



Beratende Ingenieure der IK-Bau NRW

Blumentalstr. 108 | 47798 Krefeld

Zweigstelle:

Tragwerksplanung · Bauphysik

Sonnborner Str. 71-73 | 42327 Wuppertal

Gutachten · Bauwerksprüfungen

info@fp-ing.de | www.fp-ing.de

Wärmeschutz

Erweiterungsbau Hünxe

LPH03 Entwurf – 1.Revision

Projektnr. FP-Ing:
20241100

Bauvorhaben:

Erweiterung Schulzentrum Hünxe
Neubau einer Schule
In den Elsen 3
46569 Hünxe

Bauherr:

Gemeinde Hünxe
Dorstener Str. 24
46569 Hünxe

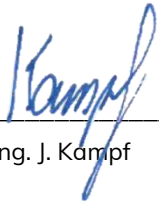
Architektur

I f l u n l architekten ingenieure
Schillerstr. 7
32052 Herford

Aufgestellt in Wuppertal, den 30.06.2025

1.Revision: 25.07.2025

Seiten: 1 bis 14


M. Eng. J. Kampf




Dipl.-Ing. V. Philippen





Inhaltsverzeichnis

1.	Vorbemerkungen	3
1.1.	Situation und Aufgabenstellung	3
1.2.	Ziele / Vorgaben	4
1.3.	Planungsgrundlagen	4
2.	Bilanzierung mit dem 3D-Model	5
3.	Anlagentechnik	6
3.1.	PV-Anlage	6
4.	Bauteilaufbauten	7
4.1.	Bauteilaufbauten der Gebäudehülle – U-Werte	7
4.2.	Wärmebrücken	10
4.3.	Luftdichtheit	10
5.	Sommerlicher Wärmeschutz	11
5.1.	Zusammenfassung Variante mit außenliegenden Verschattungselementen in Obergeschossen:	11
5.1.1.	Raumweise Betrachtung	12
5.2.	Alternative mit bereichsweisem Verzicht auf außenliegenden Verschattungselemente in den Obergeschossen	13
6.	Ergebnisse	14
6.1.	Jahres-Primärenergiebedarf Q _p	14
6.1.1.	GEG2024	14
6.1.2.	EH 40	14
6.2.	Anforderungen an U-Werte, Zonen $\geq 19^{\circ}\text{C}$	14
6.2.1.	GEG2024	14
6.2.2.	EH 40	14



1. Vorbemerkungen

1.1. Situation und Aufgabenstellung

Die Gemeinde Hünxe plant die Erweiterung des Schulzentrums, In den Elsen 34, 46569 Hünxe.

Der nachfolgende Bericht zum Wärmeschutz beschreibt den Neubau des Schulgebäudes. Das in Massivbauweise errichtete Gebäude beinhaltet neben den Klassen- und Mehrzweckräumen, eine Mensa mit angrenzender Küche, Lager- und Technikräume sowie Verkehrsflächen und Sanitärräume. Der Neubau des Schulgebäudes ist dreigeschossig zzgl. Teilunterkellerung vorgesehen. Der im Lageplan erkennbare L-förmige Grundriss liegt nur im 1.OG vor, das EG und das 2.OG sind rechteckig. Der L-förmige Riegel des 1.OG ragt über die Durchfahrt bzw. den Zugang zur Grundschule und wird mittels Stützen aufgeständert. Die Flachdächer werden mit extensivem Gründach sowie einer PV-Anlage ausgeführt.

Die Berechnungen für die – Erweiterung des Schulzentrums.- wird nach dem Gebäudeenergiegesetz GEG 2024, als „Nichtwohngebäude Neubau“ im Mehrzonenmodell für Nichtwohngebäude nach DIN V 18599 Teil 1-11: 2018-09, als öffentlich-rechtlicher Nachweis geführt.



1.2. Ziele / Vorgaben

Es wird untersucht, welche Maßnahmen erforderlich sind, um die Mindestanforderungen des Gebäudeenergiegesetzes 2024 (GEG 2024) im Vergleich zum Effizienzhausstandard 40 (EH 40) gemäß BEG/KfW zu erfüllen.

Bauherrnseitig wird die Verfolgung des Planungsziels EH 40 präferiert.

1.3. Planungsgrundlagen

- Grundrisse, Schnitte und Ansichten im Maßstab 1:100 der Architekten, Stand Entwurfsplanung 13.05.2025 sowie Vorabzug Genehmigungspl. 11.06.2025
- Planungsbesprechungen im regelmäßigen Turnus
- Die zentrale Wärmeerzeugung wird im Rahmen eines Wärmecontractings durch die Gelsenwasser Energienetze GmbH umgesetzt, die in diesem Projekt die technische Planung und spätere Betriebsführung der Heizzentrale übernimmt.
- Angaben zur TGA gemäß Vorgaben der KB-Planungsgruppe vom 27.05.2025
- DIN V 18599:2018 alle Teile
- DIN 4108-2 2013-2
- DIN 4108 Beiblatt 2:2019-06
- Programme Energieberater 18599 der Firma Hottgenroth Software AG in den aktuellen Versionen
- In der 1. Revision werden ergänzende Betrachtungen zum sommerlichen Wärmeschutz vorgenommen. Die neuen Pläne mit Stand vom 27.06.2025 enthalten geänderte Raumnummern, die nachfolgend zusätzlich mit angegeben werden. Sofern nicht anders vermerkt, beziehen sich die Angaben weiterhin auf den Planstand vom 13.05.2025.
- Zudem sind die Festlegungen gemäß Planungsbesprechung 23.07., s. hinten Kap. 5, eingeflossen



Funger Philippen Ingenieure
Tragwerksplanung • Bauphysik
Gutachten • Bauwerksprüfungen

Hauptsitz: Krefeld 0215162750
Standort: Wuppertal 02027671970
✉ info@fp-ing.de 🌐 www.fp-ing.de

Projekt: Erweiterung Schulzentrum Hünxe, Neubau einer Schule, In den Elsen 3, 46569 Hünxe FPI:20241100
LPH03 Entwurf 1.Revision – Wärmeschutz, Arbeitsstand 25.07.2025

2. Bilanzierung mit dem 3D-Modell

Für die energetischen Bilanzierungen wird ein 3D-Modell verwendet.

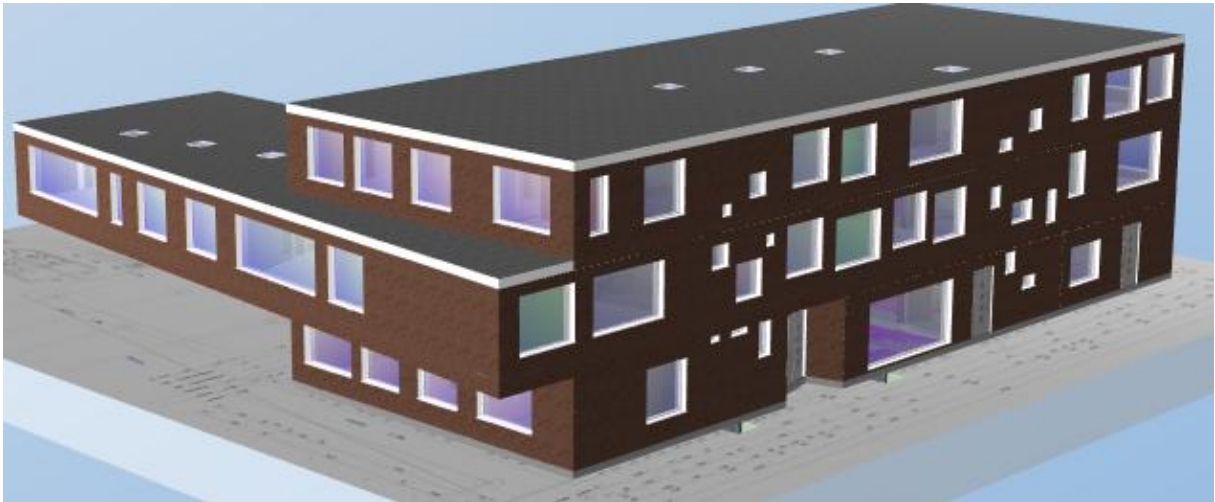


Abb. 01: 3D-Modell: Vorderansicht– V.GEG2024



Abb. 02: 3D-Modell: Hinteransicht – V.GEG2024



3. Anlagentechnik

Angaben zur TGA gemäß Vorgaben der KB-Planungsgruppe vom 27.05.2025

Ingenieurbüro für Technische Gebäudeausrüstung GmbH,
Heinrichstraße 15, 45711 Datteln-Horneburg

- Heizung über Sole-Wasser Wärmepumpe (Flächenheizung)
- Warm-Wasser Erzeugung erfolgt dezentral
- Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnungsgrad in Höhe von 60%

3.1. PV-Anlage

Der TGA-Ansatz von Gelsenwasser Energienetze GmbH beinhaltet eine Leistung der PV-Anlage von 60 kWp. Im Folgenden werden die maßgeblichen Zielwerte zur Erfüllung der Anforderungen gemäß GEG 2024 sowie des Effizienzhausstandards 40 (EH 40) aufgeführt.

Für das Ziel GEG 2024 wird hinsichtlich des Energiebedarfes keine PV-Anlage notwendig.

Für das Ziel EH 40 wird eine PV-Anlage mit ca. 28,2 kW-Peak notwendig.

Gemäß der aktuellen Landesbauordnung NRW 2024 muss mindestens 30 % der gesamten Dachfläche mit einer PV-Anlage belegt werden.



4. Bauteilaufbauten

Es werde die Anforderungen zur Einhaltung der Grenzwerte des Gebäudeenergiegesetzes 2024 (GEG2024) mit Anforderungen zur Einhaltung der Grenzwerte an eine BEG/KfW Effizienzhaus 40 (EH40) vergleichen.

4.1. Bauteilaufbauten der Gebäudehülle – U-Werte

Im Nachfolgenden werden die angenommenen Aufbauten der Bauteile der beheizten Gebäudehülle **von warm nach kalt** angegeben. Angegeben sind die Bemessungswerte der Wärmeleitfähigkeiten.

	EH40	GEG2024
Flachdach mit PV-Anlage	U = 0,16 W/(m²K)	U = 0,19 W/(m²K)
Abhangdecke		
Stahlbeton	30,0 cm	30,0 cm
Bitumen - Dachabdichtung		
Druckfeste Mineralwolle WLG 040	24,0 cm im Mittel	20,0 cm im Mittel
Dachabdichtung		
Gründach		
Boden 1.OG –Außenluft unten *1, *2.1	U = 0,155 W/(m²K)	U = 0,241 W/(m²K)
Estrich		
PE-Folie		
EPS-Trittschalldämmung WLG 040	2,0 cm	2,0 cm
Perlite Schüttung (WLG 100)	i.M. 4,5 cm	i.M. 4,5 cm
Stahlbeton	45 cm	45 cm
Mineralwolle WLG 035	18,0 cm	10 cm
Bodenplatte EG (Küche + NR) *1, *2.2	U = 0,284 W/(m²K)	U = 0,304 W/(m²K)
Estrich	6,5+2 cm	6,5+2cm
PE-Folie		
EPS-Trittschalldämmung WLG 040	2,0 cm	2,0 cm
Perlite Schüttung (WLG 100)	i. M. 3,0 cm	i.M. 3,0 cm
Stahlbeton	30 cm	30 cm
Perimeterdämmung WLG 038	12,0 cm	8,0 cm



	EH40	GEG2024
Bodenplatte EG (Nicht Küche) *1, *2.2	$U = 0,256 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,300 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Estrich	6,5+1,5 cm/2,0cm	6,5+1,5cm/2,0cm
PE-Folie		
EPS-Trittschalldämmung WLG 040	2,0 cm	2,0 cm
Perlite Schüttung (WLG 100)	4,0 cm	4,0 cm
Stahlbeton	30 cm	30 cm
Perimeterdämmung WLG 038	12,0 cm	8,0 cm
Bodenplatte UG	$U = 0,284 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,405 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Estrich		
PE-Folie		
Abdichtung (Bitumen)		
Stahlbeton	30 cm	30 cm
Perimeterdämmung WLG 038	12,0 cm	8,0 cm
Außenwand EG-2.OG - gegen Luft	$U = 0,138 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,200 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Kalksandstein	24 cm	24 cm
Mineralwolle WLG 035		16,0 cm
Mineralwolle WLG 032	22,0 cm	
Luftschicht – schwach belüftet*3	2,0 cm	2,0 cm
Klinker	11,5 cm	11,5 cm
Außenwand Keller - gegen Erdreich	$U = 0,207 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,320 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Stahlbeton		
Perimeterdämmung WLG 035	16,0 cm	10,0 cm
Fenster / Fenstertüren (Glas+Rahmen)	$U_w = 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U_w = 1,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Dachausstieg	$U_w = 1,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U_w = 1,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Außentüren	$U_D = 1,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U_D = 1,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



***1** – Der dargestellte Aufbau erfüllt nicht die in DIN 4108 Beiblatt 2 definierten Mindestanforderungen zur Führung des Gleichwertigkeitsnachweises. Insbesondere fehlt eine energetisch wirksame Dämmschicht auf der Bodenplatte (Boden 1. OG gegen Außenluft – unten). Bei Beibehaltung dieses Aufbaus ist im weiteren Planungsverlauf eine detaillierte Wärmebrückenberechnung erforderlich. Diese ist derzeit nicht Bestandteil unseres Leistungsumfangs.

***2**– Die dargestellten Ausführungsdetails erfüllen die Anforderungen an Minstdicken und Anordnung der Dämmschichten gemäß DIN 4108 Beiblatt 2. Unter Berücksichtigung der relevanten geometrischen Randbedingungen – etwa der wärmetechnisch wirksamen Überdämmung von Fensterlaibungen sowie der durchgängigen Ausbildung aller kritischen Anschlussbereiche – können die bildlichen Gleichwertigkeitsnachweise geführt werden. Eine weitergehende Wärmebrückenberechnung ist im Rahmen der aktuellen Beauftragung nicht vorgesehen.

	EH40	GEG2024
*2.1 Boden 1.OG –Außenluft unten	$U = 0,145 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,217 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Estrich		
PE-Folie		
EPS-Trittschalldämmung WLG 040	2,0 cm	2,0 cm
EPS-Dämmung WLG 035	4,0 cm	4,0 cm
Stahlbeton	45 cm	45 cm
Mineralwolle WLG 035	18,0 cm	10 cm
*2.2 Bodenplatte EG	$U = 0,194 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U = 0,279 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Estrich		
PE-Folie		
EPS-Trittschalldämmung WLG 040	2,0 cm	2,0 cm
EPS-Dämmung WLG 035	4,0 cm	4,0 cm
Stahlbeton	30 cm	30 cm
Perimeterdämmung WLG 038	12,0 cm	6,0 cm



***3** – Eine schwach belüftete Luftschicht liegt laut DIN EN ISO 6946 dann vor, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Je Meter Wandlänge sind Lüftungsöffnungen mit einer Fläche zwischen 500 mm² und 1500 mm² in den Stoßfugen (z. B. bei Klinkerverblendungen) vorhanden.
- Diese Lüftungsöffnungen befinden sich typischerweise im Bereich der Fugen zwischen Mauersteinen (Stoßfugen) in der äußeren Schale eines zweischaligen Mauerwerks.
- Damit ist zwar eine gewisse Luftzirkulation möglich, sie ist aber so begrenzt, dass sie den Wärmedurchgang noch nicht wesentlich erhöht.

4.2. Wärmebrücken

Es wird vorausgesetzt, dass bei der Planung der Bauteilanschlüsse die Planungsvorgaben nach DIN 4108: Beiblatt 2:2019-06 nach Kategorie B berücksichtigt werden. Zu dem nach DIN 4108: Beiblatt 2:2019-06 anzusetzendem Aufschlag in Höhe von $\Delta U_{WB} = 0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$, wird ein weiterer Aufschlag für nicht vergleichbare Details vorgehalten.

Die Wärmebrücken werden vorerst mit einem Aufschlag von $\Delta U_{WB} = 0,040 \text{ W/m}^2\text{K}$ auf alle U-Werte pauschal berücksichtigt.

4.3. Luftdichtheit

Eine Luftdichtheitsprüfung mit dem Differenzdruck-Messverfahren (Blower-Door-Test) muss durchgeführt werden und ist Bestandteil des Nachweises.



5. Sommerlicher Wärmeschutz

Der Nachweis zum Sommerlichen Wärmeschutz wird nach dem Verfahren der Sonneneintragswerte nach DIN 4108-2 2013-2 Abschnitt 8 geführt.

5.1. Zusammenfassung Variante mit außenliegenden Verschattungselementen in Obergeschossen:

Es wird ein erhöhter Luftwechsel von mindestens 2/h sowie außenliegende Verschattungselemente gemäß DIN 4108-2 Tabelle 7 (Jalousien oder Raffstores mit drehbaren Lamellen, $F_c = 0,25$ bzw. $0,30$) angenommen.

Auf der **Nordost- und Nordwestseite** kann der sommerliche Wärmeschutz mit Fenstern mit einem g -Wert von **0,65** in Kombination mit der Verschattung und der Nachtlüftung erfüllt werden. Auf der **Südostseite** ist zur weiteren Reduzierung der solaren Last ein durchgängig reduzierter g -Wert von **0,55** sinnvoll, was die Nachweise auch bei starker Sonneneinstrahlung sichert. Für die **Südwestseite** wird ein g -Wert von **0,40** angesetzt, um die stärkste Sonneneinstrahlung in Kombination mit Verschattung wirksam zu begrenzen.

Zusatzbetrachtungen der 1.Revision (V1.Rev.) werden vorgenommen und ergänzend angetragen.

Gemäß Festlegung Planungsbesprechung vom 23.07. gilt:

- die mit der Architektur abgestimmte Verkleinerung von Fensterflächen, s. hinten, wird bestätigt. Neu sind die Angaben zu Fensterverkleinerungen bei den Räumen im EG: SV-Raum KVS + OGS Büro + Büro Küche, welche durch den Entfall des Sonnenschutzes erforderlich werden.
- die Fenster werden mit einem Wert $g \geq 0,40$ berücksichtigt.
- im EG wird kein außenliegender Sonnenschutz vorgesehen
- es wird keine passive Kühlung angesetzt
- die angesetzte Nachtlüftung (2/h) wurde im Nachgang der Planungsbesprechung mit der TGA abgestimmt



5.1.1. Raumweise Betrachtung

NW-NO

OG1 - Klasse 1.2 (neu 1-09): $g = 0,65, F_c = 0,25$
für Klasse 1.3 (neu 1-10) gilt dies analog

NW

EG – Mensa: ~~$g = 0,65, F_c = 0,25, \text{erhöhte Nachtlüftung } 2/h$~~
V1.Rev Mensa: $g = 0,40, \text{erhöhte Nachtlüftung } 2/h$
Büro Küche, 0.1: ~~$g = 0,65, F_c = 0,25, \text{erhöhte Nachtlüftung } 2/h$~~
V1.Rev **Büro 0.1 (neu EG-08):** $g = 0,40, \text{erhöhte Nachtlüftung } 2/h$
Fenster verkleinern => Breite = 1,65 m
OG1+2 - Klassen 1.4+1.6+2.1+2.3: $g = 0,65, F_c = 0,25$
OG2 - Büro 2.1 (2-12): $g = 0,65, F_c = 0,25$
OG1+2 - Multifunktionsbereiche: $g = 0,65$

NO-SO

OG1 Klasse 1.5 (1-19): $g = 0,65, F_c = 0,25$
OG2- Klasse 2.2 (2-17) $g = 0,65, F_c = 0,25, \text{erhöhte Nachtlüftung } 2/h$

SO

OG1+2- Klasse 1.7 (1-23) +2.4 (2-21) $g = 0,65, F_c = 0,25, \text{erhöhte Nachtlüftung } 2/h$
OG1 - Klasse 1.1 (1-02) $g = 0,65, F_c = 0,25, \text{erhöhte Nachtlüftung } 2/h$
OG1+2. - Differenzg.1.2+Inklusion.2.1 $g = 0,65, F_c = 0,25$
2.OG - Teamraum 2.1 (2-02) $g = 0,55, F_c = 0,25, \text{erhöhte Nachtlüftung } 2/h$
EG - SV-Raum KVS ~~$g = 0,65, F_c = 0,25, \text{erhöhte Nachtlüftung } 2/h$~~
V1.Rev **SV-Raum KVS** $g = 0,40, \text{erhöhte Nachtlüftung } 2/h$
Fenster verkleinern => Breite = 1,50 m
EG – Mehrzweckraum ~~$g = 0,65, F_c = 0,25, \text{erhöhte Nachtlüftung } 2/h$~~
V1.Rev Mehrzweckraum (EG-16) $g = 0,40, \text{erhöhte Nachtlüftung } 2/h$
OG1+2 - Teamr. 1.2+ Differenzg.2.1 $g = 0,65, F_c = 0,25, \text{erhöhte Nachtlüftung } 2/h$

SO-SW

EG - Trainingsraum ~~$g = 0,30, F_c = 0,30, \text{erhöhte Nachtlüftung } 2/h$~~
V1.Rev. Trainingsraum EG-18
Fenster Süd-Ost Seite entfällt
 $g = 0,40, \text{erhöhte Nachtlüftung}$



SO-SW

2.OG	Beratungsraum	$g = 0,30, F_c = 0,30$, erhöhte Nachtlüftung 2/h
V1.Rev.	Beratungsraum OG2-03	Fenster Süd-Ost Seite, $b = 1,0 \text{ m}$, $g = 0,55$ Fenster Süd-West Seite, $g = 0,40$, erhöhte Nachtlüftung 2/h

SW

OG2-	Sozialpädagogen	$g = 0,40, F_c = 0,30$, erhöhte Nachtlüftung 2/h
OG1	Teamraum1.1 (Inkl.1.1+Dif.1.1)	$g = 0,40, F_c = 0,30$, erhöhte Nachtlüftung 2/h
OG1	Multifunktionsbereich 1.1	$g = 0,40$ (DFF $g = 0,65$), $F_c = 0,30$, erhöhte Nachtlüftung 2/h
EG	OGS Büro/Aufenthaltsraum	$g = 0,40, F_c = 0,30$, erhöhte Nachtlüftung 2/h
V1.Rev	OGS Büro/Aufenthaltsraum	$g = 0,40$, erhöhte Nachtlüftung 2/h, Fenster verkleinern => Breite = 1,50 m
V1.Rev	ALTERNATIV:	$g = 0,30$, erhöhte Nachtlüftung 2/h, Fenstergröße beibehalten
EG	Förderraum	$g = 0,55, F_c = 0,25$, erhöhte Nachtlüftung 2/h
V1.Rev	Förderraum (EG-22)	$g = 0,40$, erhöhte Nachtlüftung 2/h

SW-NW

OG2-	Büro 2.2	$g = 0,26, F_c = 0,25$, erhöhte Nachtlüftung 2/h, zzgl. passive Kühlung
V1.Rev.	Büro 2,2 (2-06)	Fenster Nord-West Seite entfällt $g = 0,65, F_c = 0,25$, erhöhte Nachtlüftung 2/h

5.2. Alternative mit bereichsweisem Verzicht auf außenliegenden Verschattungselemente in den Obergeschossen

Für eine Vielzahl von Räumen mit Fenstern auf der Nord-Ost- sowie Nord-West-Seite des Gebäudes kann der sommerliche Wärmeschutznachweis auch ohne außenliegende Verschattungselemente geführt werden, sofern stattdessen eine Verglasung mit einem Gesamtenergiedurchlassgrad von $g = 0,40$ eingesetzt wird und ein nächtlicher Luftwechsel mit einem Luftwechselvolumen von 2 h^{-1} berücksichtigt wird.



6. Ergebnisse

1. Für das Ziel: GEG2024
2. Für das Ziel: BEG/KfW-Effizienzhaus 40

6.1. Jahres-Primärenergiebedarf Q_p

6.1.1. GEG2024

$$Q_{p,vor.}'' = 65,7 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) \leq Q_{p,zul.}'' = 67,7 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

6.1.2. EH 40

$$Q_{p,vor.}'' = 48,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) \leq Q_{p,zul.}'' = 49,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

6.2. Anforderungen an U-Werte, Zonen $\geq 19^\circ\text{C}$

6.2.1. GEG2024

Opake Bauteile

$$U_{m,vorh.} = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \leq U_{m,zul.} = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Transparente Bauteile (Fenster / Vorhangfassaden)

$$U_{m,vorh.} = 1,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \leq U_{m,zul.} = 1,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Eingangstüren

$$U_{m,vorh.} = 1,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \leq U_{m,zul.} = 2,50 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

6.2.2. EH 40

Opake Bauteile

$$U_{m,vorh.} = 0,177 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \leq U_{m,zul.} = 0,180 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Transparente Bauteile (Fenster / Vorhangfassaden)

$$U_{m,vorh.} = 1,00 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \leq U_{m,zul.} = 1,00 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Eingangstüren

$$U_{m,vorh.} = 1,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \leq U_{m,zul.} = 1,60 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

➔ Anforderungen werden eingehalten.