



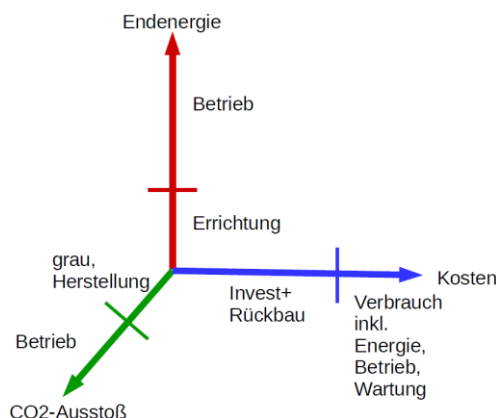
Deutscher
Holzfertigbau-
Verband e.V.

Projektbericht

DHV-Haus

Ökobilanzierung von Gebäudehülle und Haustechnik

Stand: März 2022



ÜBERSICHT

1. PROJEKTbeschreibung.....	2
2. BEISPIELGEBÄUDE	3
2.1 EINFAMILIENHAUS (EFH)	3
2.2 MEHRFAMILIENHAUS – 6 WOHNEinHEITEN (6FH)	4
3. ENERGIE- UND ÖKOBILANZEN DER GEBÄUDEHÜLLE	5
3.1 BEWERTUNGSKRITERIEN	7
3.2 FAKTOREN FÜR CO ₂ -TREIBHAUSGASEMISSIONEN UND PRIMÄRENERGIE	9
3.3 EINFAMILIENHAUS.....	10
3.3.1 WICHTIGE STELLSCHRAUBEN	10
3.4 MEHRFAMILIENHAUS - 6 WOHNEinHEITEN (6 FH).....	12
3.4.1 WICHTIGE STELLSCHRAUBEN	12
4. ALLGEMEINE HINWEISE.....	14
5. LITERATURVERZEICHNIS	14
6. ANHANG A - BAUTEILAUFBAUTEN EINFAMILIENHAUS	15



Deutscher
Holzfertigbau-
Verband e.V.

1. Projektbeschreibung

Der Deutsche Holzfertigbauverband e.V., Ostfildern, hat das DHV-Haus-Projekt initiiert, um seinen Mitgliedern einfach nutzbare Arbeitshilfen an die Hand zu geben für die Auswahl der Haustechnik bei Wohngebäuden. Ziel ist dabei, dass die gewählte Gebäudetechnik für die Zukunft tauglich ist und zum Gebäude passt. Damit sollen die von den Mitgliedsbetrieben heute gebauten Gebäude die in Paris vereinbarten Klimaziele einhalten helfen.

Betrachtet werden für 2 durchschnittliche Gebäude, ein Einfamilienhaus (EFH) und ein Sechsfamilienhaus (6FH) in Gebäudeklasse 3, über ihren Lebenszyklus die Gebäudekonstruktion in Passivhaus- und Holzbauweise sowie die Haustechnik. Es handelt sich dabei um kein Musterhaus, die Bauteilaufbauten sollen neutral und vergleichbar sein. Die Unterschiede von Varianten der Konstruktion der Gebäudehülle wurde bereits in ausreichend vielen anderen Veröffentlichungen untersucht, auf diese wird zur Lösung dieser Fragestellung verzichtet. Die Betrachtung beinhaltet

- Energieaufwendungen,
- Klimagasemissionen und
- Schadstoffemissionen

sowohl für (in Klammer Phase nach [DIN EN 15978])

- Herstellung (A),
- Betrieb und Wartung (B) sowie
- Rückbau (C).

Die Entsorgung (D) wird vorläufig mangels ausreichender Datenlage noch unberücksichtigt gelassen. Gerade beim Holzbau ist hier noch nicht normativ geklärt, in wieweit das Holz als Baustoff direkt weiter genutzt werden kann und somit noch höhere Einsparungen erzielen könnte. Dies soll in späteren Fassungen dieser Veröffentlichung nachgeholt werden.

Die Auswahl der Gebäudetechnik kann nicht einfach mit einem linearen Indikator gewählt werden, da unterschiedliche Entscheidungskriterien in mehreren Auswahlmöglichkeiten zugrunde liegen (vgl. Abbildung 1).

Die Gebäudetechnik spielt vor allem in sehr energieeffizienten Gebäuden in Holzbauweise eine größere Rolle. Deswegen wurde die Gebäudehülle für diese Aufgabe als relativ gute Passivhaus-Holzbau-Hülle ausgewählt.

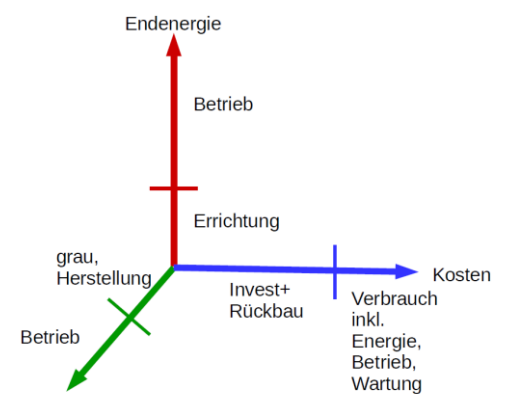


Abbildung 1: Die wichtigsten Kriterien, die für unterschiedliche Phasen zur Entscheidungsfindung berücksichtigt werden



2. Beispielgebäude

Die Beispielgebäude wurden aus Umfragen der von den Mitglieder gebauten Gebäude ermittelt. Dabei wurden sowohl die durchschnittlichen Maße, als auch sonstigen Eigenschaften angesetzt. Da manche Eigenschaften nicht gemittelt werden können, wurden diese in der Arbeitsgruppe ausgewählt. Hierzu zählt beispielsweise die Dachform, die in beiden Fällen als Satteldach gewählt wurde, sowie die Frage der Unterkellerung.

Für die Berechnung der Energiebilanz werden beide Gebäude nach Südwesten mit ihrer Hauptfassade orientiert. Damit liegt ein Giebel als Nebenfassade Richtung Südosten.

Die Gebäude haben in keinem Fall eine Fußbodenheizung, da diese für das Passivhausprinzip kontraproduktiv ist. Die Trägheit einer Fußbodenheizung widerspricht den Anforderungen an eine Passivhausheizung wodurch auch mögliche passiv-solare Gewinne deutlich reduziert werden.

2.1 Einfamilienhaus (EFH)



Abbildung 2: EFH Beispielgebäude der Mitglieder, aus denen das Mustergebäude ermittelt wurde

Dem Einfamilienhaus liegen über 30 Beispielgebäude der Mitglieder zugrunde (Abbildung 2). Da gewählte Einfamilienhaus hat keinen Keller und ein Satteldach mit 26° Dachneigung. Die Maße sind in Tabelle 1 eingetragen.

	Maß	Einheit
Energiebezugsfläche nach PHPP	170	m ²
Energiebezugsfläche A _N	225	m ²
Länge	12	m
Breite	10	m
Firshöhe	7,7	m
Traufhöhe	5	m
Fensterfläche Süd	28	%
Fensterfläche Ost-West	9 – 20	%
Fensterfläche Nord	5	%

Tabelle 1: Grundlagendaten des EFH

Die Bauteile sind passivhaus-tauglich ausgeführt. Ziel ist kein Musterkatalog an Bauteilen. Jedoch wurden die Bauteilaufbauten als Grundlage für die Ökobilanz hinsichtlich aller bauphysikalischen Anforderungen und der Wohngesundheit geprüft.



Deutscher
Holzfertigbau-
Verband e.V.

Bezogen auf eine Wärmeleitfähigkeit von 0,040 W/(mK) wurden folgende Dämmdicken mit den resultierenden U-Werten gewählt:

	Dämmdicke [cm]	U-Wert [W/(m ² K)]
Dach	43	0,09
Wand	46	0,10
Bodenplatte	32	0,12

Tabelle 2: Dämmdicken und daraus resultierende U-Werte für das EFH

Die Unterschiede entstehen durch unterschiedliche Holzanteile. Im Dach wurde mit Stegträgern gerechnet. Alle Bauteilaufbauten im Detail sind in Anhang B dargestellt.

2.2 Mehrfamilienhaus – 6 Wohneinheiten (6FH)

Für das 6-Familienhaus in Gebäudeklasse 3 wurden 19 Beispielgebäude der Mitglieder eingereicht. (Abbildung 23)



Abbildung 3: 6FH Beispielgebäude der Mitglieder, aus denen das Mustergebäude ermittelt wurde

Das gewählte Sechsfamilienhaus hat einen unbeheizten Keller und ein Satteldach mit 25° Dachneigung. Der Abgang in den Keller wird nicht aus dem beheizten Bereich, sondern über einen Windfang oder ähnliches gestaltet. Ebenso wird der Aufzug als Außenaufzug außerhalb der beheizten Hülle realisiert. Die Aufzugstüren sind damit gedämmte Türen zum beheizten Raum. Die Maße sind in Tabelle 3 eingetragen.

	Maß	Einheit
Energiebezugsfläche nach PHPP	450	m ²
Energiebezugsfläche A _N	650	m ²
Länge	22	m
Breite	12,5	m
Firsthöhe	9,6	m
Traufhöhe	7	m
Fensterfläche Süd	45	%
Fensterfläche Ost-West	10 - 20	%
Fensterfläche Nord	10	%

Tabelle 3: Grundlagendaten des 6FH

Die Bauteile sind passivhaus-tauglich ausgeführt. Ziel ist kein Musterkatalog an Bauteilen. Jedoch wurden die Bauteilaufbauten als Grundlage für die Ökobilanz



hinsichtlich aller bauphysikalischen Anforderungen und der Wohngesundheit geprüft.

	Dämmdicke [cm]	U-Wert [W/(m ² K)]
Dach	42	0,09
Wand	46	0,10
Bodenplatte	32	0,12

Tabelle 4: Dämmdicken und daraus resultierende U-Werte für das 6FH

Die Unterschiede entstehen durch unterschiedliche Holzanteile. Im Dach wurde mit Stegrägern gerechnet, um die Holzanteile zu minimieren. Alle Bauteilaufbauten im Detail sind in Anhang B dargestellt.

3. Energie- und Ökobilanzen der Gebäudehülle

Eine allgemeine Beschreibung zur Ökobilanzierung von (Holz-) Gebäuden findet sich im „Statusbericht Ökobilanzierung“ (Röttgen & Köhnken, 2020).

Eine Vielzahl von Studien zeigt auf, dass sowohl hinsichtlich der Energie- als auch der Ökobilanz der Passivhausstandard das Optimum hinsichtlich der Gebäudehülle darstellt (u.a. (König, 2017)). Deswegen ist hier dieser Energiestandard mit einem Heizwärmebedarf von 15 kWh/(m²a) gesetzt und wird nicht weiter beleuchtet. Die Heizlast muss jedoch bei Ansatz der vorgestellten Bauteile in jedem Fall geprüft werden. Es kann sein, dass in einzelnen Räumen die Beheizung über die Zuluft nicht ausreicht und zusätzliche Heizkörper notwendig sind.

Die Frage ist hier, welche Spielräume die Anwender*innen innerhalb dieser Grenze in der Gebäudegestaltung hinsichtlich Wandaufbauten und Fensterflächen haben, und welche Auswirkungen dies auf die Ökobilanz hat.

Dabei gibt es allgemeingültige Aussagen, die hier in den folgenden Kapiteln im Detail nicht weiter erläutert werden. Dazu zählt, dass Dämmstoffe aus synthetischer, rohölbasierter Herkunft höhere Emissionen und Aufwendungen haben, als solche aus nachwachsenden Rohstoffen. Ebenso sind gebrannte oder geschmolzene Baustoffe, wie Zement, Ziegel, Glas (-schaum), Mineralwolle, Kalk oder Gips mit höherem Aufwand verbunden, als Baustoffe auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen. Eine Gesamtanalyse für durchschnittliche Fertighäuser (Holzrahmen- und Holzskelett-Bau) und den einzelnen Baustoffen findet sich detailliert im „Thünen Report“ (Achenbach & Rüter, 2016). Beton und Glas sind mit die größten Posten der Ökobilanzen. Diesbezüglich werden im Folgenden keine weiteren Stellschrauben beschrieben. Beispielsweise ist demnach ein Trockenestrich aus Holzfaserverplatten hinsichtlich der Ökobilanz wesentlich günstiger, als ein Zementestrich. Wenn jedoch bauphysikalische Anforderungen (Brand-, Schall- oder Feuchteschutz) oder Platzbeschränkungen (Wärmeschutz durch zu hohe Wärmeleitfähigkeiten) dem Einsatz nachwachsender Rohstoffe entgegen stehen, müssen auch ökobilanziell ungünstigere Baustoffe zum Einsatz kommen, die diese erfüllen können. Oft gibt es dabei auch Möglichkeiten, die einen Kompromiss der beiden



Anforderungen darstellen: um beim Estrichbeispiel zu bleiben, können Bodenaufbauten für einen besseren Schallschutz mit Schüttungen (Splitt, Sand, Perlite) oder Gipsfaserplatten ausgeführt werden.

Fenster und Glasbauteile haben einen besonders hohen Einfluss auf das Gebäude. Sowohl die gestalterische Qualität, also auch hinsichtlich der Energieaufwendungen der Herstellung (Ökobilanz), des Einbaus (Luftdichtheit), dem Energieverbrauch (Energiebilanz, Lichtstrom) sowieso bis hin zu den Kosten (Faktor 3-4 zur Wand, Wirtschaftlichkeit). Das großzügige Einplanen von Fenstern hat also mehrfach einen (meist nachteiligen) Einfluss auf all diese Berechnungen.

Zu beachten ist generell, dass der Bewertungsmaßstab bei der Erstellung von Ökobilanzen sich häufig auf das Materialgewicht bezieht. Also beispielsweise 1 kg Estrich. Wenn man Datensätze vergleicht, ist deswegen die Dicke des verbauten Materials sowie die Dichte relevant, um verschiedene Baustoffe vergleichen zu können.

Bei Mineralwolle beispielsweise ist der ökobilanzielle Aufwand linear von der Rohdichte des Materials abhängig. Wenn nun unterschiedliche Qualitäten des Materials verglichen werden, stellt man u.U. überraschendes fest (Tab. 5):

Typ	Wärmeleitfähigkeit W/(mK)	Rohdichte kg/M ³	U _{Dach} -Wert bei 20 cm W/(m ² K)
WLS 032	0,032	28	0,156
WLS 035 (Basis)	0,035	20	0,171
Differenz %	- 8,6	+ 40	- 8,4

Tabelle 5: Abhängigkeit von Wärmeleitfähigkeit und Dichte bei Mineralwolle, Quelle (ISOVER Produkt-Katalog 2018, 2018)

Anmerkung: Bei Knauf wird die Mineralwolle mit WLS 032 mit 31 +/- 10% kg/m³ angegeben, das Verhältnis ist also noch etwas ungünstiger. Als Daumenwert sind +50% Herstellungsaufwand beim WLS-Wechsel von 035 zu 032 zu empfehlen

Durch Einsatz hochwertigerer Dämmstoffe, die den U-Wert um knapp 10% senken, steigt der Herstellungsaufwand um ca. 50% in Bezug auf den Dämmstoff im Dachaufbau. Wenn eine halbwegs passable Außenwand gedämmt wird oder statisch mehr Dübel für die schwerere Dämmung erforderlich werden, wird dieser Effekt noch deutlich ungünstiger. Zum einen, weil die Verbesserung des U-Werts etwas geringer ausfällt (Zitat Robert Borsch-Laaks: „Wo nichts ist bringt wenig viel.“), zum anderen wegen der evtl. zusätzlichen Aufwendungen für die Befestigung. Damit wird klar, dass allgemeine Aussagen nur schwer zu treffen sind. Eine Betrachtung im Einzelfall ist für die Dämmstoffe immer sinnvoll und kann bei der Optimierung der Lebenszyklusbilanz des Gebäudes eine Stellschraube sein.



Eine allgemeine grobe Einteilung nach Reihenfolge der ökobilanziellen Aufwendungen für Dämmstoffe bezogen auf die Dämmwirkung könnte sein:

- Stroh
- Holzfaser / Zellulosefaser – Einblasdämmung
- Holzfaserplatten geringe Rohdichte
- Mineralwolle Gefachdämmung
- Polystyrol, Mineralwolle Lamelle/WDVS, Polyurethan, Holzfaserdämmplatten mittlere Dichte
- Holzfaserdämmplatten hohe Dichte

In diesem Kapitel werden also die Energie- und Ökobilanzen für die Standardaufbauten (siehe Anhang) dargestellt.

3.1 Bewertungskriterien

Zur Bewertung der Ökobilanz sind verschiedene Punkte zu beachten:

1. Entscheidend für jede Ökobilanz ist der Umfang der betrachteten Prozesse gemäß [(DIN EN 15978, 2012)] (siehe Abb. 4). Für die Bewertung wird in diesem Projekt mit dem Bauteileditor [eLCA] gearbeitet, dem die Daten der [Ökobaudat] zugrunde liegen. Damit werden die Prozesse A1-A3, B2, C3 und C4 berücksichtigt. Prozess D wird ebenfalls ausgewertet, jedoch nicht automatisch in die Gesamtsumme mit eingerechnet (siehe Punkt 3.).

Außerdem wird über eine Haustechniksimulation mit Polysun der Energiebedarf des Gebäudes berechnet und auf die Lebensdauer hochgerechnet, um die Lebenszyklusbilanz abzuschließen. Auf diesem Teil liegt im nächsten Schritt der Ausarbeitung der Fokus, da der Anteil der Nutzungsphase klassisch den höchsten Anteil an der Lebenszyklusbilanz hat.

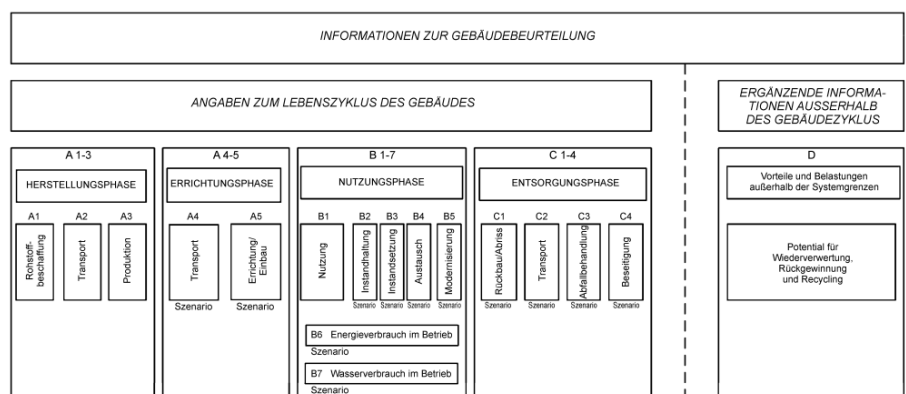


Abbildung 4: Prozesse der verschiedenen Lebenszyklusstadien des Gebäudes nach (DIN EN 15978, 2012)



2. Die eingesetzten Energieträger für den Betrieb werden bislang in gängigen Ökobilanzen nur mit den nicht-erneuerbaren Anteilen bewertet. Wenn wir nun eine Optimierung für die Zeit nach der Energiewende mit 100% erneuerbaren Energieträgern sinnvoll erstellen wollen, dürfen wir die erneuerbaren Energien nicht unterschlagen.

Zum Stand dieses Zwischenberichts wird die Wahl des zukünftigen Primärenergiefaktors noch diskutiert. Vorläufig werden noch die aktuell üblichen nicht-regenerativen Anteile der Energie verglichen (siehe nächstes Kapitel).

3. Gerade beim Holzbau wichtig ist die Bewertung der im Holz gespeicherten Energie. Faktisch wirkt das verbaute Holz als CO₂-Speicher, es wird also CO₂ aus der Atmosphäre im Gebäude gebunden. Wenn nur nicht-regenerative Energie bewertet wird, wird diese Energie auch nicht berücksichtigt. Wird die Gesamtenergie bewertet, wird beim Bau der Energiebedarf angesetzt. Die Frage hierbei ist nun, was mit dem Holz in Prozess D nach [DIN EN 15978] geschieht. Bei der Entsorgung durch Verbrennung wird erneuerbares CO₂ freigesetzt, beim Realrecycling (z.B. Zellulosedämmung und KVH (keilgezinkt) wird wiederverwertet) kann diese Energie als Gutschrift angesetzt werden. Dies macht also einen großen Unterschied, auch im Vergleich zu massiven Baustoffen, deren hohe Herstellungsaufwendungen bei einem Recycling ebenfalls gutgeschrieben werden. Gerade bei Beton ist das etwas fragwürdig, da der energiereiche Zement nur als Füllstoff und nicht als Bindemittel wiederverwendet werden kann und damit die Ökobilanz von Recyclingbeton nicht relevant besser ist. Die bisher vorhandenen Bewertungen sind deswegen noch nicht sinnvoll und wirklich vergleichbar, es ist ein Nachteil für den Holzbau.
4. Schließlich ist die angesetzte Lebensdauer des Gebäudes ein entscheidender Faktor, da die Herstellungsenergie der Gebäudehülle im Verhältnis zum jährlichen Verbrauch bei steigender Lebensdauer sinkt. Da auch immer wieder Umbaumaßnahmen über die Lebensdauer eines Gebäudes notwendig werden (Prozess B5 in Abbildung 4), die nicht planbar und vorab berechenbar sind, wird im Bauteileditor mit 50 Jahren Gebäudelebensdauer gerechnet. Hier geht es jedoch schwerpunktmäßig um Haustechnik, die ohnehin spätestens alle 15-20 Jahre erneuert werden muss (Prozess B4 in Abbildung 4). Deswegen ist der Ansatz einer Lebensdauer von 50 Jahren angemessen. Weiterhin sind für diese Betrachtung auch die Wartung und Instandhaltung der TGA wichtig (Prozesse B2 und B3 in Abbildung 4), die normalerweise nicht im Bauteileditor enthalten sind und hier ergänzt werden.



3.2 Faktoren für CO₂-Treibhausgasemissionen und Primärenergie

Ein wesentlicher Faktor für die Bewertung der Ökobilanzen ist die Frage der Faktoren: Werden nur die fossilen Anteile der Aufwendungen angesetzt oder auch erneuerbare Anteile? Und werden die Faktoren von heute oder in einer näheren Zukunft, wie z.B. 2050 angesetzt?

Gesetzliche Regelungen der 2020-er Jahre beziehen sich in der Regel nur auf die fossilen Anteile. Wenn man jedoch davon ausgeht, dass ab spätestens 2040 nur noch erneuerbare Energien verbraucht werden dürfen, dann ist dieser Ansatz nicht zielführend und führt zu Fehlanreizen.

Als zukünftige Bewertungsmaßstäbe für die Energieträger gibt es dabei zwei Möglichkeiten:

1. Entweder kann ein einfacher, verkürzter Ansatz gemäß (GEMIS, 2019), bei dem alle Energieaufwendungen für 2050 hochgerechnet werden, oder
2. ein Ansatz analog dem des Passivhaus-Instituts angenommen werden. Bei letzterem werden die Speicheraufwendungen erneuerbarer Energien in Abhängigkeit der regionalen Verfügbarkeit und Speichernotwendigkeiten je nach Anwendung aus dem jahreszeitlichen Verhältnis von Angebot und Nachfrage der Energieträger ermittelt. Dieser relativ komplexe Ansatz wäre der genaueste (PHI PER, 2014). Es wird – vereinfacht gesagt – auf die Faktoren von Strom für jede Anwendung ein Zuschlag für die erforderliche Speicherung gemacht.

Tabelle 6 ist gut zu entnehmen, wie sich die unterschiedlichen CO₂-Emissionsfaktoren vor allem für Strom in den nächsten Jahren verändert.

CO ₂ -Faktoren gemis	CO _{2,eq} [kg/kWh]*				GEG
	2020 _{ne}	2020 _{gesamt}	2050 _{ne}	2050 _{gesamt}	
Strom-Mix DE	0,40	0,61	0,02	0,31	0,56
Holzpellets		0,33		0,33	0,02
Biogas, Netzbezug		0,27		0,27	0,14

*Zum Vergleich: Der Strom einer PV-Anlage hat nach Gemis einen Aufwand von 0,06 kg/kWh

Tabelle 6: CO₂-Faktoren von Gemis für 2020 und 2050 sowie nach GEG

Tabelle 4 ist gut zu entnehmen, wie sich die unterschiedlichen CO₂-Emissionsfaktoren vor allem für Strom in den nächsten Jahren verändert. Auch sind Fehlanreize beim Einsatz von Holzpellets nicht von der Hand zu weisen. Das PHI wählt den Ansatz, Pellets ein gewisses Grundbudget mit geringem Emissionsfaktor zuzugestehen und alles was darüber hinaus geht, wie fossile Energieträger zu behandeln, um Verschwendung vorzubeugen.

Für Strom ist erkennbar, dass in 2050 die reine Berücksichtigung des nicht erneuerbaren Anteils noch niedriger wäre, als heute Strom aus PV-Anlagen als Emissionsfaktor aufweist. Damit wird ersichtlich, dass der Ansatz der nur nicht erneuerbaren Anteile in Zukunft keine energiesparende Lenkungswirkung mehr entfalten kann.



Im ersten Schritt wird hier der alte Ansatz nach Gebäudeenergiegesetz (GEG) gewählt, da dieser allgemein bekannt ist. In weiteren Überarbeitungen werden weitere Varianten zur Bewertung heran gezogen.

3.3 Einfamilienhaus

Das EFH hat die energetischen Eigenschaften gemäß Kapitel 2.1. Die resultierende Ökobilanz aus diesen Angaben ist in Tabelle 7: Ökobilanz Einfamilienhaus ohne Haustechnik dargestellt.

eLCA	Prozess	Beschreibung	je pro m ² _{NRF}	PE _{ne} [MJ]	PE _{ne} [kWh]	PE _{re} [MJ]	kg CO _{2,Äq}
Ergebnis EFH inkl. Lüftung							
	A1-A3,C3,C4	Gebäude ohne Wärmeerzeuger		84,55	23,49	64,89	7,55
	B2	Instandhaltung		20,05	5,57	14,59	1,74
	D	Recycling		-59,10	-16,42	34,39	-4,11
Ergänzung Haustechnik							
QNG EFH, Sockelbetrag für Haustechnik*							
	A1-A3,B4,C3,C4			16,92	4,7		1,3
	D			-5,76	-1,6		-0,61

*gemäß (QNG, 2021) werden die Prozesse Wartung und Instandhaltung nicht betrachtet

Tabelle 7: Ökobilanz Einfamilienhaus ohne Haustechnik

3.3.1 Wichtige Stellschrauben

Wie eingangs allgemein erläutert, verändern sich diese Ökobilanzdaten entsprechend der Baustoffwahl.

Ein ganz entscheidender Faktor ist die Frage der Wärmebrücken. Gerechnet wurde mit einem pau-schalen Wärmebrückenzuschlag von $\Delta U_{WB} = 0,005 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Passivhäuser sollen wärmebrücken-frei errichtet werden. Demnach sind auch Zuschläge von $\Delta U_{WB} = -0,02 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ durchaus im Bereich des üblichen, wenn man tatsächlich wärmebrückenoptimiert baut. Beim EFH wären damit ca. 4 kWh/(m²a) heraus zu holen, bzw. andere Abschwächungen möglich!

Für die Energiebilanz ist zu erwarten, dass ein Passivhaus nicht mehr erreicht wird, wenn auf den Seiten NO-N-NW mehr Fensterflächen eingebaut werden. Höhere Dämmstoffdicken zum Aus-gleich sind zweite Wahl, da die gewählten Ausführungen mit U-Werten um 0,1 W/(m²K) relativ gut sind und Mehrdämmung rechnerisch einen geringen Einfluss hat.

Beim Einsatz von besseren und damit meist teureren Fenstern, was sich auch auf den Wärmeschutz der Rahmen bezieht, sind leicht höhere Fensterflächenanteile möglich.

Auch die Verschattung der Umgebung und des eigenen Gebäudes spielt eine große Rolle. Diese ist oft gravierender, als der Standardwert mit Faktor 0,75. Bei der Planung sollte stark darauf geachtet werden, dass die Verglasungen nicht



Deutscher Holzfertigbau- Verband e.V.

durch umliegende Bebauung, die gemäß Bebauungsplan möglich wäre, verschattet werden. Unter Balkonen u.ä. sollten nur minimal notwendige Fenster eingebaut werden.

Verbesserung	Verschlechterung
Detaillierter Wärmebrückennachweis	Bauliche Verschattung
Gläser SW-S-SO mit höheren g-Werten + sommerliche Verschattung	Mehr Fenster NO-N-NW
Bessere Lüftungsgeräte	Weniger Energiebezugsfläche, Galerien etc.
Triviale Änderungen wie mehr oder weniger Dämmstoff werden nicht erwähnt	

Tabelle 8: Energetische Maßnahmen am EFH im Vergleich



3.4 Mehrfamilienhaus - 6 Wohneinheiten (6 FH)

Das 6FH hat die energetischen Eigenschaften gemäß Kapitel 2.2. Die resultierende Ökobilanz aus diesen Angaben ist in Tabelle 9 dargestellt.

eLCA	Prozess	Beschreibung	je pro m ² _{NRF}	PE _{ne} [MJ]	PE _{ne} [kWh]	PE _{re} [MJ]	kg CO _{2,Äq}
Ergebnis 6FH inkl. Lüftung							
	A1-A3,C3,C4	Gebäude ohne Wärmeerzeuger		156,30	43,42	64,94	12,56
	B2	Instandhaltung / Ersatz		23,06	6,41	10,62	1,50
	D	Recycling, energetisch+stofflich		-65,43	-18,18	29,21	-4,11
Ergänzung Haustechnik							
QNG 6FH, Sockelbetrag für Haustechnik*							
	A1-A3,B4,C3,C4			16,92	4,7		1,3
	D			-5,76	-1,6		-0,61
*gemäß QNG werden die Prozesse Wartung und Instandhaltung nicht betrachtet							

Tabelle 9: Ökobilanz 6FH ohne Haustechnik

3.4.1 Wichtige Stellschrauben

Wie eingangs allgemein erläutert, verändern sich diese Ökobilanzdaten entsprechend der Baustoffwahl. Höhere Anforderungen an den Schallschutz können zusätzliche Aufwendungen erforderlich machen, die nicht ausgleichbar sind. Der Verzicht auf einen Nassestrich und Einsatz von Trockenestrich kann die Ökobilanz verbessern, der Schallschutz ist natürlich zu beachten.

Auch hier spielen die Wärmebrücken eine wichtige Rolle. Beim 6FH wurde mit einem etwas höheren pauschalen Wärmebrückenzuschlag von $\Delta U_{WB} = 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ gerechnet, um gegebenenfalls den Aufzug und ähnliches mit abdecken zu können. Durch den Keller lassen sich Wärmebrücken nicht ganz so gut vermeiden, wie beim EFH mit selbsttragender Bodenplatte. Würde auch beim 6FH der Wärmebrückenzuschlag von $\Delta U_{WB} = -0,02 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ werden, kann auch hier mit einer Verbesserung von ca. $4 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ gerechnet bzw. andere Bauteile abgeschwächt werden.

Wie beim EFH ist zu erwarten, dass ein Passivhaus nicht mehr erreicht wird, wenn auf den Seiten NO-N-NW mehr Fensterflächen eingebaut werden.

Beim Einsatz von besseren und damit meist teureren Fenstern, was sich auch auf den Wärmeschutz der Rahmen bezieht, sind leicht höhere Fensterflächenanteile möglich.

Nach Süden ist kein Problem, weniger Fenster einzubauen, bis min. 20% Fensterflächenanteil. Ähnliches gilt für die südliche Giebelfassade, wo 15-40% Fensterflächenanteil den Heizwärmebedarf kaum verändern. In den meisten Fällen gilt jedoch, je höher der Fensterflächenanteil, desto höher wird die Heizlast im Winter.

Auch die Verschattung der Umgebung und des eigenen Gebäudes spielt eine große Rolle. Diese ist oft gravierender, als der Standardwert mit Faktor 0,75. Bei der Planung sollte stark darauf geachtet werden, dass die Verglasungen nicht durch umliegende Bebauung, die gemäß Bebauungsplan möglich wäre, vers-



chattet werden. Unter Balkonen u.ä. sollten nur minimal notwendige Fenster eingebaut werden.

Ein U-Wert der Außenwand von 0,12 W/(m²K) ist akzeptabel, wenn bessere Fenster mit U_f=0,7 statt 0,8 W/(m²K) und auf den Südseiten statt Glas mit g-Wert 0,53 ein Weißglas mit g-Wert 0,6 eingesetzt werden. Allerdings führt das auch in den Sommermonaten zu höheren Wärmeeinträgen, eine Verschattung ist unverzichtbar.

Bei geringeren Dämmstärken wird die graue Energie des Gebäudes leicht reduziert, der Aufwand für die Fenster steigt jedoch wieder leicht. Ob es in Summe einen relevanten Unterschied ausmacht, kann nur im Einzelfall mit konkreten Produktdaten ermittelt werden.

Ein Treppenabgang oder Aufzug aus dem beheizten Bereich in den Keller führt zu drastischen Wärmeverlusten. Damit ist in der Regel ein Passivhaus nicht erreichbar. Varianten mit unbeheizten Erschließungsanbauten sind zu bevorzugen. Auch ein Treppenabgang in den Keller aus einem Windfang wäre eine Option. Bei größeren Gebäuden können diese Verluste bezogen auf die Gesamtfläche kompensiert werden, aber bei einem 6FH ist dies meist nicht möglich.

Verbesserung	Verschlechterung
Detaillierter Wärmebrückennachweis	Bauliche Verschattung
Gläser SW-S-SO mit höheren g-Werten + sommerliche Verschattung	Mehr Fenster NO-N-NW
Bessere Lüftungsgeräte	Weniger Energiebezugsfläche, Galerien etc.
	Treppenabgang und Aufzug von beheiztem Bereich in Keller
Triviale Änderungen wie mehr oder weniger Dämmstoff werden nicht erwähnt	

Tabelle 10: Energetische Maßnahmen am EFH im Vergleich



Deutscher
Holzfertigbau-
Verband e.V.

4. Allgemeine Hinweise

Hinweise:

- Die verwendeten Zeichnungen wurden, mit einer kostenlos zur Verfügung gestellten Version von CADWork erstellt (Version 23)
- Auszüge aus den Normen wurden als solche gekennzeichnet
- Änderungen der jeweiligen Normen sind vorbehalten
- Die von dem DHV geprüften Decken sind alle in verbautem Zustand im Objekt gemessen worden (inkl. Nebenwegen)
- Es wird keine Garantie auf Vollständigkeit oder Richtigkeit gegeben, im Zweifel gilt die jeweilige Norm
- Dieses Dokument ersetzt nicht die entsprechende Norm und ist als ergänzendes Hilfsmittel gedacht
- Weitergabe an verbandsfremde Unternehmen ist nur mit Genehmigung des Verbandes erlaubt
- Stand: 3. Februar 2022

5. Literaturverzeichnis

- Achenbach, H., & Rüter, S. (2016). *Ökobilanz-Daten für die Erstellung von Fertighäusern in Holzbauweise*.
- DIN EN 15978. (2012). *Nachhaltigkeit von Bauwerken - Bewertung der umweltbezogenen Qualität von Gebäuden - Berechnungsmethode*. Beuth-Verlag.
- GEMIS. (2019). *Fritsche, Uwe - Globales Emissions-Modell integrierter Systeme*. Von <http://iinas.org/gemis-de.html> abgerufen
- ISOVER Produkt-Katalog 2018*. (2018).
- König, H. (2017). *Lebenszyklusanalyse von Wohngebäuden*.
- PHI PER. (2014). *cweber Ermittlung anwendungsspezifischer PER-Faktoren*. (P. Institut, Hrsg.)
- QNG. (2021). *Qualitätssiegel nachhaltiges Gebäude*.
- Röttgen, T., & Köhnken, M. (2020). *Status quo-Bericht zur Ökobilanzierung in Deutschland 2020*. Deutschland.



Deutscher
Holzfertigbau-
Verband e.V.

6. Anhang A - Bauteilaufbauten Einfamilienhaus

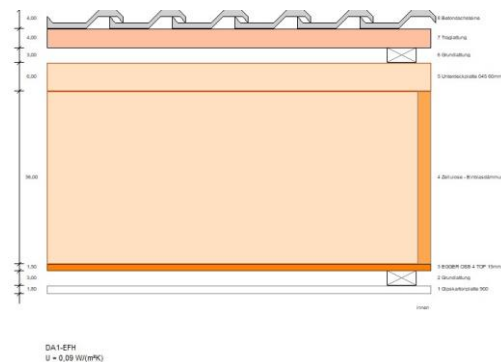
Übersicht der Bauteile

Bauteil	Bezeichnung	Seite
Dach	DA01-EFH	14
Außenwand	AW01-EFH	15
Außenwand	AW02-EFH	16
Bodenplatte	BP01-EFH	17
Bodenplatte	BP02-EFH	18
Fenster	FF01-EFH	19
Geschossdecke	Decke-in-NE(D9)	20
Innenwand	IW01-Holzrahmenbau	21
Innenwand	IW02-Trockenbau	22

Bauteilquerschnitt Dach DA01-EFH

Bauteiltyp: Dachdecke, hinterlüftet
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10 \text{ (m}^2\text{K)/W}$ und $R_{se} = 0,10 \text{ (m}^2\text{K)/W}$

Bauteilaufbau



Querschnitt

	Von innen	s [cm]	ρ [kg/m ³]	kg/m ²	λ W/mK	R (m ² K)/W
	R_{si}					0,100
01	Gipskartonplatte 900	1,80	900	16,2	0,250	0,072
02	Grundlattung	3,00	-	-	-	0,160
03	Egger OSB 4 TOP 15 mm	1,50	620	9,3	0,130	0,115
04	Zellulose – Einblasdämmung	36,00	55	19,8	0,038	9,474
05	Unterdeckplatte 045 60 mm	6,00	190	11,4	0,045	1,333
06	Grundlattung	3,00	-	-	-	-
07	Traglattung	4,00	-	2,0	-	-
08	Betondachsteine	4,00	2100	84,0	-	-
	R_{se}					0,100
		d = 59,30	G = 142,7		R_T = 11,35	
U_{Gefach} = 0,088 W/(m²K)						

Rahmenbereich

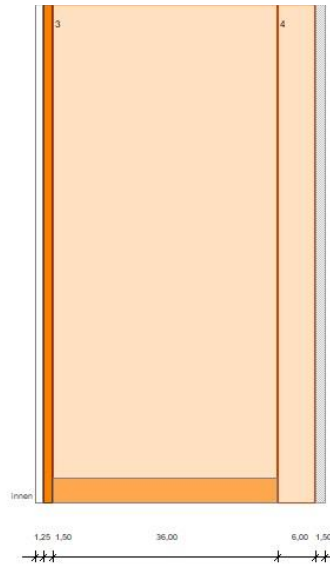
Rahmenbreite [cm]	Achsabstand [cm]	Anteil [%]	Zusammengesetztes Bauteil [kg/m ²]			
2,8	80,0	3,5	149,6			
	s [cm]	ρ [kg/m ³]	kg/m ²	λ W/mK	R (m ² K)/W	
	R_{si}				0,100	
01	Gipskartonplatte 900	1,80	900	16,2	0,250	0,072
02	Grundlattung	3,00	-	-	-	0,160
03	Egger OSB 4 TOP 15 mm	1,50	620	9,3	0,130	0,115
04	Stegträger	36,00	600	216,0	0,130	2,769
05	Unterdeckplatte 045 60 mm	6,00	190	11,4	0,045	1,333
06	Grundlattung	3,00	-	-	-	-
07	Traglattung	4,00	-	2,0	-	-
08	Betondachsteine	4,00	2100	84,0	-	-
	R_{se}				0,100	
		d = 59,30	G = 338,9		RT = 4,65	
U_{Rand} = 4,65 W/(m²K)						

Wärmedurchgangskoeffizient des Daches U_{DA01-EFH} = 0,093 W/m²K (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt Außenwand - AW01-EFH

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

Bauteilaufbau



AW2-EFH
U = 0,10 W/(m²K)
von innen
1 Gipskartonplatte 900
2 OSB 3 15mm
3 Zellulose - Einblasdämmung
4 HFD-Putzträger 045 (WDVS)
5 Putzsystem armiert (mineralisch)

Querschnitt

	Von innen	s [cm]	ρ [kg/m ³]	kg/m ²	λ W/mK	R (m ² K)/W
	R _{Si}					0,130
01	Gipskartonplatte 900	1,25	900	11,3	0,250	0,050
02	Gutex Thermoflex 038 30-240 mm	10,00	50	5,0	0,038	2,632
03	OSB/3	1,50	630	9,4	0,130	0,115
03	Zellulose – Einblasdämmung	30,00	55	19,8	0,038	7,895
04	HFD-Putzträgerplatte 045 (WDVS)	6,00	185	11,1	0,045	1,333
05	Putzsystem armiert (mineralisch)	1,50	1800	27,0	0,870	0,017
	R _{Se}					0,040
		d = 50,25	G = 80,3		R_T = 12,21	
U_{Gefach} = 0,082 W/(m²K)						

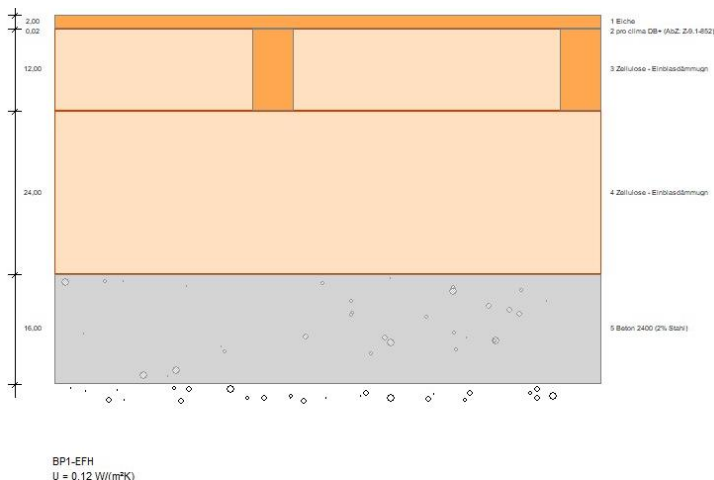
Rahmenbereich

Rahmenbreite [cm]	Achsabstand [cm]	Anteil [%]	Zusammengesetztes Bauteil [kg/m ²]			
8,0	62,5	12,8	108,3			
	s [cm]	ρ [kg/m ³]	kg/m ²	λ W/mK	R (m ² K)/W	
	R _{Si}				0,130	
01	Gipskartonplatte 900	1,25	900	11,3	0,050	
02	Nadelholz	10,00	600	60,0	0,769	
03	OSB/3	1,50	630	9,4	0,115	
04	Nadelholz	30,00	600	180,0	2,308	
05	HFD Putzträger 045 (WDVS)	6	185	11,1	1,333	
06	Putzsystem armiert (mineralisch)	1,50	1800	27,0	0,017	
	R _{Se}				0,040	
		d = 50,25	G = 298,8		RT = 4,76	
U_{Rand} = 0,210 W/(m²K)						

Bauteilquerschnitt Alternative Bodenplatte – BP01-EFH

Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich"
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{Si} = 0,17$ und $R_{Se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Bauteilaufbau



Querschnitt

	Von innen	s [cm]	ρ [kg/m³]	kg/m²	λ W/mK	R (m²K)/W
	R_{Si}					0,170
01	Eiche	2,00	800	16,0	-	-
02	Pro Clima DB+ (AbZ: Z-9.1-852)	0,02	-	0,2	0,130	0,002
03	Zellulose – Einblasdämmung	12,00	55	6,6	0,038	3,158
04	Zellulose – Einblasdämmung	24,00	55	13,2	0,038	6,316
05	Beton 2400 (2 Stahl)	16,00	2400	384,0	2,500	0,064
	R_{Se}					0,000
		d = 46,25	G = 78,6		$R_T = 11,16$	
$U_{Gefach} = 0,082 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$						

Rahmenbereich

Rahmenbreite [cm]	Achsabstand [cm]	Anteil [%]	Zusammengesetztes Bauteil [kg/m²]			
6,0	45,0	13,3	428,7			
	s [cm]	ρ [kg/m³]	kg/m²	λ [W/mK]	R [(m²K)/W]	
					0,130	
01	Eiche	2,00	800	16,0	-	-
02	Pro Clima DB+ (AbZ: Z-9.1-852)	0,02	-	0,2	0,130	0,002
03	Nadelholz	12,00	600	72,0	0,130	0,923
04	Zellulose – Einblasdämmung	24,00	55	13,2	0,038	6,316
05	Beton 2400 (2 Stahl)	16,00	2400	384,0	2,500	0,064
	R_{Se}				0,040	
		d = 54,02	G = 485,4		$R_T = 7,47$	
$U_{Rand,1} = 0,134 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$						

Weitere Bauteilschichten mit Rahmenanteil

Bauteilschicht	Rahmenmaterial	λ [W/mK]	Breite [cm]	Achsabstand [cm]
04 Zellulose Einblasdämmung	Nadelholz	0,130	8,0	200,0
$U_{Rand,2} = 0,111 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$				

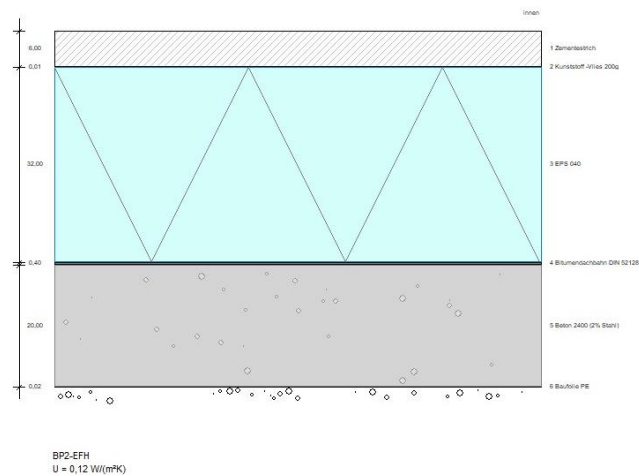
Wärmedurchgangskoeffizient der Bodenplatte $U_{BP-01-EFH} = 0,115 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt Bodenplatte – BP02-EFH

Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich"

mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,17$ und $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

Bauteilaufbau



Querschnitt

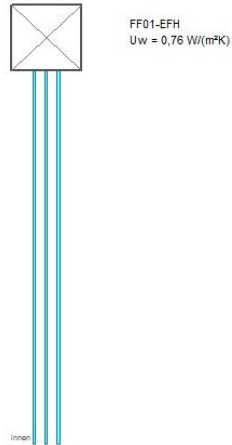
	Von innen	s [cm]	ρ [kg/m³]	kg/m²	λ W/mK	R (m²K)/W
	R_{si}					0,170
01	Zementestrich	6,00	2000	120,0	1,400	0,043
02	Kunststoff-Vlies 200g	0,01	-	0,2	-	-
03	EPS 040	32,00	20	6,4	0,040	8,000
04	Bitumenbahn DIN 52125	0,40	1200	4,8	0,170	0,024
05	Beton 2400 (2% Stahl)	20,00	2400	480,0	2,500	0,080
06	PE-Folie	0,02	1000	0,2	-	-
	R_{se}					0,000
		d = 58,43	G = 611,6		R_T = 8,32	
U_{Gefach} = 0,120 W/(m²K)						

Wärmedurchgangskoeffizient der Bodenplatte $U_{BP02-EFH} = 0,120 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt Fenster – FF01-EFH

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

Bauteilaufbau



Beschreibung

NEUTRALUX advance 3 Ar 0.6/44, 4/16/4/16/4,

- $U_g = 0,6$,
- $g = 51\%$,
- $R_w = 32$
- $U_f = 0,86$

GENEO plus Faserverstärkter Kunststoffrahmen aus RAU-FIPRO, mit Thermomodulen, Bautiefe 86 mm, 6-Kammer-Aufbau,

Wärmedurchgangskoeffizienten

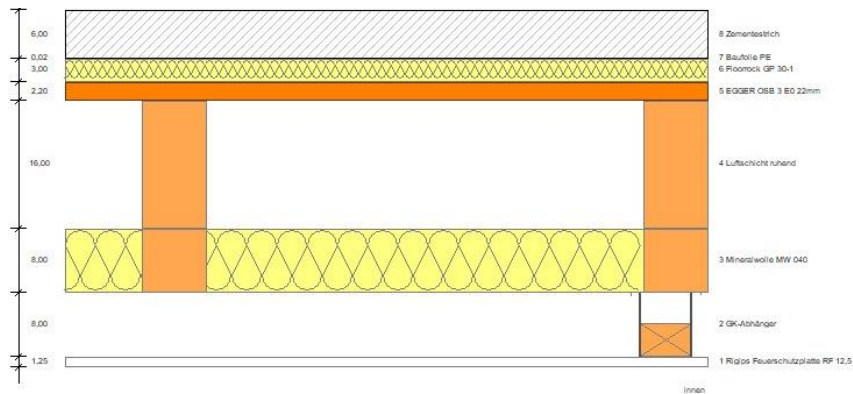
Beschreibung	U_g	U_f	ψ_g	$U_w \text{ [W/m}^2\text{K]}$
Einfachfenster	0,6	0,86	0,025 (4,2 m)	0,76 (0,8)

Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters $U_{w,EFH} = 0,76 \text{ W/m}^2\text{K}$ (wird für weitere Berechnungen angenommen)

Bauteilquerschnitt Decke – Decke-in-NE(D9)

Bauteiltyp "Wohnungstrenndecke nach oben"
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$

Bauteilaufbau



Decke-in-NE
 $U = 0,32 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

Querschnitt

	Von innen	s [cm]	ρ [kg/m ³]	kg/m ²	λ W/mK	R (m ² K)/W
	R_{si}					0,100
01	Feuerschutzplatte (Gipskarton)	1,25	800	10,0	0,250	0,50
02	GK-Abhänger	8,00	-	-	-	-
03	Mineralwolle MW 040	8,00	20	1,6	0,40	2,000
04	Luftschicht ruhend	16,00	1	0,0	-	0,160
05	OSB/3 E0 22 mm	2,20	600	13,2	0,130	0,169
06	Floorrock GP 30-1	3,00	180	5,4	0,40	0,750
07	PE-Folie	0,02	1000	0,2	-	-
08	Zementestrich	6,00	2000	120,0	1,400	0,043
	R_{se}					0,100
		d = 44,47		G = 150,4		R_T = 3,37
U_{Gefach} = 0,297 W/(m²K)						

Rahmenbereich

Rahmenbreite [cm]	Achsabstand [cm]	Anteil [%]	Zusammengesetztes Bauteil [kg/m ²]			
8	62,5	12,8	168,6			
	s [cm]	ρ [kg/m ³]	kg/m ²	λ W/mK	R (m ² K)/W	
					0,100	
01	Feuerschutzplatte (Gipskarton)	1,25	800	10,0	0,250	0,50
02	GK-Abhänger	8,00	-	-	-	-
03	Deckenbalken 240 mm	8	600	48,0	0,130	0,615
04	Deckenbalken 240 mm	16,00	600	69,0	0,130	1,231
05	OSB/3 E0 22 mm	2,20	600	13,2	0,130	0,169
06	Floorrock GP 30-1	3,00	180	5,4	0,40	0,750
07	PE-Folie	0,02	1000	0,2	-	-
08	Zementestrich	6,00	2000	120,0	1,400	0,043
	R_{se}				0,100	
		d = 44,47		G = 292,8		R_T = 3,06
U_{Rand} = 0,327 W/(m²K)						

Wärmedurchgangskoeffizient der Geschossdecke $U_{\text{Decke-EFH}} = 0,319 \text{ W/m}^2\text{K}$ (ohne Korrekturen)

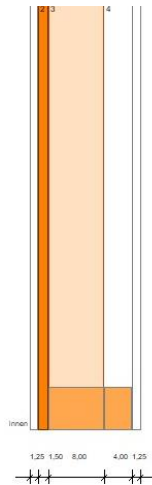
Deutscher Holzfertigbau-Verband e. V.



Bauteilquerschnitt Innenwand – IW01 Holzrahmenbau

Bauteiltyp "Wohnungstrennendecke nach oben"
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$

Bauteilaufbau



Innenwand Holzrahmenbau auch tragend
 $U = 0,42 \text{ W/(m}^2\text{K)}$
von innen:
1 Gipskartonplatten nach DIN 18180
2 OSB/3 9-18 mm
3 GUTEX Thermoflex 038
4 Luftschicht ruhend
5 Gipskartonplatten nach DIN 18180

Querschnitt

	Von innen	s [cm]	ρ [kg/m ³]	kg/m ²	λ W/mK	R (m ² K)/W
	R_{si}					0,130
01	Gipskartonplatte nach DIN 18180	1,25	800	10,0	0,250	0,050
02	OSB/3 - E0	1,50	600	9,0	0,130	0,115
03	Gutex Thermoflex 038	8,00	50	4,0	0,038	2,105
04	Luftschicht ruhend	4,00	1	0,0	-	0,180
05	Gipskartonplatte nach DIN 18180	1,25	800	10,0	0,25	0,050
	R_{se}					0,130
		d = 16,00	G = 33,0		R_T = 2,76	
U_{Gefach} = 0,362 W/(m²K)						

Rahmenbereich

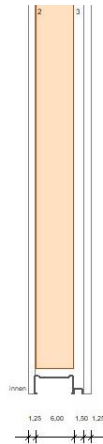
Rahmenbreite [cm]	Achsabstand [cm]	Anteil [%]	Zusammengesetztes Bauteil [kg/m ²]			
6,0	50,0	12,0	41,2			
	s [cm]	ρ [kg/m ³]	kg/m ²	λ W/mK	R (m ² K)/W	
					0,130	
01	Gipskartonplatte nach DIN 18180	1,25	800	10,0	0,250	0,050
02	OSB/3 - E0	1,50	600	9,0	0,130	0,115
03	Holzständer 120 mm	8,00	600	48,0	0,130	0,615
04	Holzständer 120 mm	4,00	600	24,0	0,130	0,308
05	Gipskartonplatte nach DIN 18180	1,25	800	10,0	0,25	0,050
	R_{se}				0,130	
		d = 16,00	G = 101,0		R_T = 1,40	
U_{Rand} = 0,715 W/(m²K)						

Wärmedurchgangskoeffizient der Innenwand $U_{\text{IW,HB-EFH}} = 0,420 \text{ W/m}^2\text{K}$ (ohne Korrekturen)

Bauteilquerschnitt Innenwand – IW02 Holzrahmenbau

Bauteiltyp "Wohnungstrenndecke nach oben"
mit den Wärmeübergangswiderständen $R_{si} = 0,10$ und $R_{se} = 0,10$ m²K/W

Bauteilaufbau



Innenwand Trockenbau selten
 $U = 0,67$ W/(m²K)

Von innen
1 Gipskartonplatte nach DIN 18180
2 GUTEX Thermoflex 038 60 mm
3 Luftschicht ruhend
4 Gipskartonplatte nach DIN 18180

Querschnitt

	Von innen	s [cm]	ρ [kg/m ³]	kg/m ²	λ W/mK	R (m ² K)/W
	R_{si}					0,130
01	Gipskartonplatte nach DIN 18180	1,25	800	10,0	0,250	0,050
02	Gutex Thermoflex 038	6,00	50	4,0	0,038	1,579
03	Luftschicht ruhend	1,50	1	0,0	-	0,170
04	Gipskartonplatte nach DIN 18180	1,25	800	10,0	0,25	0,050
	R_{se}					0,130
		d = 10,00	G = 23,0		R_T = 2,11	
U_{Gefach} = 0,474 W/(m²K)						

Rahmenbereich

Rahmenbreite [cm]	Achsabstand [cm]	Anteil [%]	Zusammengesetztes Bauteil [kg/m ²]			
4,0	50,0	8,0	22,8			
	s [cm]	ρ [kg/m ³]	kg/m ²	λ W/mK	R (m ² K)/W	
	R_{si}				0,130	
01	Gipskartonplatte nach DIN 18180	1,25	800	10,0	0,250	0,050
02	CW 75 x 0,6	6,00	-	-	-	
03	CW 75 x 0,6	1,50	-	-	-	
04	Gipskartonplatte nach DIN 18180	1,25	800	10,0	0,25	0,050
	R_{se}				0,130	
		d = 10,00	G = 20,0		RT = 0,36	
U_{Rand} = 2,778 W/(m²K)*						

Wärmedurchgangskoeffizient der Innenwand $U_{IW,TB-EFH} = 0,667$ W/m²K (ohne Korrekturen)

*($U_{Rahmen} / U_{Gefach} > 5$, eine detaillierte Berechnung der WB wird empfohlen)