

Präsentation

Begleituntersuchung zur Neufassung der Energieleitlinie

Dienstag, den 31.10.2023

Inhaltsübersicht

1. Aufgabenstellung
2. Varianten und Methodik
3. Heizwärme- und Energiebedarf
4. Kosten und Wirtschaftlichkeit
5. Treibhausgasemissionen
6. CO₂-Vermeidungskosten
7. Empfehlungen Energieleitlinie

Aufgabenstellung

Vergleich von Effizienzgebäude-40 und Passivhaus für

- unterschiedliche Nutzungen (Schule, Büro, Kita)
- unterschiedliche Heizsysteme
- unterschiedliche Gebäudegrößen

Empfehlungen für Neufassung Energieleitlinie

Erläuterung der energetischen Standards

Effizienzgebäude-40

Anforderung: Primärenergiebedarf max. 40% Referenzgeb.

Qualität thermische Gebäudehülle

Berechnungsvorschriften: Gebäudeenergiegesetz

Passivhaus

Anforderung: Heizwärmebedarf $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}_2 \cdot \text{a})$

Primärenergiebedarf $\leq 90 \text{ kWh}/(\text{m}_2 \cdot \text{a})$

Luftdichtheit $\leq 0,6 \text{ 1/h}$

Berechnungsvorschriften: PassivhausProjektierungsPaket PHPP

Untersuchte Varianten

Basisvariante:

A-1 Schulgebäude EG-40 mit **Lüftungsanlage** mit WRG

Vergleichsvarianten:

A-2 Schule Passivhaus 15 kWh/m²K

A-3 Schule Passivhausbilanz 20 kWh/m²K

A-4 Schule Passivhaus 15 kWh/m²K Halbtagsbetrieb

A-5 Schule Passivhaus 15 kWh/m²K ohne CO₂-Regelung

A-6 Büro Passivhaus 15 kWh/m²K

A-7 Büro EG-40 ohne Lüftungsanlage

A-8 Schule EG-40 ohne Lüftungsanlage

Untersuchte Varianten

Basisvariante:

B-1 Schule **verkleinert** EG-40 mit Lüftungsanlage WRG

Vergleichsvarianten:

B-2 Schule Passivhaus 15 kWh/m²K

B-3 Schule Passivhausbilanz 20 kWh/m²K

B-4 Kita Passivhaus 15 kWh/m²K

Methodik

Basisvarianten für den Vergleich im PHPP bilanziert

Energiebezugsflächen:

	Gebäude A		Gebäude B	
Kellergeschoss	436	m ²	-	m ²
Erdgeschoss	390	m ²	390	m ²
1. Obergeschoss	574	m ²	576	m ²
2. Obergeschoss	576	m ²	-	m ²
Summe NRF	1.976	m ²	966	m ²
Summe beheizte NRF	1.575	m ²	966	m ²
Energiebezugsfläche nach PHPP	1.333	m²	835	m²

Tabelle: Energiebezugsfläche

Heizwärme- und Energiebedarf

Variante		A-1	A-2	A-3	A-8
		Schule EG-40	Schule PH-15	Schule PH-20	Schule ohne Lüft. EG-40
Heizwärmebedarf	kWh/m ² a	20,9	15,0	19,9	49,7
Heizwärmebedarf	kWh/a	27.868	20.001	26.535	66.270
Strombedarf Lüftung Winter	kWh/a	4.219	4.219	4.219	0
Strombedarf Lüftung Sommer	kWh/a	3.476	3.476	3.476	0
Dämmung					
Flachdach Dämmung i.M. (WLS 035)	mm	220	290	260	220
Außenwand Dämmung (WLS 035)***	mm	180	260	180	180
Kragdecke unterseitig (WLS 035)	mm	80	120	100	80
Kellerdecke unterseitig (WLS 035)	mm	0	75	0	0
KG-Trennwand TRH zu unbeheizt (WLS 035)	mm	75	150	75	75
KG-Außenwand TRH zu Erdr. (WLS 044)	mm	100	160	100	100
KG-Sohle TRH unterseitig (WLS 044)	mm	0	120	0	0
Aufzugsunterfahrt-Außenwände (WLS 044)	mm	60	120	60	60
Aufzugsunterfahrt-Sohle (WLS 044)	mm	60	120	60	60
Fenster	W/m ² K	1,0	0,86	1,0	1,0
Pfosten-Riegelkonstruktion	W/m ² K	1,0	0,86	1,0	1,0
Eingangstür	W/m ² K	1,6	1,1	1,6	1,6
Kellertüren	W/m ² K	1,6	1,5	1,6	1,6
<i>alternativ Außenwanddämmung in WDVS</i>	mm	160	220		

Heizwärmebedarf

- EG-40 zu PH 15 (Passivhaus)
 - Heizwärme von 20,9 kWh/m²K auf 15 kWh/m²K
 - Anstieg der Dämmdicken und thermische Qualität der Fenster
- EG-40 entspricht ca. PH-20
- Wegfall der Lüftungsanlage
 - Zunahme Heizwärmebedarf um mehr als das Doppelte (237 %)

Heizwärme- und Energiebedarf

Variante		B-1	B-2	B-3	B-4
		Schule EG-40	Schule PH-15	Schule PH-20	PH-15 Kita PH-15
Heizwärmebedarf	kWh/m ² a	26,2	15,0	20,0	15,0
Heizwärmebedarf	kWh/a	21.874	12.524	16.698	12.524
Strom Lüftung Winter	kWh/a	2.689	2.689	2.689	2.334
Strom Lüftung Sommer	kWh/a	2.215	2.215	2.215	1.922
Dämmung					
Flachdach Dämmung i.M. (WLS 035)	mm	220	340	275	390
Außenwand Dämmung (WLS 035)	mm	180	260	240	300
Kragdecke unterseitig (WLS 035)	mm	80	160	120	200
Bodenplatte Perimeter (WLS 044)	mm	0	160	80	200
Aufzugsunterfahrt-Außenwände (WLS 044)	mm	60	160	140	160
Aufzugsunterfahrt-Sohle (WLS 044)	mm	60	160	140	160
Fenster	W/m ² K	1,0	0,70	0,86	0,70
Pfosten-Riegelkonstruktion	W/m ² K	1,0	0,70	0,86	0,70
Eingangstür	W/m ² K	1,6	1,1	1,1	1,1
<i>alternativ Außenwanddämmung in WDVS</i>	mm	160	220		

Tabelle: Heizwärmebedarf und Dämmdicken []

Thermische Hülle

Gebäude verkleinert (ein Geschoss weniger)

- Gebäude [B] Nutzung Schule - EG-40 zu PH 15
(Passivhaus)
 - Hoher Anstieg der Dämmdicken und thermische Qualität der Fenster
- Gebäude [B] Nutzung Kita - EG-40 zu PH 15
 - Sehr hohe Anstieg der Dämmdicken und thermische Qualität der Fenster

Energiebedarf

Variante		A-1	A-2	A-8
		Schule EG-40	Schule PH-15	Schule ohne Lüft. EG-40
Endenergiebedarf		Absolut	Differenz	Differenz
Strom Heizung Luft-WP	kWh/a	8.445	-2.384	11.637
Strom Heizung Erd-WP	kWh/a	6.481	-1.830	8.931
Pellet	kWh/a	32.786	-9.255	45.179
Erdgas (Bestandsanlage) HS	kWh/a	30.965	-8.741	42.669
Pellet (Bestandsanlage) HS	kWh/a	33.674	-9.506	46.402
Strom Lüftungsanlage Ganzjahresbetrieb	kWh/a	7.695	0	-7.695

Tabelle: Endenergiebedarf [A]

- EG-40 zu PH 15 (Passivhaus)
 - Luft-WP Stromeinsparung 2.384 kWh/a
- Wegfall Lüftungsanlage EG-40
 - Luft-WP Strommehrbedarf 3.942 kWh/a

Energie- und Investitionskosten

Mehrkosten (KG300+400)
Passivhaushülle: 136 t€

- 2,7 %

Mehrkosten (KG300+400)
Lüftungsanlage: 871 t€

- 17,2 %

Bezug auf Bauwerkskosten KG 300+400 nach BKI-Index

Passivhaus Energiekosteneinsparung

- Luft-WP 849 €/a
- Erdgasbestand 554 €/a

Wegfall Lüftungsanlage
Energiekostenanstieg

- Luft-WP 1.404 €/a
- Erdgasbestand -34 €/a

Variante	A-1	A-2	A-8
	Schule EG-40	Schule PH-15	Schule ohne Lüft. EG-40
	Absolut	Differenz	Differenz
	brutto €/a	brutto €/a	brutto €/a
Energiekosten			
Strom Heizung Luft-WP	3.006	-849	4.143
Erdgas (Bestandsanlage) HS	1.963	-554	2.705
Strom Lüftung Ganzjahresbetrieb	2.739	0	-2.739
Kosten Gebäudehülle			
Summe Kostendifferenz Gebäudehülle		136.282	0
<i>Alternativ AW-WDVS</i>		101.716	0
Kosten Wärmeerzeuger			
Einsparung Erzeuger Nenneleistung - 5KW			
Luft-Wärmepumpe	27.370	-4.760	0
Kosten durch Lüftungsanlage			
Kostendifferenz Lüftungsanlage	484.330	0	-484.330
<i>Filterwechsel Kosten jährlich</i>	10.948	0	-10.948
Erhöhung Geschoss 40 cm (Büro 20 cm)	308.794	0	-308.794
Kellerraum Lüftungsanlage	78.240	0	-78.240
Summe Kosten Lüftungsanlage + Geb.	871.364		-871.364
Planungskosten KG 700			
Gebäudehülle		16.354	0
Keller+Geschosshöhe	46.444	0	-46.444
<i>Alternativ Planung mit WDVS</i>		12.206	
Passivhausnachweis		12.495	0
TGA-Lüftungsanlage	72.650	0	-72.650
Luft-Wärmepumpe		-714	0

Tabelle: Änderung Energie- und Investitionskosten [A]

Wirtschaftlichkeitsberechnung

- Energiepreise u. kalkulatorischer Zinssatz Stadt GT
- Betrachtungszeitraum: 50 Jahre
- Energiepreisssteigerung
 - Strom/Pellet: 4 % und 5 %
 - Erdgas: 5 % und 6 %
- VDI 2067
 - Annuitätenmethode

**Ergebnis: Passivhaushülle gegenüber EG-40-Hülle
und Lüftungsanlage nicht wirtschaftlich**

Treibhausgasemissionen

Bilanzierungsregeln Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude

Variante	A-2	A-8	A-2	A-8
	Schule PH-15	Schule ohne Lüft. EG-40	Schule PH-15	Schule ohne Lüft. EG-40
CO2-Emissionen	Differenz		Bilanz	
Energiebedarf	t/a	t/a	t/a	t/a
Strom Heizung Luft-WP	-1,27	6,19	-0,53	1,09
Strom Heizung Erd-WP	-0,97	4,75	-0,24	-0,36
Pellet	-0,20	0,95	0,54	-4,15
Erdgas (Bestandsanlage)	-2,05	10,02	-1,32	4,91
Pellet (Bestandsanlage)	-0,76	3,71	-0,03	-1,39
Strom Lüftungsanlage	-	-4,09		
Gebäudehülle	0,73			
Lüftungsanl.		-1,01		

Tabelle: Treibhausgasemissionen [A]

Treibhausgasemissionen

- EG-40 zu PH 15 (Passivhaus) THG
 - Luft-WP 0,5 t/a Einsparung
 - Erdgas-Kessel 1,3 t/a Einsparung
 - Pellet (monovalent) 0,5 t/a Zunahme
- Wegfall Lüftungsanlage EG-40
 - Luft-WP 1,1 t/a Zunahme
 - Erdgas-Kessel 4,9 t/a Zunahme
 - Pellet (monovalent) 4,2 t/a Einsparung

CO₂-Vermeidungskosten

- Berechnung:
 - Investitionskosten der Maßnahme
 - Lebensdauer nach VDI 2067
 - Betrachtungszeitraum 50 Jahre
 - Energiekosten inflationsbereinigt: 2 % u. 3 % (Erdgas 3% u. 4%)
 - Keine Kapitalkosten

Studie im Auftrag BUA: Kosten durch Klimaschäden 809 €/t

CO₂-Vermeidungskosten Passivhaus

Passivhaus A-2	CO ₂ -Differenz t/a	CO ₂ -Vermeidungskosten €/t*a		CO ₂ -Vermeidungskosten €/t*a	
		Vorhangfassade		WDVS	
reale Energiepreissteigerung		2%	3%	2%	3%
Luftwärmepumpe	- 0,53	3.721	2.817	2.608	1.702
Erdwärmepumpe	- 0,24	8.542	7.008	6.083	4.550
Pelletkessel	+ 0,54	-	-	-	-
reale Energiepreissteigerung		3%	4%	3%	4%
Erdgas-Bestandsanlage	- 1,32	2.071	1.736	1.354	1.019

Tabelle: CO₂-Vermeidungskosten Passivhaus [A2]

- Erdgas/WDVS/Energiepreisst. 4%: 1.019 €/t*a

CO₂-Vermeidungskosten Lüftungsanlage

Einbau Lüftungsanlage (Basis A-8, Vergleich A-1)	CO ₂ -Differenz t/a	CO ₂ -Vermeidungskosten €/(t*a)	
reale Energiepreissteigerung		2%	3%
Luftwärmepumpe	- 1,09	41.157	40.430
Erdwärmepumpe	+ 0,35	-	-
Pelletkessel	+ 4,15	-	-
reale Energiepreissteigerung		3%	4%
Erdgas-Bestandsanlage	- 4,92	9.616	9.622

Tabelle: CO₂-Vermeidungskosten Einbau Lüftungsanlage [A1 zu A-8]

- CO₂-Vermeidungskosten Luft-WP: 40.430 €/t*a
- CO₂-Vermeidungskosten Erdgashzg.: 9.622 €/t*a

Empfehlungen Energieleitlinie

Anschluss des Gebäudes an Erdgas-Bestandsheizung

- Passivhaus
- Grenze für sehr hohe Dämmstoffschichtdicken

Übrigen Neubauten:

- Effizienzgebäude-40
- Erhöhte Anforderungen an Dämmqualität gegenüber EG-40
- Lüftungsanlage nicht aus energetischen Gründen verpflichtend - Begründung hohe CO₂-Vermeidungskosten

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Weitere Tabellen

Variante	A-1	A-2	A-8
	Schule EG-40	Schule PH-15	Schule ohne Lüft. EG-40
	Absolut	Differenz	Differenz
Energiekosten	brutto €/a	brutto €/a	brutto €/a
Annuität der Differenzkosten			
Energiepreissteigerung		4 % (5%)	4 % (5%)
Heizsystem Luftwärmepumpe			
Gesamtannuität		-5.028 €	78.330 €
Heizsystem Erdwärmepumpe			
Gesamtannuität		-5.059 €	80.657 €
Heizsystem Pelletkessel			
Gesamtannuität		-4.372 €	78.516 €
Heizsystem Erdgaskessel (Bestand)			
Gesamtannuität		-6.263 €	81.826 €
Heizsystem Pelletkessel (Bestand)			
Gesamtannuität		-5.953 €	78.859 €

Tabelle: Annuitäten [A]

Weitere Tabellen

Bauteil	Min. U-Wert W/m ² K	entspricht ca. folgenden Dämmdicken
Flachdach und Kragdecken	0,11	≤ 300 mm WLS 035 (i.M.)
Schrägdacher	0,14	≤ 300 mm WLS 035 (Zwischen u. Untersparrendämmung)
Außenwand	0,14	≤ 240 mm WLS 035 WDVS ¹
Kellerdecke	0,15	≤ 220 mm WLS 035 (Summe ober- und unterhalb Betondecke)
Bodenplatte	0,15	≤ 100 mm WLS 035 u. Estrich + 160 mm Perimeterter WLS 044
Wände gegen unbeheizt	0,20	≤ 160 mm WLS 035
Wände gegen Erdreich	0,20	≤ 200 mm WLS 044
Fensterglas	0,50	
Fensterrahmen	1,00	
Pfosten-Riegel-Konstruktion	1,20	

Tabelle: U-Werte nicht zu unterschreiten Passivhaus

Weitere Tabellen

Bauteil	Max. U-Wert W/m ² K	entspricht ca. folgenden Dämmdicken
Flachdach und Kragdecken	0,14	≥ 240 mm WLS 035 (i.M.)
Schrägdächer	0,16	≥ 260 mm WLS 035 (Zwischen u. Untersparrendämmung)
Außenwand	0,17	≥ 200 mm WLS 035 WDVS ¹
Kellerdecke	0,20	≥ 160 mm WLS 035 (Summe ober- und unterhalb Betondecke)
Bodenplatte	0,20	≥ 80 mm WLS 035 u. Estrich + 100 mm Perimeter WLS 044
Wände gegen unbeheizt	0,23	≥ 140 mm WLS 035
Wände gegen Erdreich	0,23	≥ 180 mm WLS 044
Fensterglas	0,60	
Fensterrahmen	1,10	
Pfosten-Riegel-Konstruktion	1,30	

Tabelle: U-Werte nicht zu überschreiten Effizienzgebäude-40