwände auswirkt. So hat die Variante Holzbau EH40plus Standard gegenüber der Variante Holzbau GEG Standard bezogen auf 1m<sup>2</sup> Bauteilfläche ein ca. 21 kg-CO<sub>2</sub>-Äquivalent höheres GWP allein durch die Erhöhung der Dämmstärke. Beim Massivbau sind es sogar fast 27 kg-CO<sub>2</sub>-Äquivalent/m<sup>2</sup>Bauteilfläche (beides ohne Berücksichtigung von Modul D). Ebenfalls ist in dieser Grafik noch einmal sehr eindeutig zu sehen, dass der konventionelle Massivbau bei fast allen Energiestandards ein fast doppelt so hohes GWP aufweist, als die entsprechende Holzbauvariante.

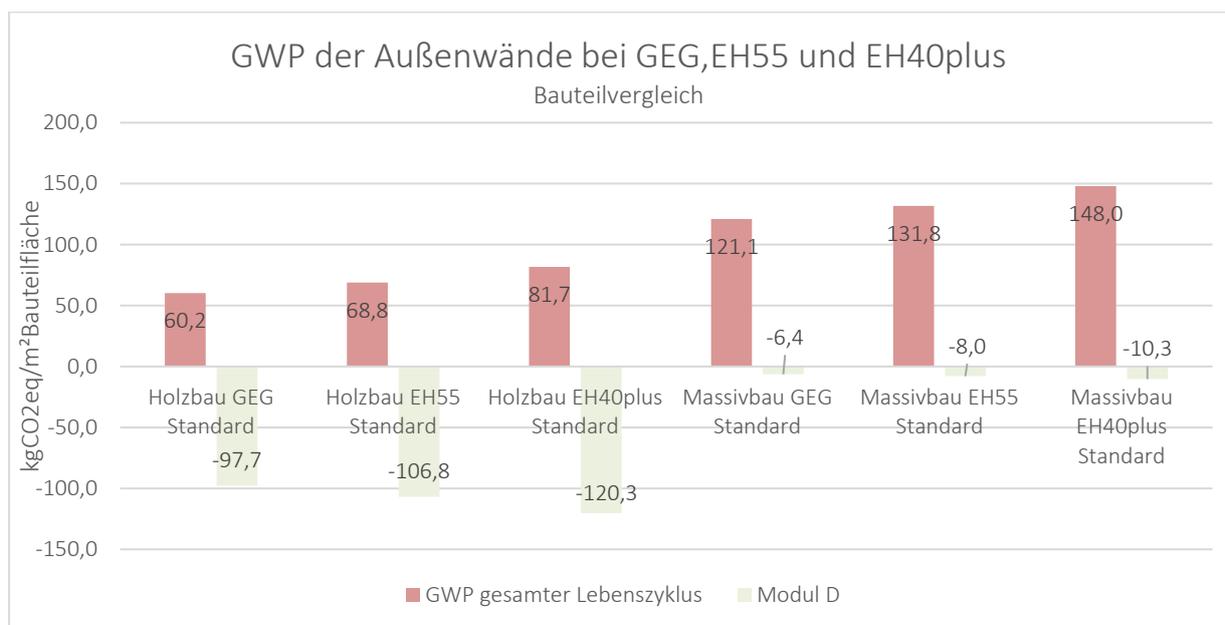


Abbildung 7: GWP pro m<sup>2</sup> Außenwandfläche bei GEG, EH55 und EH40plus

### 8.3 Ökobilanz – Baukonstruktion und Betriebsphase

Bei einer ökobilanziellen Betrachtung wird, wie einleitend erwähnt, in der Regel die gesamte Baukonstruktion, inklusive der Innenbauteile, auf die Nettoraumfläche bezogen. Dies ist im Rahmen der Studie derart präzise nicht möglich, weshalb sich für eine Vergleichbarkeit der Gebäude darauf beschränkt wird, die wärmeübertragende Umfassungsfläche inklusive der Fensterflächen auf die Nettoraumfläche zu beziehen. Zusätzlich werden die innenliegenden Geschossdecken mitberücksichtigt.

In den folgenden Ergebnissen ist das Treibhauspotential der Gebäude über den gesamten Lebenszyklus dargestellt. Es wurden die Lebensphasen Herstellung (A1-A3), Ersatz/Austausch (B4), Abfallverwertung (C3), Entsorgung (C4), Energieverbrauch im Betrieb (B6), sowie die Vorteile außerhalb der Systemgrenze (D) berücksichtigt. Des Weiteren werden zwei weitere Szenarien betrachtet. Beim Szenario 1 (8.3.1) wird der PV-Ertrag, welcher durch die verbaute PV-Anlage bei den Effizienzhäusern 40plus erzeugt wird, den EH40plus Häusern im Gebäudebetrieb gemäß dem Verdrängungsstrommix für PV als CO<sub>2</sub> – Äquivalent gutgeschrieben. Im Szenario 1 wird gemäß der Energiebilanz bei keinem anderen Gebäude (GEG und EH55) PV-Strom berücksichtigt. Das Szenario 2 (8.3.2) berücksichtigt die PV-Gutschrift auch bei den anderen Energiestandards. Es wird folglich unterstellt, dass bei diesen Gebäuden eine ebenso große PV-Anlage verbaut wird. Hier soll gezeigt werden, dass die PV Gutschrift enorme Auswirkung auf die Bilanz der Betriebsphase hat und dass das EH40 plus in Kombination mit dem Low-Ex-Netz aus Perspektive der Treibhausgasemissionen nicht die ökologischste Variante ist, sofern bei anderen Energiestandards die gleiche Menge an erneuerbaren Strom gebäudenah erzeugt wird.

Die Energiebilanz erfolgte auf Basis der Ökobaudat für die Bewertung der Baukonstruktion. Zur Bewertung der Betriebsphase dient die Netzauslegung der IGS Ingenieurgesellschaft. Folgende Eingangsparameter wurden für die Betriebsphase angesetzt.

Tabelle 9: Eingangsparameter für die Bewertung der Betriebsphase

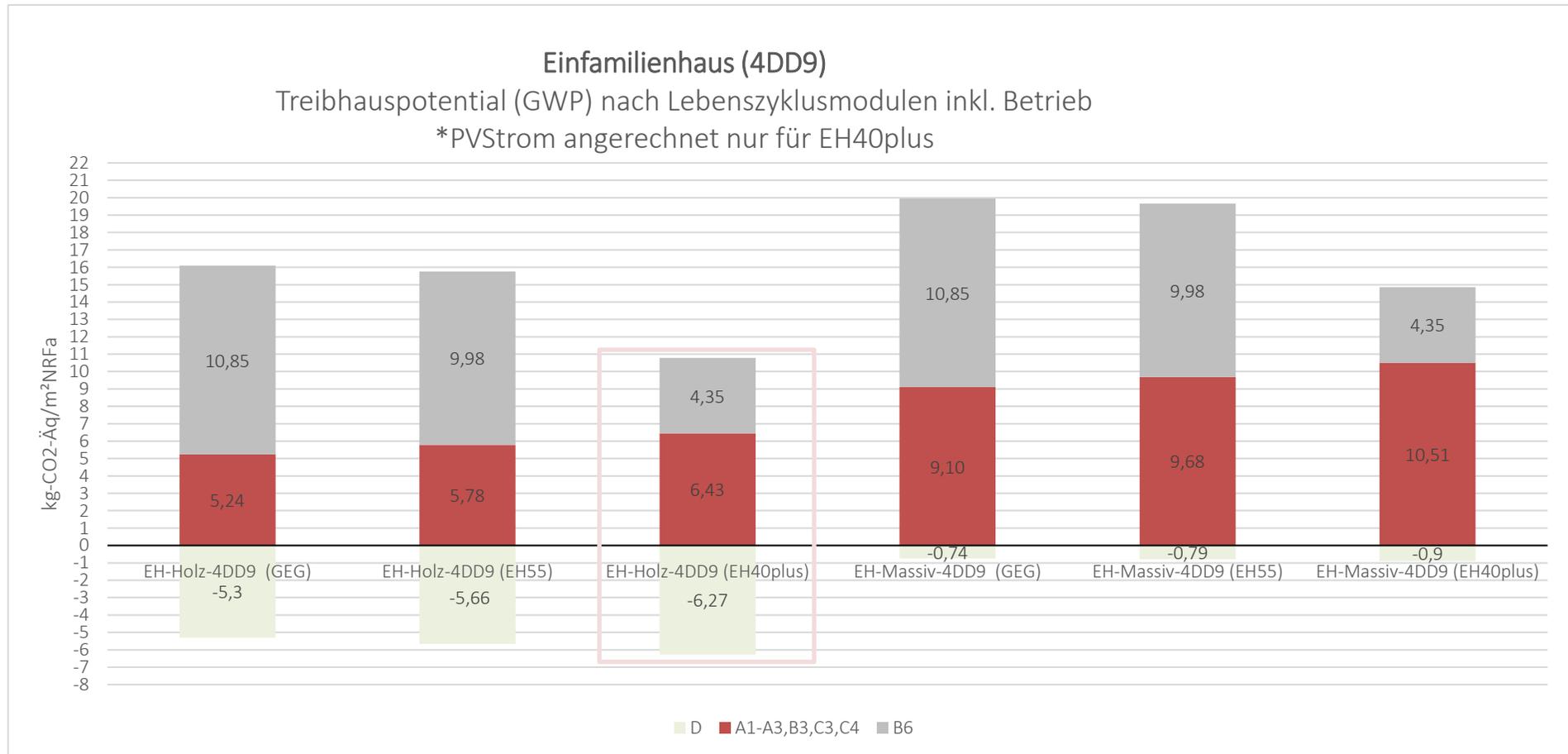
Parameter	Kennwert
Primärenergiefaktor <sup>1</sup>	0,42
Endenergiebedarf (Neubaugebiet) <sup>2</sup>	4800 MWh/a
Emissionsfaktor (Wärmenetz) <sup>1</sup>	0,12 kg-CO <sub>2</sub> -Äq/kWh
Emmisionsfaktor (Strommix) <sup>3</sup>	0,54 kg-CO <sub>2</sub> -Äq/kWh
Emmisionsfaktor (Verdrängungstrom aus PV) <sup>3</sup>	0,54 kg-CO <sub>2</sub> -Äq/kWh

<sup>1</sup>Auf Basis der Auslegung des Wärmenetzes

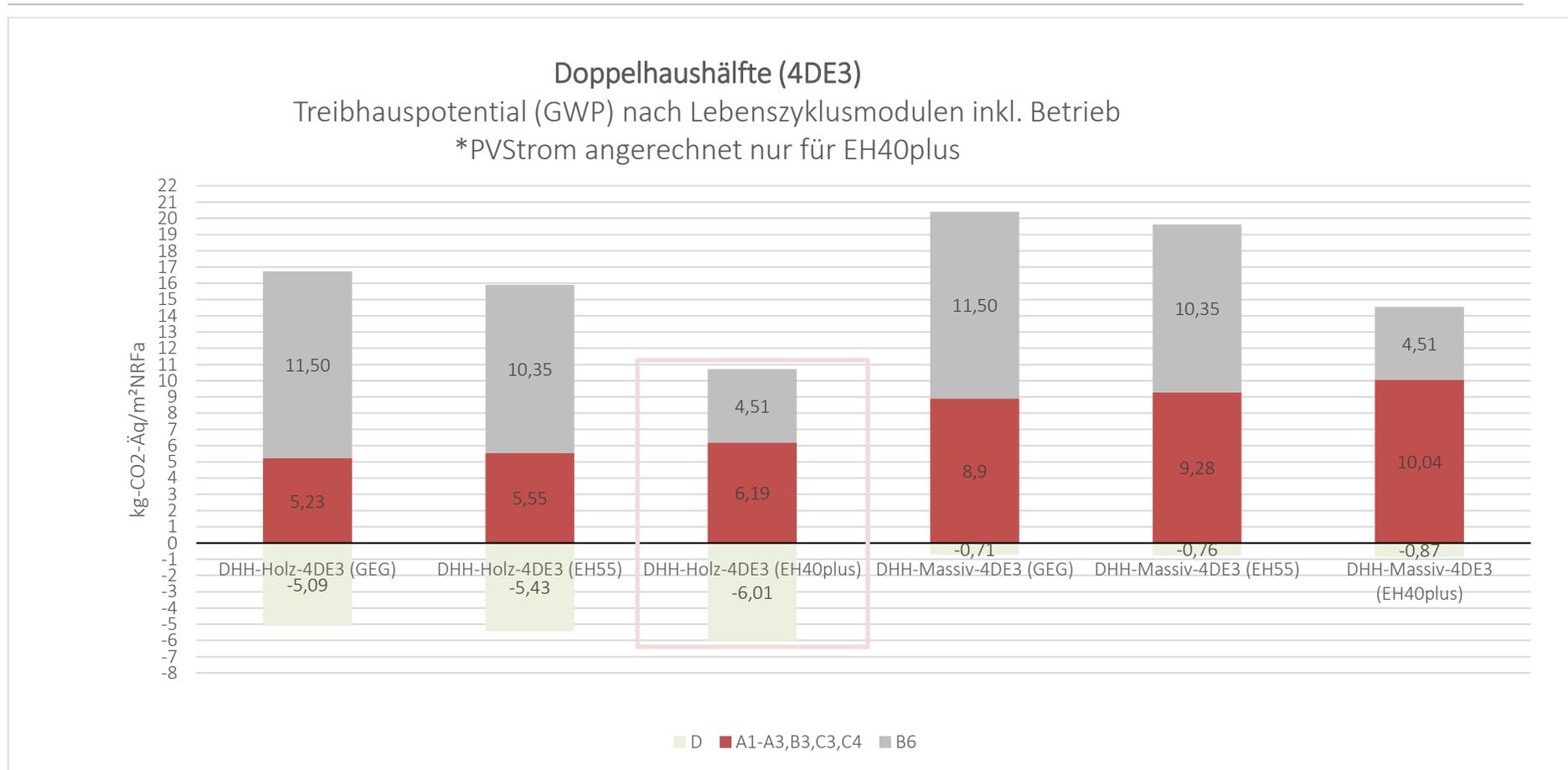
<sup>2</sup>Ergebnis der Energiebilanzierung

<sup>3</sup>Emissionsfaktoren Storm: Ökobaudat Strommix 2015

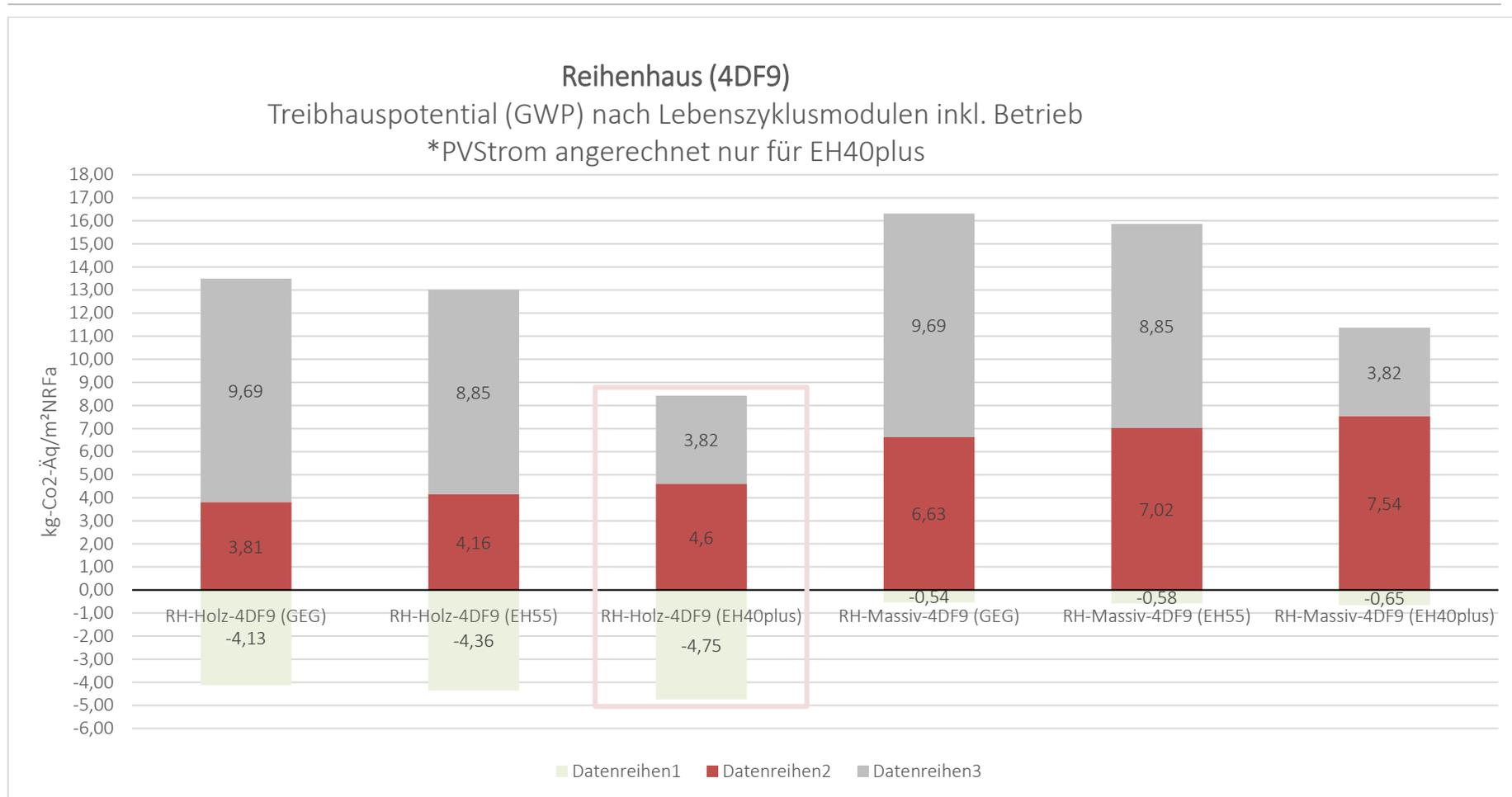
### 8.3.1 Ökobilanz – Szenario 1: PV-Anrechnung nur für EH40plus



\*Gesamtbewertung im Sinne der Ressourceneffizienz exkl. Modul D



\*Gesamtbewertung im Sinne der Ressourceneffizienz exkl. Modul D

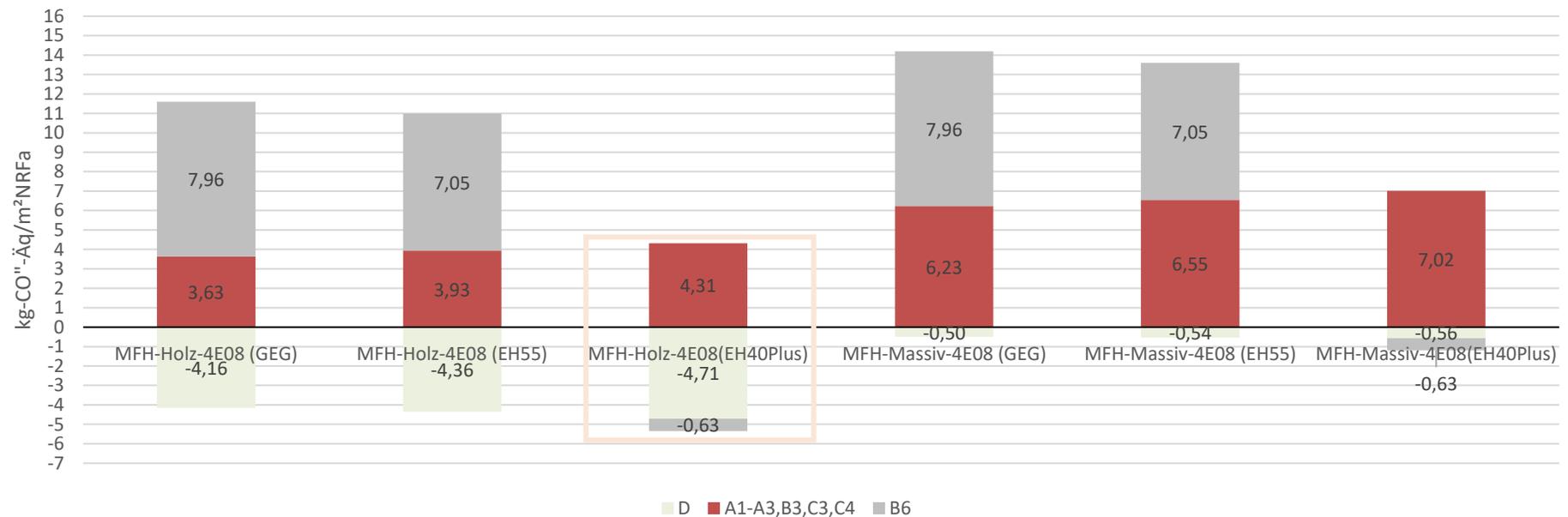


\*Gesamtbewertung im Sinne der Ressourceneffizienz exkl. Modul D

## Geschosswohnungsbau (4E08)

### Treibhauspotential (GWP) nach Lebenszyklusmodulen inkl. Betrieb

\*PVStrom angerechnet nur für EH40plus

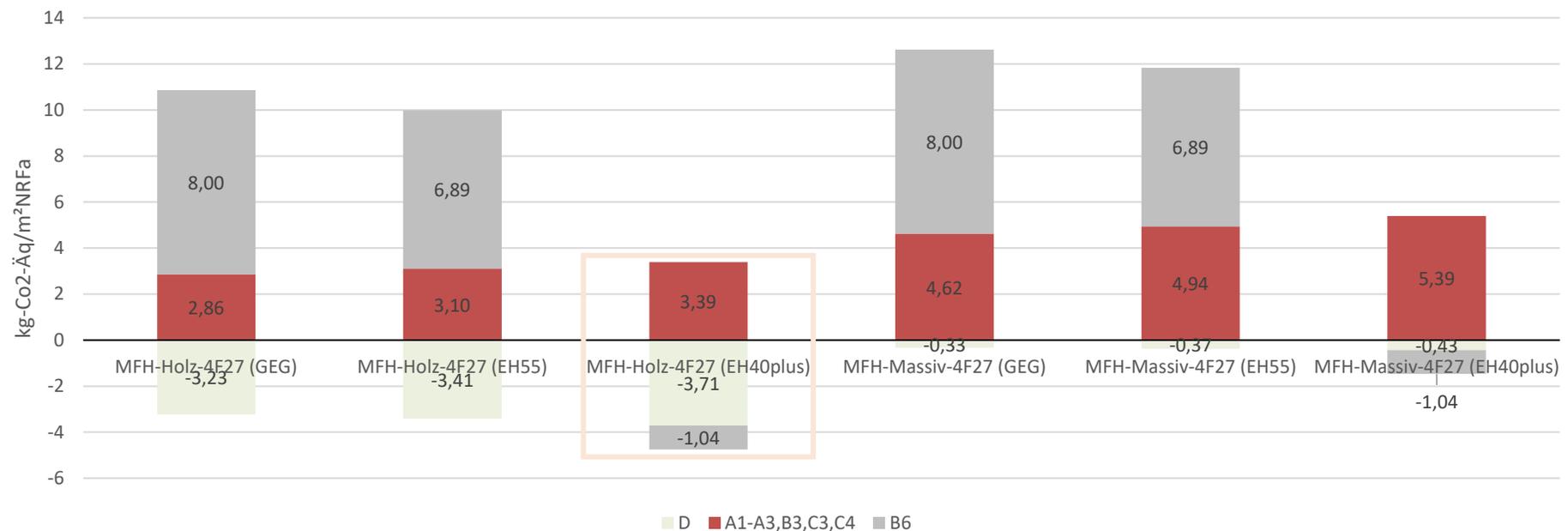


\*Gesamtbewertung im Sinne der Ressourceneffizienz exkl. Modul D

## Geschosswohnungsbau (4F27)

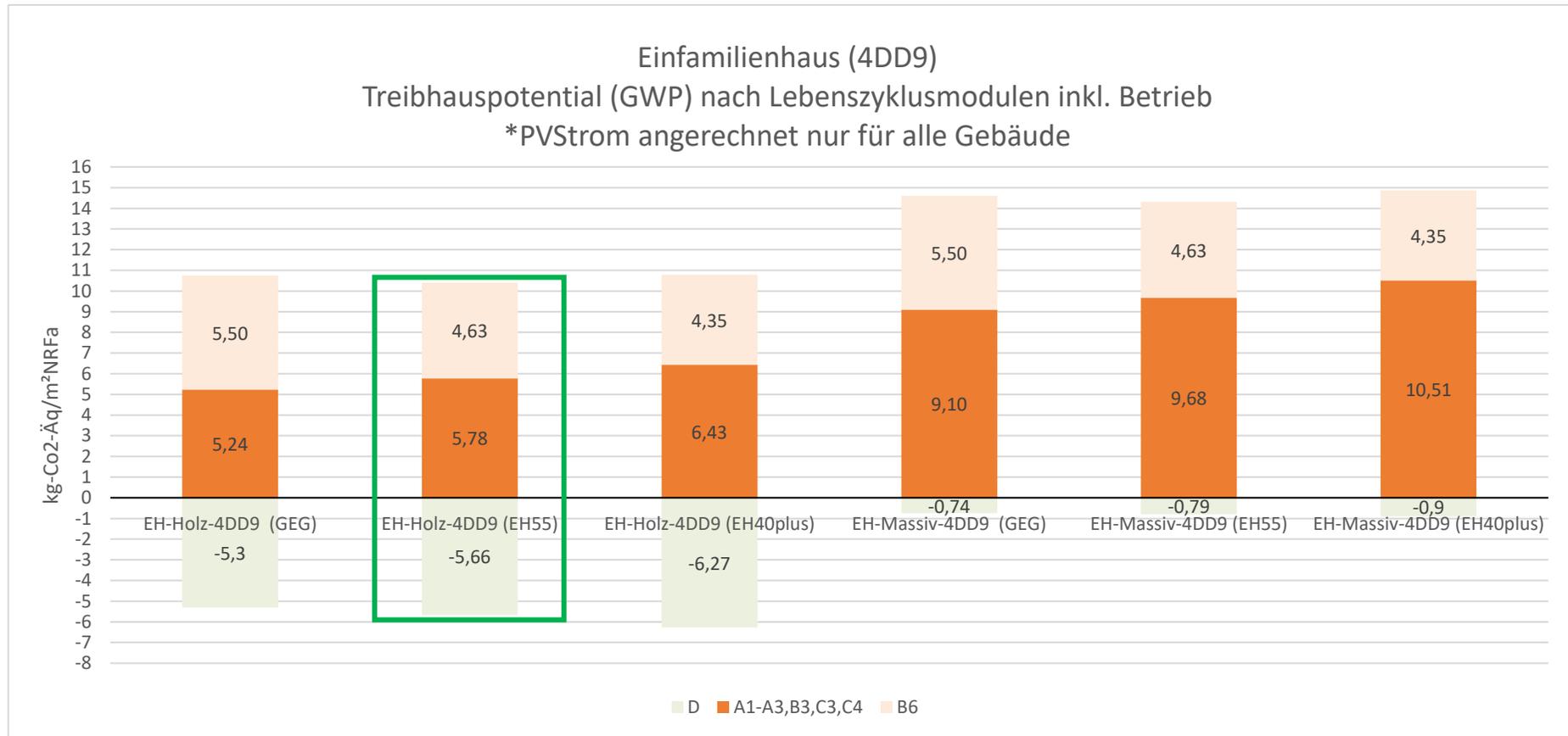
Treibhauspotential (GWP) nach Lebenszyklusmodulen inkl. Betrieb

\*PVStrom angerechnet nur für EH40plus

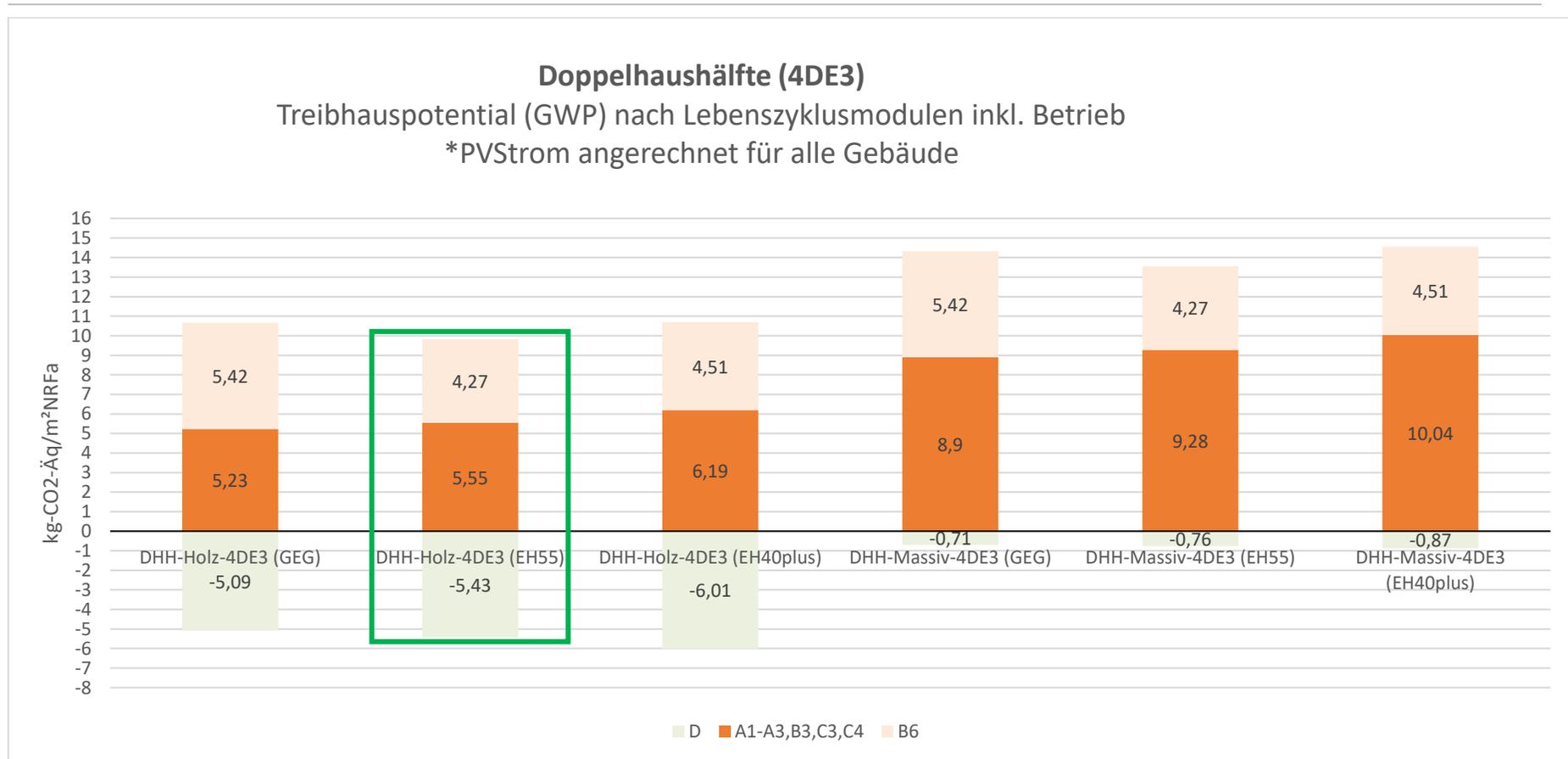


\*Gesamtbewertung im Sinne der Ressourceneffizienz exkl. Modul D

### 8.3.2 Ökobilanz – Szenario 2: PV Anrechnung für alle Gebäude



\*Gesamtbewertung im Sinne der Ressourceneffizienz exkl. Modul D

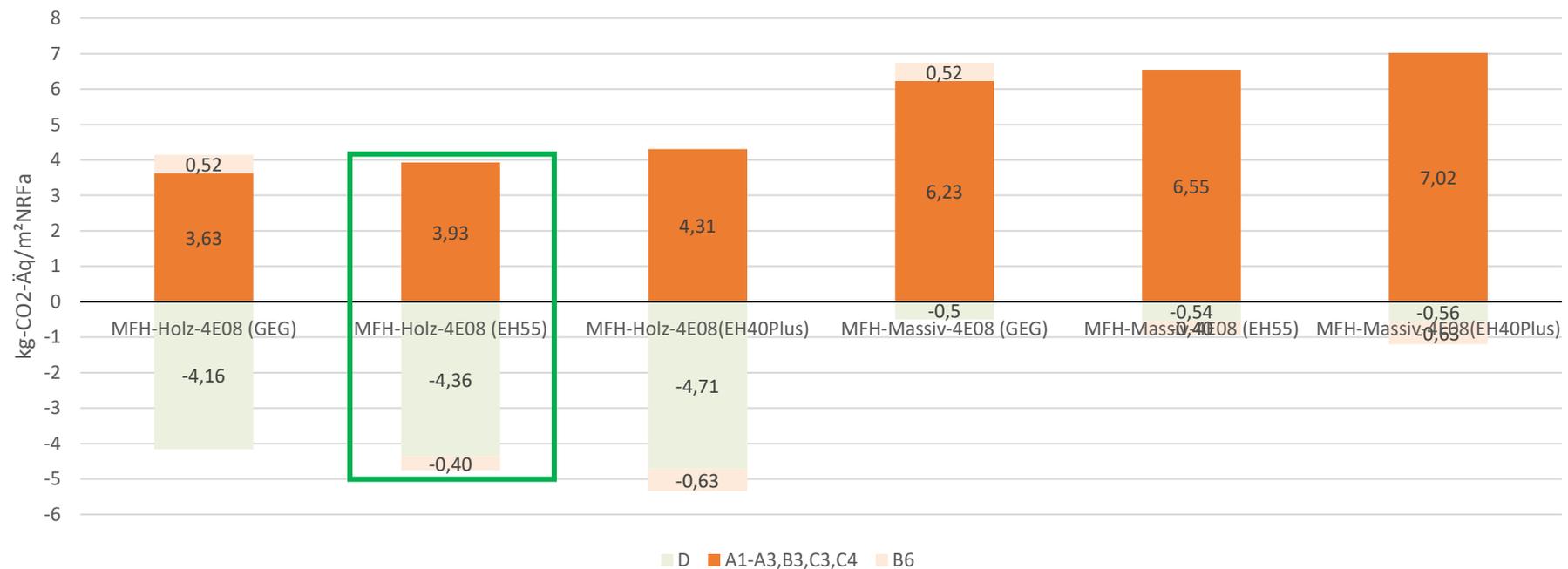


\*Gesamtbewertung im Sinne der Ressourceneffizienz exkl. Modul D

## Geschosswohnungsbau (4E08)

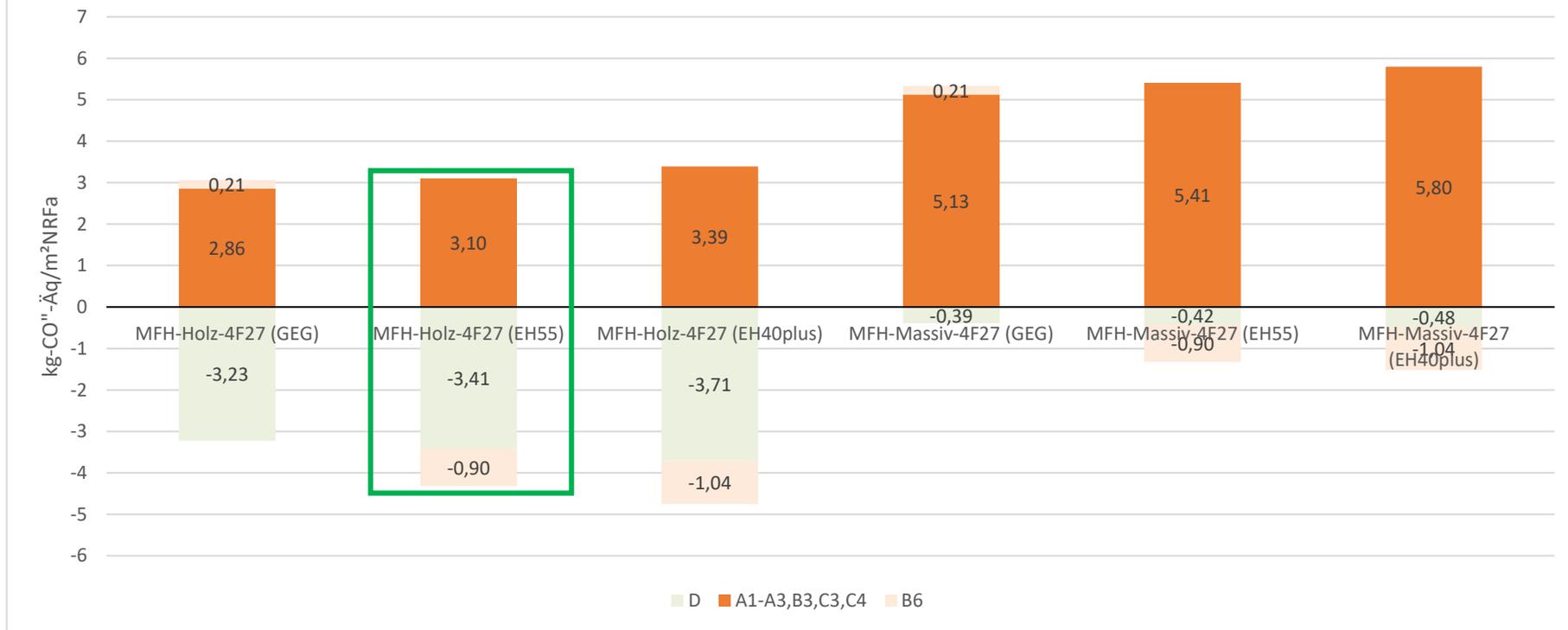
### Treibhauspotential (GWP) nach Lebenszyklusmodulen inkl. Betrieb

\*PVStrom angerechnet für alle Gebäude



\*Gesamtbewertung im Sinne der Ressourceneffizienz exkl. Modul D

**Geschosswohnungsbau (4F27)**  
Treibhauspotential (GWP) nach Lebenszyklusmodulen inkl. Betrieb  
\*PVStrom angerechnet für alle Gebäude



## 9 Fazit und Zusammenfassung

Die vorhergehend dokumentierten Berechnungsergebnisse dienen zur ersten Einschätzung des Energiebedarfs und möglicher Energiestandards sowie einer Betrachtung denkbarer Bauweisen für das Neubaugebiet „N5“ in Eggenstein-Leopoldshafen.

Auf Grundlage der bisherigen Auslegung des Low-Ex-Netzes, der Energiebedarfsrechnung sowie der ökobilanziellen Betrachtung bietet sich für das Quartier die Bauweise in Holzmassivbauweise an. Hier kann mit vergleichsweise geringen Wandstärken eine gute thermische Hülle umgesetzt werden. Zudem kann durch die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen wie Holz und Holzwerkstoffen die Umweltwirkung hinsichtlich des Treibhauspotentials gegenüber Massivbauweisen aus Kalksandstein, Stahlbeton und Polystyrolämmungen maßgeblich reduziert werden. Sinnvoll und realistisch sind bei dem vorgesehenen Wärmenetz Gebäude mit einem Effizienzhausstandard 55 (EH55) und gebäudenaher Photovoltaik für das gesamte Quartier. Der Primärenergiefaktor des Nahwärmenetzes sollte bei genannten Energiestandards und einer Holzmassivbauweise bei  $f_p < 0,45$  liegen. Mit dem derzeitigen Konzept könnte somit eine Förderung für ein EH55 sowie die Erneuerbare-Energie-Klasse in Anspruch genommen werden. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass bei der Verwendung von erneuerbaren Energien und einem Wärmenetz mit einem geringen Emissionsfaktor EH40plus Häuser aus Perspektive des Treibhauspotentials nicht zwangsläufig ökologischer sind als EH55 Häuser. Für eine ganzheitliche Betrachtung sollte unbedingt die Aufwendung durch die den Mehraufwand an Dämmung und den tatsächlichen Einsparungen gegenübergestellt werden. Zudem ist zu erwarten, dass sich das Wärmenetz aufgrund der sinkenden Primärenergiefaktoren und Emissionsfaktoren im deutschen Strommix schon bis 2030 deutlich verbessern wird. Eine Amortisation der Dämmung für ein EH40plus Haus ist hier nicht unbedingt gegeben.

Im Sinne des zukunftsorientierten und klimaneutralen Bauens sollte bei der Konzeption des Neubaugebiets in Eggenstein-Leopoldshafen auf eine ganzheitliche Lösung gesetzt werden. Ziel des Gesamtkonzeptes sollte ein reduzierter Energiebedarf, eine Energieversorgung mit hohem erneuerbarem Anteil sowie eine umweltverträgliche Bauweise sein.

-

Reduzierter Energiebedarf – Erneuerbare Energieerzeugung – Umweltverträgliche Bauweise

## 10 Anlagen

### 10.1 Berechnungsergebnisse der ökobilanziellen Betrachtung

Im Folgenden sind die Berechnungsergebnisse der ökobilanziellen Betrachtung tabellarisch für alle Bauteile gelistet. Berücksichtigt wurden alle relevanten Indikatoren und Lebenszyklusmodule. Das GWP – Global Warming Potential, welches Schwerpunkt dieses Berichtes sein soll wurde farblich hervorgehoben. Die Berechnungen verstehen sich nicht als vollständige Ökobilanz. Bezugsgröße aller Indikatoren ist 1m<sup>2</sup> Bauteilfläche. Als Bilanzierungszeitraum wurden 50 Jahre angesetzt. Für Erläuterungen zur Erstellung von Ökobilanzen und ökobilanziellen Betrachtungen siehe bitte 7 Grundlagen und Methodik von Ökobilanzen.

### 10.1.1 WA-01-Außenwand-Holzmassiv-17,5-GEG

Lebenszyklus	GWP	ODP	POCP	AP	EP	PE Ges.	PENRT	PENRM	PENRE	PERT	PERM	PERE	ADP elem.	ADP fossil
A1 - A3	-141,6961	2,9616E-10	0,0184	0,1161	0,0239	2,8912E3	543,7079	36,4658	507,8022	2,3475E3	1,9037E3	444,1731	4,8432E-5	505,8245
C3	179,7888	3,0606E-12	1,3641E-4	1,6861E-3	3,1031E-4	-1,4740E3	10,7831	-36,4658	11,6888	-1,4848E3	-1,9037E3	4,5614	4,9053E-7	9,2749
C4	0,4097	2,2763E-15	1,9737E-4	2,6030E-3	2,9286E-4	6,7657	5,9807	0,0000	5,9807	0,7850	0,0000	0,7850	4,1532E-8	5,8114
Instandhaltung	21,7363	1,2257E-10	4,7973E-3	0,0398	6,6283E-3	835,5066	347,5541	0,0000	312,5541	487,9526	0,0000	73,9726	4,2581E-5	338,3834
Gesamt	60,2387	4,2179E-10	0,0235	0,1602	0,0311	2,2595E3	908,0258	0,0000	838,0258	1,3515E3	0,0000	523,4920	9,1545E-5	859,2943
D	-97,7280	-2,3952E-9	-7,1523E-3	-0,1128	-0,0145	-264,9104	-1,3387E3	0,0000	-889,3496	1,0738E3	0,0000	1,1444E3	-3,2252E-5	-1,0731E3

Indikatorenergebnisse basieren auf einen Bilanzierungszeitraum von 50 Jahren und beziehen sich auf 1 m<sup>2</sup> Wandfläche mit den unter 6 Bauteile dargestellten Bauteilaufbauten.

### 10.1.2 DA-01-Flachdach-Holzkonstruktion-Massiv-GEG

Lebenszyklus	GWP	ODP	POCP	AP	EP	PE Ges.	PENRT	PENRM	PENRE	PERT	PERM	PERE	ADP elem.	ADP fossil
A1 - A3	-164,7993	3,3764E-10	0,0239	0,1539	0,0281	3,8760E3	1,1496E3	506,8846	643,3488	2,7263E3	2,2142E3	512,6133	7,9482E-3	1,1042E3
C3	209,7162	3,6374E-12	1,0317E-4	1,4857E-3	2,4081E-4	-1,7536E3	11,2523	-506,8846	480,0368	-1,7649E3	-2,2142E3	5,2933	4,8694E-7	9,4843
C4	1,1899	3,9353E-15	3,7162E-4	3,2044E-3	3,4348E-3	19,9898	18,6773	0,0000	18,6773	1,3125	0,0000	1,3125	8,9337E-8	18,1038
Instandhaltung	25,6350	1,3131E-10	7,6513E-3	0,0607	0,0104	1,4313E3	916,5818	0,0000	879,0818	514,7481	0,0000	71,1981	7,9385E-3	905,4485
Gesamt	71,7419	4,7260E-10	0,0320	0,2193	0,0422	3,5737E3	2,0961E3	0,0000	2,0211E3	1,4775E3	0,0000	590,4172	0,0159	2,0372E3
D	-117,9441	-2,5911E-9	-8,8710E-3	-0,1349	-0,0178	-357,2067	-1,6190E3	0,0000	-1,1375E3	1,2618E3	0,0000	1,3374E3	-3,9151E-5	-1,3079E3

Indikatorenergebnisse basieren auf einen Bilanzierungszeitraum von 50 Jahren und beziehen sich auf 1 m<sup>2</sup> Wandfläche mit den unter 6 Bauteile dargestellten Bauteilaufbauten.

### 10.1.3 DA 02 - Decke nach unten gegen unbeheizt - GEG

Lebenszyklus	GWP	ODP	POCP	AP	EP	PE Ges.	PENRT	PENRM	PENRE	PERT	PERM	PERE	ADP elem.	ADP fossil
A1 - A3	88,8314	6,5310E-11	0,0106	0,1673	0,0305	1,3487E3	739,1893	27,7903	711,4190	609,5584	133,5959	475,9775	1,8038E-5	676,9660
C3	19,3547	2,0250E-13	2,8048E-3	0,0308	5,2503E-3	-28,1125	81,8015	-27,7903	108,3218	-109,9140	-133,5959	8,8819	2,5724E-6	79,6809
C4	1,0528	5,8488E-15	5,0714E-4	6,6883E-3	7,5251E-4	17,3845	15,3675	0,0000	15,3675	2,0170	0,0000	2,0170	1,0672E-7	14,9324
Instandhaltung	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Gesamt	109,2389	6,5518E-11	0,0139	0,2049	0,0365	1,3380E3	836,3583	0,0000	835,1083	501,6614	0,0000	486,8764	2,0717E-5	771,5794
D	-8,8293	-9,5306E-11	-3,0385E-4	-0,0118	-1,8650E-3	-38,4219	-120,2827	0,0000	-104,2327	81,8608	0,0000	84,3808	-2,9559E-6	-100,3320

Indikatorenergebnisse basieren auf einen Bilanzierungszeitraum von 50 Jahren und beziehen sich auf 1 m<sup>2</sup> Wandfläche mit den unter 6 Bauteile dargestellten Bauteilaufbauten.

#### 10.1.4 WA 01 - Außenwand-KS-Massiv-GEG

Lebenszyklus	GWP	ODP	POCP	AP	EP	PE Ges.	PENRT	PENRM	PENRE	PERT	PERM	PERE	ADP elem.	ADP fossil
A1 - A3	79,0335	4,7740E-8	0,0588	0,0758	0,0154	849,6034	741,1219	125,8488	615,2731	108,4815	0,0000	108,4815	3,5117E-5	713,8510
C3	2,7990	1,5912E-14	1,6586E-3	0,0181	3,1376E-3	51,7856	46,7766	0,0000	46,7766	5,0090	0,0000	5,0090	1,5693E-6	45,6489
C4	11,1450	2,7443E-11	3,7336E-4	4,5650E-3	5,6882E-4	11,6647	10,3499	0,0000	9,0059	1,3148	0,0000	1,1820	2,0394E-7	9,9046
Instandhaltung	28,0703	4,7768E-8	0,0645	0,0408	4,8104E-3	395,9968	365,6721	125,8488	238,4793	30,3247	0,0000	30,1920	4,0872E-5	352,5672
Gesamt	121,0478	9,5535E-8	0,1254	0,1393	0,0240	1,3091E3	1,1639E3	251,6976	909,5349	145,1300	0,0000	144,8646	7,7762E-5	1,1220E3
D	-6,3721	-1,6800E-9	-5,2641E-4	-9,6316E-3	-1,2410E-3	-106,8645	-95,6187	0,0000	-11,0587	-11,2458	0,0000	-3,1538	-7,5819E-7	-82,9599

Indikatorenergebnisse basieren auf einen Bilanzierungszeitraum von 50 Jahren und beziehen sich auf 1 m<sup>2</sup> Wandfläche mit den unter 6 Bauteile dargestellten Bauteilaufbauten.

### 10.1.5 DA 01 – Flachdach-StaBe-GEG

Lebenszyklus	GWP	ODP	POCP	AP	EP	PE Ges.	PENRT	PENRM	PENRE	PERT	PERM	PERE	ADP elem.	ADP fossil
A1 - A3	75,4604	6,7166E-8	0,0844	0,1424	0,0195	1,3966E3	1,2699E3	613,9067	655,9592	126,6967	0,0000	126,6967	8,0700E-3	1,2139E3
C3	1,9021	2,8535E-12	2,4305E-4	2,7586E-3	5,4453E-4	22,5418	17,9505	-467,7080	485,6585	4,5913	0,0000	4,5913	4,7248E-7	15,6866
C4	13,4245	3,1365E-11	5,5624E-4	5,2289E-3	3,7256E-3	25,0224	23,1701	0,0000	21,6341	1,8523	0,0000	1,7006	2,7147E-7	22,2953
Instandhaltung	32,7726	5,7386E-8	0,0760	0,0722	8,3023E-3	949,2679	929,8074	150,9417	777,2892	19,4605	0,0000	19,3088	7,9277E-3	914,1252
Gesamt	123,5596	1,2459E-7	0,1611	0,2225	0,0321	2,3934E3	2,2408E3	297,1404	1,9405E3	152,6008	0,0000	152,2974	0,0160	2,1660E3
D	-16,5249	-1,9596E-9	-1,8921E-3	-0,0238	-3,7985E-3	-291,0610	-238,4570	0,0000	-141,2770	-52,6040	0,0000	-43,3047	-3,8902E-6	-206,8191

Indikatorenergebnisse basieren auf einen Bilanzierungszeitraum von 50 Jahren und beziehen sich auf 1 m<sup>2</sup> Wandfläche mit den unter 6 Bauteile dargestellten Bauteilaufbauten.

### 10.1.6 WA-01-Außenwand-HolzMassiv-17,5-KfW55

Lebenszyklus	GWP	ODP	POCP	AP	EP	PE Ges.	PENRT	PENRM	PENRE	PERT	PERM	PERE	ADP elem.	ADP fossil
A1 - A3	-148,2561	3,3116E-10	0,0195	0,1239	0,0251	3,1080E3	626,9079	46,6258	581,0022	2,4811E3	2,0221E3	459,4931	5,2992E-5	587,8245
C3	190,6328	3,0606E-12	1,3641E-4	1,6861E-3	3,1031E-4	-1,4740E3	10,7831	-46,6258	11,6888	-1,4848E3	-2,0221E3	4,5614	4,9053E-7	9,2749
C4	0,4097	2,2763E-15	1,9737E-4	2,6030E-3	2,9286E-4	6,7657	5,9807	0,0000	5,9807	0,7850	0,0000	0,7850	4,1532E-8	5,8114
Instandhaltung	26,0203	1,5757E-10	5,9213E-3	0,0477	7,8923E-3	1,0523E3	430,7541	0,0000	385,7541	621,5526	0,0000	89,2926	4,7141E-5	420,3834
Gesamt	68,8067	4,9179E-10	0,0257	0,1759	0,0336	2,6931E3	1,0744E3	0,0000	984,4258	1,6187E3	0,0000	554,1320	1,0066E-4	1,0233E3
D	-106,7560	-3,0192E-9	-7,4079E-3	-0,1222	-0,0152	-413,4704	-1,4671E3	0,0000	-889,3496	1,0537E3	0,0000	1,1444E3	-3,3568E-5	-1,1731E3

Indikatorenergebnisse basieren auf einen Bilanzierungszeitraum von 50 Jahren und beziehen sich auf 1 m<sup>2</sup> Wandfläche mit den unter 6 Bauteile dargestellten Bauteilaufbauten.

### 10.1.7 DA-01-Flachdach-Holzkonstruktion-Massiv-KfW55

Lebenszyklus	GWP	ODP	POCP	AP	EP	PE Ges.	PENRT	PENRM	PENRE	PERT	PERM	PERE	ADP elem.	ADP fossil
A1 - A3	-172,9993	3,8139E-10	0,0253	0,1637	0,0297	4,1470E3	1,2536E3	519,5846	734,8488	2,8933E3	2,3622E3	531,7633	7,9539E-3	1,2067E3
C3	223,2712	3,6374E-12	1,0317E-4	1,4857E-3	2,4081E-4	-1,7536E3	11,2523	-519,5846	480,0368	-1,7649E3	-2,3622E3	5,2933	4,8694E-7	9,4843
C4	1,1899	3,9353E-15	3,7162E-4	3,2044E-3	3,4348E-3	19,9898	18,6773	0,0000	18,6773	1,3125	0,0000	1,3125	8,9337E-8	18,1038
Instandhaltung	30,9900	1,7506E-10	9,0563E-3	0,0705	0,0120	1,7023E3	1,0206E3	0,0000	970,5818	681,7481	0,0000	90,3481	7,9442E-3	1,0079E3
Gesamt	82,4519	5,6010E-10	0,0348	0,2389	0,0453	4,1157E3	2,3041E3	0,0000	2,2041E3	1,8115E3	0,0000	628,7172	0,0159	2,2422E3
D	-129,2291	-3,3711E-9	-9,1905E-3	-0,1466	-0,0187	-542,9067	-1,7795E3	0,0000	-1,1375E3	1,2366E3	0,0000	1,3374E3	-4,0796E-5	-1,4329E3

Indikatorenergebnisse basieren auf einen Bilanzierungszeitraum von 50 Jahren und beziehen sich auf 1 m<sup>2</sup> Wandfläche mit den unter 6 Bauteile dargestellten Bauteilaufbauten.

### 10.1.8 DA 02 - Decke nach unten gegen unbeheizt – KfW55

Lebenszyklus	GWP	ODP	POCP	AP	EP	PE Ges.	PENRT	PENRM	PENRE	PERT	PERM	PERE	ADP elem.	ADP fossil
A1 - A3	1,1600E4	7,9149E-9	1,4952	24,1111	4,2365	1,7471E5	9,9350E4	3,3626E3	9,5990E4	7,5362E4	1,6165E4	5,9199E4	2,3627E-3	9,1373E4
C3	2,3573E3	2,4633E-11	0,3438	3,7539	0,6381	-2,8165E3	1,0458E4	-3,3626E3	1,3667E4	-1,3275E4	-1,6165E4	1,0995E3	3,1384E-4	1,0190E4
C4	135,9043	7,5499E-13	0,0655	0,8634	0,0971	2,2441E3	1,9837E3	0,0000	1,9837E3	260,3638	0,0000	260,3638	1,3776E-5	1,9275E3
Instandhaltung	875,6121	1,2523E-11	0,2199	3,9407	0,5565	1,2239E4	1,0593E4	0,0000	1,0593E4	1,6465E3	0,0000	1,6465E3	1,8353E-4	1,0129E4
Gesamt	1,4969E4	7,9528E-9	2,1243	32,6691	5,5283	1,8638E5	1,2238E5	0,0000	1,2223E5	6,3994E4	0,0000	6,2205E4	2,8738E-3	1,1362E5
D	-1,0683E3	-1,1532E-8	-0,0368	-1,4308	-0,2257	-4,6490E3	-1,4554E4	0,0000	-1,2612E4	9,9052E3	0,0000	1,0210E4	-3,5767E-4	-1,2140E4

Indikatorenergebnisse basieren auf einen Bilanzierungszeitraum von 50 Jahren und beziehen sich auf 1 m<sup>2</sup> Wandfläche mit den unter 6 Bauteile dargestellten Bauteilaufbauten.

### 10.1.9 WA 01 - Außenwand-KSMassiv-KfW55

Lebenszyklus	GWP	ODP	POCP	AP	EP	PE Ges.	PENRT	PENRM	PENRE	PERT	PERM	PERE	ADP elem.	ADP fossil
A1 - A3	81,4135	6,1380E-8	0,0767	0,0813	0,0159	922,8554	813,5219	161,8056	651,7163	109,3335	0,0000	109,3335	3,6061E-5	784,6510
C3	2,7990	1,5912E-14	1,6586E-3	0,0181	3,1376E-3	51,7856	46,7766	0,0000	46,7766	5,0090	0,0000	5,0090	1,5693E-6	45,6489
C4	14,1530	3,5283E-11	3,9512E-4	4,7494E-3	6,0534E-4	12,0866	10,7339	0,0000	9,0059	1,3527	0,0000	1,1820	2,4434E-7	10,2342
Instandhaltung	33,4583	6,1415E-8	0,0824	0,0464	5,3470E-3	469,6707	438,4561	161,8056	274,9225	31,2146	0,0000	31,0440	4,1856E-5	423,6968
Gesamt	131,8238	1,2283E-7	0,1612	0,1505	0,0250	1,4564E3	1,3095E3	323,6112	982,4213	146,9099	0,0000	146,5686	7,9731E-5	1,2642E3
D	-7,9561	-2,1600E-9	-7,2761E-4	-0,0118	-1,4874E-3	-133,3365	-119,7787	0,0000	-11,0587	-13,5578	0,0000	-3,1538	-9,2219E-7	-103,7999

Indikatorenergebnisse basieren auf einen Bilanzierungszeitraum von 50 Jahren und beziehen sich auf 1 m<sup>2</sup> Wandfläche mit den unter 6 Bauteile dargestellten Bauteilaufbauten.

10.1.10 DA 01 – Flachdach-StaBe-KfW55

Lebenszyklus	GWP	ODP	POCP	AP	EP	PE Ges.	PENRT	PENRM	PENRE	PERT	PERM	PERE	ADP elem.	ADP fossil
A1 - A3	77,8404	8,0806E-8	0,1022	0,1478	0,0200	1,4698E3	1,3423E3	649,8635	692,4024	127,5487	0,0000	127,5487	8,0710E-3	1,2847E3
C3	1,9021	2,8535E-12	2,4305E-4	2,7586E-3	5,4453E-4	22,5418	17,9505	-467,7080	485,6585	4,5913	0,0000	4,5913	4,7248E-7	15,6866
C4	16,4325	3,9205E-11	5,7800E-4	5,4133E-3	3,7621E-3	25,4443	23,5541	0,0000	21,6341	1,8902	0,0000	1,7006	3,1187E-7	22,6249
Instandhaltung	38,1606	7,1034E-8	0,0939	0,0778	8,8388E-3	1,0229E3	1,0026E3	186,8985	813,7324	20,3504	0,0000	20,1608	7,9287E-3	985,2548
Gesamt	134,3356	1,5188E-7	0,1969	0,2338	0,0332	2,5408E3	2,3864E3	369,0540	2,0134E3	154,3806	0,0000	154,0014	0,0160	2,3082E3
D	-18,1089	-2,4396E-9	-2,0933E-3	-0,0260	-4,0449E-3	-317,5330	-262,6170	0,0000	-141,2770	-54,9160	0,0000	-43,3047	-4,0542E-6	-227,6591

Indikatorenergebnisse basieren auf einen Bilanzierungszeitraum von 50 Jahren und beziehen sich auf 1 m<sup>2</sup> Wandfläche mit den unter 6 Bauteile dargestellten Bauteilaufbauten.

### 10.1.11 WA-01-Außenwand-HolzMassiv-17,5-KfW40plus

Lebenszyklus	GWP	ODP	POCP	AP	EP	PE Ges.	PENRT	PENRM	PENRE	PERT	PERM	PERE	ADP elem.	ADP fossil
A1 - A3	-158,0961	3,8366E-10	0,0212	0,1357	0,0270	3,4332E3	751,7079	61,8658	690,8022	2,6815E3	2,1997E3	482,4731	5,9832E-5	710,8245
C3	206,8988	3,0606E-12	1,3641E-4	1,6861E-3	3,1031E-4	-1,4740E3	10,7831	-61,8658	11,6888	-1,4848E3	-2,1997E3	4,5614	4,9053E-7	9,2749
C4	0,4097	2,2763E-15	1,9737E-4	2,6030E-3	2,9286E-4	6,7657	5,9807	0,0000	5,9807	0,7850	0,0000	0,7850	4,1532E-8	5,8114
Instandhaltung	32,4463	2,1007E-10	7,6073E-3	0,0594	9,7883E-3	1,3775E3	555,5541	0,0000	495,5541	821,9526	0,0000	112,2726	5,3981E-5	543,3834
Gesamt	81,6587	5,9679E-10	0,0291	0,1994	0,0374	3,3435E3	1,3240E3	0,0000	1,2040E3	2,0195E3	0,0000	600,0920	1,1434E-4	1,2693E3
D	-120,2980	-3,9552E-9	-7,7913E-3	-0,1363	-0,0163	-636,3104	-1,6597E3	0,0000	-889,3496	1,0234E3	0,0000	1,1444E3	-3,5542E-5	-1,3231E3

Indikatorenergebnisse basieren auf einen Bilanzierungszeitraum von 50 Jahren und beziehen sich auf 1 m<sup>2</sup> Wandfläche mit den unter 6 Bauteile dargestellten Bauteilaufbauten.

### 10.1.12 DA-01-Flachdach-Holzkonstruktion-Massiv-KfW40plus

Lebenszyklus	GWP	ODP	POCP	AP	EP	PE Ges.	PENRT	PENRM	PENRE	PERT	PERM	PERE	ADP elem.	ADP fossil
A1 - A3	-2,2917E4	5,6736E-8	3,3972	22,1764	3,9719	5,6736E5	1,7686E5	6,5943E4	1,1106E5	3,9051E5	3,2164E5	6,8978E4	0,9638	1,7082E5
C3	3,0296E4	4,4012E-10	0,0125	0,1798	0,0291	-2,1219E5	1,3615E3	-6,5943E4	5,8084E4	-2,1355E5	-3,2164E5	640,4893	5,8919E-5	1,1476E3
C4	143,9796	4,7617E-13	0,0450	0,3877	0,4156	2,4188E3	2,2600E3	0,0000	2,2600E3	158,8140	0,0000	158,8140	1,0810E-5	2,1906E3
Instandhaltung	5,0457E3	3,1770E-8	1,4358	10,9005	1,8310	2,7156E5	1,4866E5	0,0000	1,3958E5	1,2291E5	0,0000	1,5566E4	0,9626	1,4677E5
Gesamt	1,2568E4	8,8947E-8	4,8905	33,6444	6,2476	6,2916E5	3,2914E5	0,0000	3,1099E5	3,0002E5	0,0000	8,5343E4	1,9265	3,2092E5
D	-1,8368E4	-5,9667E-7	-1,1894	-20,5842	-2,4781	-1,1063E5	-2,5416E5	0,0000	-1,3764E5	1,4353E5	0,0000	1,6183E5	-5,3344E-3	-2,0364E5

Indikatorenergebnisse basieren auf einen Bilanzierungszeitraum von 50 Jahren und beziehen sich auf 1 m<sup>2</sup> Wandfläche mit den unter 6 Bauteile dargestellten Bauteilaufbauten.

### 10.1.13 DA 02 - Decke nach unten gegen unbeheizt – KfW40plus

Lebenszyklus	GWP	ODP	POCP	AP	EP	PE Ges.	PENRT	PENRM	PENRE	PERT	PERM	PERE	ADP elem.	ADP fossil
A1 - A3	1,1941E4	7,9198E-9	1,5797	25,6566	4,4555	1,7932E5	1,0331E5	3,3626E3	9,9953E4	7,6004E4	1,6165E4	5,9841E4	2,4347E-3	9,5157E4
C3	2,3634E3	2,4686E-11	0,3456	3,7631	0,6393	-2,5825E3	1,0682E4	-3,3626E3	1,3891E4	-1,3265E4	-1,6165E4	1,1094E3	3,1488E-4	1,0409E4
C4	139,3090	7,7391E-13	0,0671	0,8850	0,0996	2,3003E3	2,0334E3	0,0000	2,0334E3	266,8864	0,0000	266,8864	1,4121E-5	1,9758E3
Instandhaltung	1,2259E3	1,7532E-11	0,3078	5,5170	0,7791	1,7135E4	1,4830E4	0,0000	1,4830E4	2,3050E3	0,0000	2,3050E3	2,5694E-4	1,4181E4
Gesamt	1,5670E4	7,9628E-9	2,3002	35,8217	5,9735	1,9617E5	1,3086E5	0,0000	1,3071E5	6,5311E4	0,0000	6,3522E4	3,0207E-3	1,2172E5
D	-1,0683E3	-1,1532E-8	-0,0368	-1,4308	-0,2257	-4,6490E3	-1,4554E4	0,0000	-1,2612E4	9,9052E3	0,0000	1,0210E4	-3,5767E-4	-1,2140E4

Indikatorenergebnisse basieren auf einen Bilanzierungszeitraum von 50 Jahren und beziehen sich auf 1 m<sup>2</sup> Wandfläche mit den unter 6 Bauteile dargestellten Bauteilaufbauten.

#### 10.1.14 WA01-Außenwand-KSMassiv-KfW40plus

Lebenszyklus	GWP	ODP	POCP	AP	EP	PE Ges.	PENRT	PENRM	PENRE	PERT	PERM	PERE	ADP elem.	ADP fossil
A1 - A3	84,9835	8,1840E-8	0,1035	0,0894	0,0167	1,0327E3	922,1219	215,7408	706,3811	110,6115	0,0000	110,6115	3,7477E-5	890,8510
C3	2,7990	1,5912E-14	1,6586E-3	0,0181	3,1376E-3	51,7856	46,7766	0,0000	46,7766	5,0090	0,0000	5,0090	1,5693E-6	45,6489
C4	18,6650	4,7043E-11	4,2776E-4	5,0260E-3	6,6012E-4	12,7195	11,3099	0,0000	9,0059	1,4096	0,0000	1,1820	3,0494E-7	10,7286
Instandhaltung	41,5403	8,1887E-8	0,1093	0,0548	6,1517E-3	580,1816	547,6321	215,7408	329,5873	32,5495	0,0000	32,3220	4,3333E-5	530,3912
Gesamt	147,9878	1,6377E-7	0,2149	0,1674	0,0266	1,6774E3	1,5278E3	431,4816	1,0918E3	149,5796	0,0000	149,1246	8,2684E-5	1,4776E3
D	-10,3321	-2,8800E-9	-1,0294E-3	-0,0151	-1,8570E-3	-173,0445	-156,0187	0,0000	-11,0587	-17,0258	0,0000	-3,1538	-1,1682E-6	-135,0599

Indikatorenergebnisse basieren auf einen Bilanzierungszeitraum von 50 Jahren und beziehen sich auf 1 m<sup>2</sup> Wandfläche mit den unter 6 Bauteile dargestellten Bauteilaufbauten.

### 10.1.15 DA 01 – Flachdach-StaBe-KfW40plus

Lebenszyklus	GWP	ODP	POCP	AP	EP	PE Ges.	PENRT	PENRM	PENRE	PERT	PERM	PERE	ADP elem.	ADP fossil
A1 - A3	83,7904	1,1491E-7	0,1469	0,1614	0,0213	1,6530E3	1,5233E3	739,7555	783,5104	129,6787	0,0000	129,6787	8,0733E-3	1,4617E3
C3	1,9021	2,8535E-12	2,4305E-4	2,7586E-3	5,4453E-4	22,5418	17,9505	-467,7080	485,6585	4,5913	0,0000	4,5913	4,7248E-7	15,6866
C4	23,9525	5,8805E-11	6,3240E-4	5,8743E-3	3,8534E-3	26,4991	24,5141	0,0000	21,6341	1,9850	0,0000	1,7006	4,1287E-7	23,4489
Instandhaltung	51,6306	1,0515E-7	0,1386	0,0919	0,0102	1,2071E3	1,1846E3	276,7905	904,8404	22,5752	0,0000	22,2908	7,9311E-3	1,1631E3
Gesamt	161,2756	2,2012E-7	0,2865	0,2619	0,0358	2,9091E3	2,7503E3	548,8380	2,1956E3	158,8302	0,0000	158,2614	0,0160	2,6639E3
D	-22,0689	-3,6396E-9	-2,5963E-3	-0,0315	-4,6609E-3	-383,7130	-323,0170	0,0000	-141,2770	-60,6960	0,0000	-43,3047	-4,4642E-6	-279,7591

Indikatorenergebnisse basieren auf einen Bilanzierungszeitraum von 50 Jahren und beziehen sich auf 1 m<sup>2</sup> Wandfläche mit den unter 6 Bauteile dargestellten Bauteilaufbauten.

## 10.2 Gesamtübersicht zur Ökobilanz – Tabellarisch [kgCO<sub>2</sub>-Äq/m<sup>2</sup>NRFa]

### 10.2.1 Mit PV für EH40plus

Gebäudetyp	D [kgCO <sub>2</sub> -Äq/m <sup>2</sup> NRFa]	A1-A3,B3,C3,C4 [kgCO <sub>2</sub> -Äq/m <sup>2</sup> NRFa]	B6 [kgCO <sub>2</sub> -Äq/m <sup>2</sup> NRFa]	SUMME Exkl. D
<b>Einfamilienhaus</b>				
EH-Holz-4DD9 (GEG)	-5,3	5,24	10,85	16,09
EH-Holz-4DD9 (EH55)	-5,66	5,78	9,98	15,76
EH-Holz-4DD9 (EH40plus)	-6,27	6,43	4,35	10,78
EH-Massiv-4DD9 (GEG)	-0,74	9,10	10,85	19,95
EH-Massiv-4DD9 (EH55)	-0,79	9,68	9,98	19,66
EH-Massiv-4DD9 (EH40plus)	-0,9	10,51	4,35	14,86
<b>Doppelhaushälfte</b>				
DHH-Holz-4DE3 (GEG)	-5,09	5,23	11,50	16,73
DHH-Holz-4DE3 (EH55)	-5,43	5,55	10,35	15,90
DHH-Holz-4DE3 (EH40plus)	-6,01	6,19	4,51	10,70
DHH-Massiv-4DE3 (GEG)	-0,71	8,9	11,50	20,40
DHH-Massiv-4DE3 (EH55)	-0,76	9,28	10,35	19,63
DHH-Massiv-4DE3 (EH40plus)	-0,87	10,04	4,51	14,55
<b>Reihenhaus</b>				
RH-Holz-4DF9 (GEG)	-4,13	3,81	9,69	13,50
RH-Holz-4DF9 (EH55)	-4,36	4,16	8,85	13,01
RH-Holz-4DF9 (EH40plus)	-4,75	4,6	3,82	8,42
RH-Massiv-4DF9 (GEG)	-0,54	6,63	9,69	16,32
RH-Massiv-4DF9 (EH55)	-0,58	7,02	8,85	15,87
RH-Massiv-4DF9 (EH40plus)	-0,65	7,54	3,82	11,36
<b>Geschosswohnungsbau klein</b>				
MFH-Holz-4E08 (GEG)	-4,16	3,63	7,96	11,59
MFH-Holz-4E08 (EH55)	-4,36	3,93	7,05	10,98
MFH-Holz-4E08(EH40Plus)	-4,71	4,31	-0,63	3,68
MFH-Massiv-4E08 (GEG)	-0,50	6,23	7,96	14,19
MFH-Massiv-4E08 (EH55)	-0,54	6,55	7,05	13,60
MFH-Massiv-4E08(EH40Plus)	-0,56	7,02	-0,63	6,39
<b>Geschosswohnungsbau groß</b>				
MFH-Holz-4F27 (GEG)	-3,23	2,86	8,00	10,86
MFH-Holz-4F27 (EH55)	-3,41	3,10	6,89	9,99
MFH-Holz-4F27 (EH40plus)	-3,71	3,39	-1,04	2,35
MFH-Massiv-4F27 (GEG)	-0,39	5,13	8,00	13,13
MFH-Massiv-4F27 (EH55)	-0,42	5,41	6,89	12,30
MFH-Massiv-4F27 (EH40plus)	-0,48	5,80	-1,04	4,76

## 10.2.2 Mit PV für alle Gebäudetypen

Gebäudetyp	D [kgCO <sub>2</sub> -Äq/m <sup>2</sup> NRFa]	A1-A3,B3,C3,C4 [kgCO <sub>2</sub> -Äq/m <sup>2</sup> NRFa]	B6 [kgCO <sub>2</sub> -Äq/m <sup>2</sup> NRFa]	SUMME Exkl. D
<b>Einfamilienhaus</b>				
EH-Holz-4DD9 (GEG)	-5,3	5,24	5,50	10,74
EH-Holz-4DD9 (EH55)	-5,66	5,78	4,63	10,41
EH-Holz-4DD9 (EH40plus)	-6,27	6,43	4,35	10,78
EH-Massiv-4DD9 (GEG)	-0,74	9,10	5,50	14,60
EH-Massiv-4DD9 (EH55)	-0,79	9,68	4,63	14,31
EH-Massiv-4DD9 (EH40plus)	-0,9	10,51	4,35	14,86
<b>Doppelhaushälfte</b>				
DHH-Holz-4DE3 (GEG)	-5,09	5,23	5,42	10,65
DHH-Holz-4DE3 (EH55)	-5,43	5,55	4,27	9,82
DHH-Holz-4DE3 (EH40plus)	-6,01	6,19	4,51	10,70
DHH-Massiv-4DE3 (GEG)	-0,71	8,9	5,42	14,32
DHH-Massiv-4DE3 (EH55)	-0,76	9,28	4,27	13,55
DHH-Massiv-4DE3 (EH40plus)	-0,87	10,04	4,51	14,55
<b>Reihenhaus</b>				
RH-Holz-4DF9 (GEG)	-4,13	3,81	4,00	7,81
RH-Holz-4DF9 (EH55)	-4,36	4,16	3,16	7,32
RH-Holz-4DF9 (EH40plus)	-4,75	4,6	3,82	8,42
RH-Massiv-4DF9 (GEG)	-0,54	6,63	4,00	10,63
RH-Massiv-4DF9 (EH55)	-0,58	7,02	3,16	10,18
RH-Massiv-4DF9 (EH40plus)	-0,65	7,54	3,82	11,36
<b>Geschosswohnungsbau klein</b>				
MFH-Holz-4E08 (GEG)	-4,16	3,63	0,52	4,15
MFH-Holz-4E08 (EH55)	-4,36	3,93	-0,40	3,53
MFH-Holz-4E08(EH40Plus)	-4,71	4,31	-0,63	3,68
MFH-Massiv-4E08 (GEG)	-0,5	6,23	0,52	6,75
MFH-Massiv-4E08 (EH55)	-0,54	6,55	-0,40	6,15
MFH-Massiv-4E08(EH40Plus)	-0,56	7,02	-0,63	6,39
<b>Geschosswohnungsbau groß</b>				
MFH-Holz-4F27 (GEG)	-3,23	2,86	0,21	3,07
MFH-Holz-4F27 (EH55)	-3,41	3,10	-0,90	2,20
MFH-Holz-4F27 (EH40plus)	-3,71	3,39	-1,04	2,35
MFH-Massiv-4F27 (GEG)	-0,39	5,13	0,21	5,34
MFH-Massiv-4F27 (EH55)	-0,42	5,41	-0,90	4,51
MFH-Massiv-4F27 (EH40plus)	-0,48	5,80	-1,04	4,76