

# Energieeinsparnachweis

nach dem Gebäudeenergiegesetz GEG 2023

vom 28.07.2022

"Wohngebäude"

## BEG / KfW - Effizienzhaus 40 (GEG 2023)

öffentlich rechtlicher Nachweis

nach dem "Monatsbilanzverfahren" der DIN V 4108-6:2003-06  
und Berechnung der Anlagentechnik nach DIN V 4701-10:2003-08

Projekt Kurzbeschreibung: FRITZPLEYSTR

19.Aug 2024

Bauvorhaben : Errichtung von 2 Doppelhaushälften

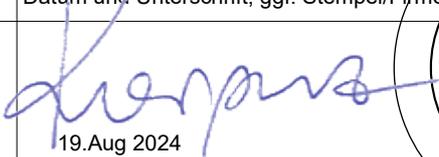
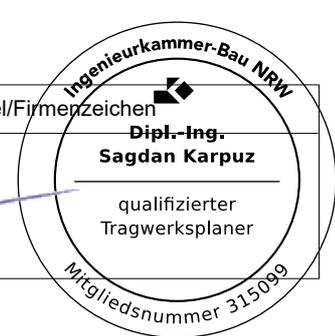
Bearbeiter : Sagdan Karpuz

Objektstandort : Fritz-Pley-Straße 38/40  
Straße/Hausnr. : 52353 Düren  
Plz/Ort :  
Gemarkung :

Baujahr 2024

Flurstücknummer: -----

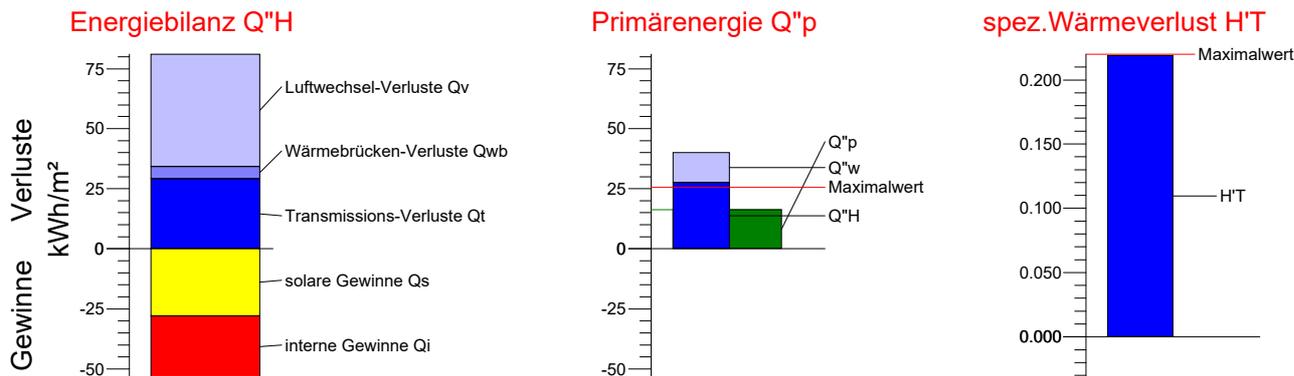
Hauseigentümer/Bauherr  
Name/Firma : ALBa Düren GmbH  
Straße/Hausnr. : Piusstraße 25  
Plz/Ort : 52349 Düren  
Telefon / Fax :

Name, Anschrift und Funktion des Ausstellers	Datum und Unterschrift, ggf. Stempel/Firmenzeichen
Sagdan Karpuz  Werrastr. 3 41065 Mönchengladbach	 19.Aug 2024 

### Tabelle der verwendeten Bauteile

	Bauteil	Bezeich	Ri.	Fläche [m <sup>2</sup> ]	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]	Fak	Gewinn [kWh/a]	Verlust [kWh/a]
1	Wand							
1.1	KS-175-DÄM 200	N	N	54.44	0.151	1.00	2	680
1.2	KS-175-DÄM 200	S	S	41.71	0.151	1.00	61	521
1.3	KS-175-DÄM 200	O	O	47.41	0.151	1.00	51	592
				<b>143.56</b>	<b>0.151</b>		<b>115</b>	<b>1793</b>
2	Fenster, Fenstertüren							
2.1	CLIMATOP SOLAR 2x12/ Krypton Be.2/5	N	N	10.36	0.800	1.00	g 503	687
2.2	CLIMATOP SOLAR 2x12/ Krypton Be.2/5	S	S	23.09	0.800	1.00	0.60 3722	1530
2.3	CLIMATOP SOLAR 2x12/ Krypton Be.2/5	O	O	4.43	0.800	1.00	0.60 405	293
				<b>37.88</b>	<b>0.800</b>		<b>4630</b>	<b>2510</b>
3	Decke zum Dachge., Dach							
3.1	Flachdach mit Bitumendach 400	DACH	-	80.00	0.078	1.00	126	516
				<b>80.00</b>	<b>0.078</b>		<b>126</b>	<b>516</b>
4	Grundfläche, Kellerdecke							
4.1	Fußbodenaufbau gegen Erdreich	BP	N	80.00	0.159	0.50	---	528
				<b>80.00</b>	<b>0.080</b>		-----	<b>528</b>
Summe:				<b>341.44</b>	<b>0.189</b>		<b>4871</b>	<b>5347</b>
Jahresprimärenergiebedarf $Q''_P = 16.3$ [kWh/m <sup>2</sup> a] $Q''_{Pmax} = 25.6$ [kWh/m <sup>2</sup> a] spezifischer Transmissionswärmeverlust $H'T = 0.219$ [W/m <sup>2</sup> K] $H'T_{max} = 0.220$ [W/m <sup>2</sup> K]								

# E N E R G I E B I L A N Z



nutzbare Gewinne	[kWh/a]	Verluste	[kWh/a]
solare Gewinne $\eta^*Q_s$	4630	Transmission $Q_t$	5347
interne Gewinne $\eta^*Q_i$	4238	Wärmebrücken $Q_{WB}$	848
		Lüftungsverluste $Q_v$	7766
		Nachtsabsenkung $Q_{NA}$	-278
		solar opake Bauteile $Q_{S\ opak}$	-241
	8868		13442
=> Jahresheizwärmebedarf $Q_h$ 4619 [kWh/a] + Trinkwassererwärmung $Q_w$ 2074 [kWh/a]			

eine Nachtabschaltung wurde : berücksichtigt  
 Anlagenaufwandszahl  $e_p$  : 0.480  
 Nutzfläche : 165.9m²  
 Gebäudeart : Wohngebäude  
 Jahresheizwärmebedarf  $Q''_h$  : 27.84kWh/m²a

## Endergebnis der GEG-Berechnung

Jahres-Primärenergiebedarf $Q''_P$ : bezogen auf die Gebäudenutzfläche	16.3 [kWh/m²a]	53.7% besser als Neubau
maximal zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf:	25.6 [kWh/m²a] 35.2 [kWh/m²a]	für BEG/KfW-Effizienzhaus 40 nach GEG
spezifischer Transmissionswärmeverlust $H'T$ : der Gebäudehüllfläche	0.219 [W/m²K]	45.2% besser als Neubau 45.2% besser Ref-Gebäude
maximal zulässiger spezifischer Transmissionswärmeverlust:	0.220 [W/m²K] 0.400 [W/m²K] 0.400 [W/m²K]	für BEG/KfW-Effizienzhaus 40 vom Referenzgebäude nach GEG

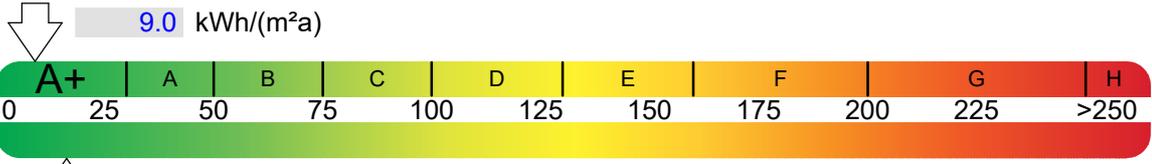
die maximal zulässigen Grenzwerte werden eingehalten.

### Effizienzlevel

Grundvariante  
optimiert

CO2-Emissionen **5.1** [kg/(m<sup>2</sup>\*a)]

### Endenergiebedarf



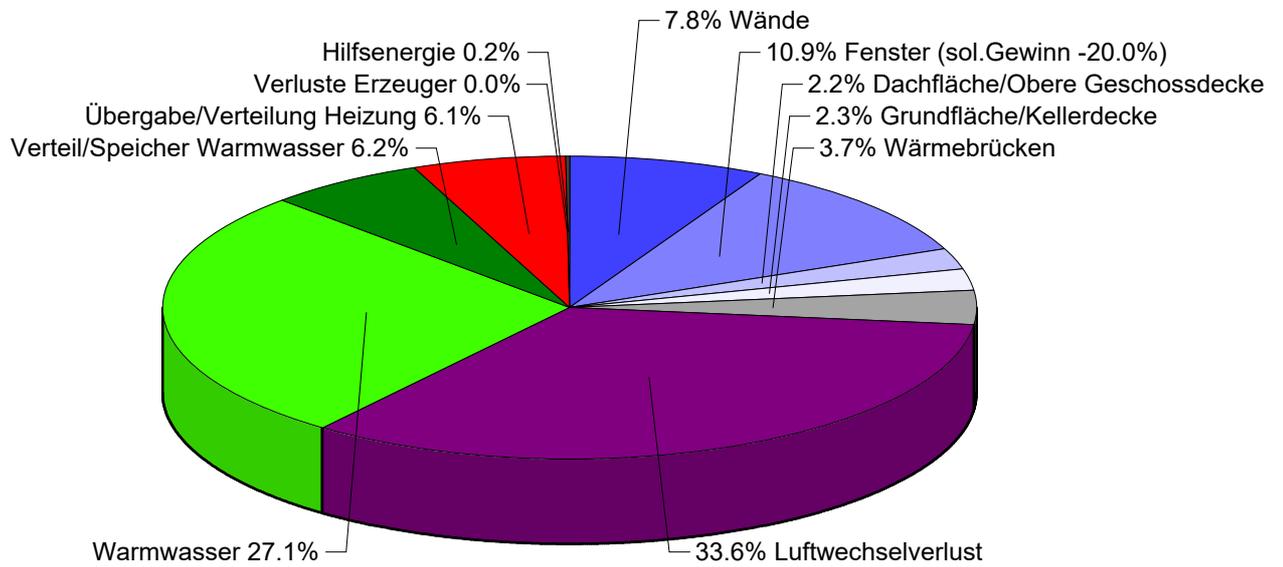
16.3 kWh/(m<sup>2</sup>a)

### Primärenergiebedarf

- Passivhaus
- MFH Neubau
- EFH Neubau
- EFH energetisch gut modernisiert
- Durchschnitt Wohngebäude
- MFH energetisch nicht wesentlich modernisiert
- EFH energetisch nicht wesentlich modernisiert

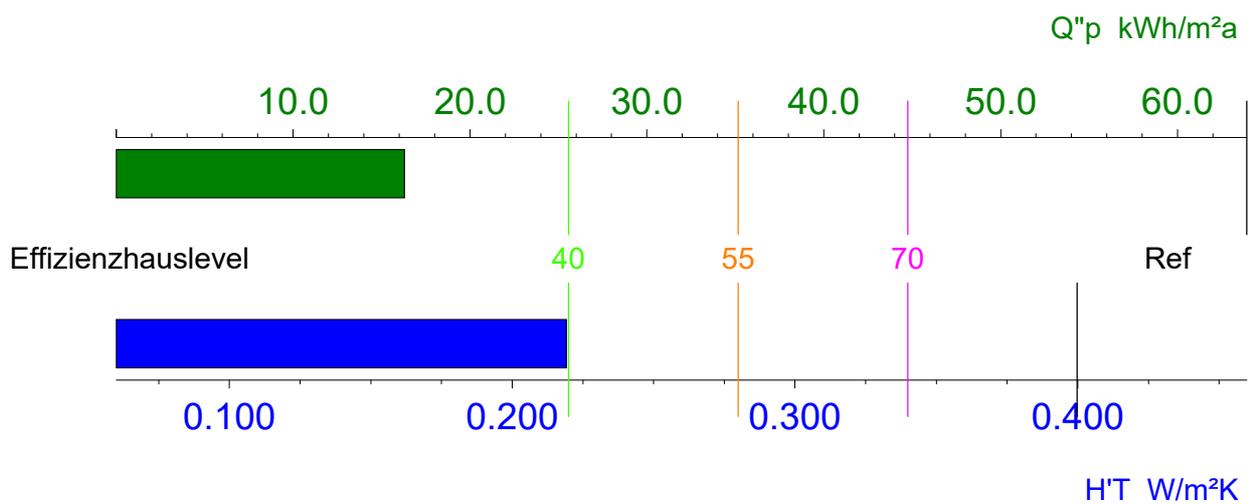
## Endenergieverteilung

### Endenergieverteilung von FRITZPLEYSTR\_ENEV



In der Grafik ist die prozentuale Verteilung der Endenergie zu sehen. Skaliert wurde alles auf den Heizwärmebedarf. Nutzbare interne und solare Wärmegewinne wurden bei den Transmissions- und Lüftungsverlusten berücksichtigt.

## KfW Effizienzhauslevel



## Randbedingungen

### Strom aus erneuerbaren Energien nach §23 des GEG 2023

Berechnung der PV-Anlage über die DIN 18599-9

Art des Photovoltaikmoduls: Polykristallines Silizium Baujahr der Module ab 2017

PV-Kollektorfläche:

Peak-Leistung der PV Anlage:

Systemleistungsfaktor: Mäßig belüftete Module, <0,5m aufs Dach gesetzt

Ausrichtung des PV Kollektors (0°= Nord, 180°=SÜD):

Neigung des PV Kollektors (0°= waagrecht, 90°=senkrecht):

K <sub>pk</sub>	0.166 kW/m <sup>2</sup>
	20.0 m <sup>2</sup>
	3.32 kW
f <sub>perf</sub>	0.75 [-]
	180 °
	45 °

Jahresleistung erneuerbarer Stromproduktion / PV Anlage:

2677 kWh/a

**berechneter Strombedarf des Gebäudes (kein Hausstrom):**

**2570 kWh/a**

der berechnete Strombedarf des Gebäudes setzt sich wie folgt zusammen:

- Strom/Hilfsenergie Heizung (monatlich gewichtet auf den Heizwärmebedarf):

1576 kWh/a

- Strom/Hilfsenergie Warmwasser (auf 12 Monate verteilt):

994 kWh/a

**anrechenbarer erneuerbarer Anteil (wurde von der Endenergie abgezogen):**

**1069 kWh/a**

	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
monatl. regenerative Leistung in kWh	95	84	207	345	363	361	323	322	258	198	71	48
monatl. regenerative Leistung in %	3.5	3.1	7.7	12.9	13.6	13.5	12.1	12.0	9.6	7.4	2.7	1.8
monatl. Strombedarf (hochgerechnet)	464	410	185	83	83	83	83	83	83	88	374	552

### Sommerlicher Wärmeschutz:

Der sommerliche Wärmeschutz wird mit den angegebenen Sonnenschutzvorrichtungen erfüllt.

### Grundlage zur Ermittlung der Fx Werte für die Erdreichabminderung nach DIN 4108-6 Tabelle 3

Grundflächenart	A <sub>G</sub> [m <sup>2</sup> ]	P[m]	B'
Grundfläche gegen Erdreich mit waagerechter Randdämmung	80.0	28.0	5.7

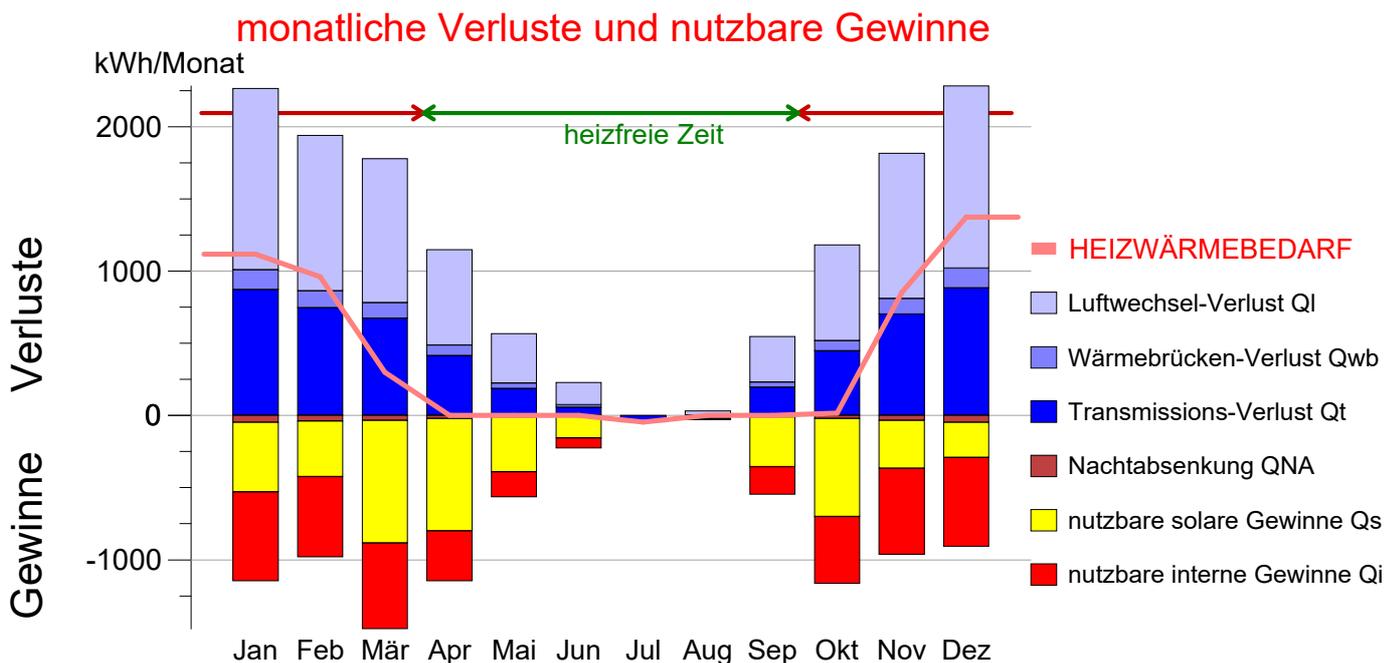
P=Randstrecke der Grundfläche gegen das Erdreich

### Gewinne und Verluste im einzelnen

kWh/Monat	Jan	Feb	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	gesamt
Ausnutzgrad $\eta$	1.000	1.000	0.967	0.580	0.284	0.119	0.000	0.006	0.322	0.752	1.000	1.000	
Q Verlust	2217	1901	1744	1126	554	222	0	12	537	1159	1781	2235	13488
Q Gewinn	1101	942	1494	1939	1949	1868	1831	1835	1666	1519	929	861	17934
$\eta * Q$ Gewinn	1101	942	1445	1124	554	222	0	12	537	1143	928	861	8868
Q <sub>h,M</sub>	1116	959	300	0	0	0	0	0	0	16	852	1375	4619
Verluste im einzelnen aufgeschlüsselt													
QT	865	742	687	456	235	107	0	19	218	456	693	869	5347
QS opak	-7	-4	14	41	49	51	46	37	23	10	-8	-13	241
QNA Nachtabs.	47	40	35	22	12	5	0	1	11	22	36	48	278
QT-QNA-QSopak	824	706	638	392	175	50	-46	-19	185	424	665	835	4828
QWB	137	118	109	72	37	17	0	3	35	72	110	138	848
QL	1256	1078	998	662	342	155	0	28	317	663	1006	1263	7766
Gewinne im einzelnen aufgeschlüsselt													
QS	484	384	877	1342	1332	1271	1214	1218	1069	902	332	244	10668
Qi	617	557	617	597	617	597	617	617	597	617	597	617	7266
Die äquivalente Heizgradtagezahl ermittelt aus dem energetischen Niveau des Gebäudes													
Heiz-Gt	558	479	443	0	0	0	0	0	0	295	447	561	2783

### Volumen und Flächen

- Gebäudevolumen V<sub>e</sub> : 518.4 m<sup>3</sup>
- Gebäudehüllfläche A : 341.4 m<sup>2</sup>
- A/V<sub>e</sub> : 0.659 1/m
- Außenwandfläche AAW : 223.6 m<sup>2</sup>
- Fensterfläche A<sub>w</sub> : 37.9 m<sup>2</sup>
- Fensterflächenanteil f : 14.5 % (nach EnEV 2002-2007 Anhang 1 Absatz 2.8)



## allgemeine Projektdaten

Temperatur Warmseite $\vartheta_i$	: 19°C (normale Innenraumtemperatur $\geq 19$ °C nach Anhang 1 der EnEV)
Gebäudeart	: Wohngebäude
Warmwasseraufbereitung	: zentral
Bauart	: ein Massivbau
das Gebäude ist	: ein Neubau
das Gebäude ist um	: 0.0° aus der Nord-Süd-Richtung gedreht.

## Luftvolumenberechnung

Gebäudeart	: es handelt sich um ein Gebäude mit bis zu drei Vollgeschossen und nicht mehr als zwei Wohnungen oder um ein Ein- oder Zweifamilienhaus bis zu 2 Vollgeschossen und nicht mehr als 3 Wohneinheiten	
Gebäudevolumen $V_e$	: 518.4 m <sup>3</sup>	
Luftvolumen	: 394.0 m <sup>3</sup>	0,76 * Gebäudevolumen

## Nutzflächenberechnung

Gebäudehöhe	: 6.50 m	
Geschoßanzahl	: 2	
Gebäudegrundfläche	: 80.0 m <sup>2</sup>	
Grundflächenumfang	: 28.0 m	
Gebäudenutzfläche	: 165.9 m <sup>2</sup>	0.32 * Gebäudevolumen

## Gebäudevolumen

Gebäudevolumen brutto	:	518.4 m <sup>3</sup>
Volumen Außenbauteile	:	128.2 m <sup>3</sup>
Volumen Innenbauteile	:	0.0 m <sup>3</sup>
Gebäudevolumen netto	:	390.2 m <sup>3</sup>

## Gebäudegewicht

mittlere Dichte der Innenbauteile	:	----- kg/m <sup>3</sup>
Gewicht der Außenbauteile	:	108138 kg
Gewicht der Trennwände	:	----- kg
Gebäudegewicht	:	108138 kg

## interne Wärmegewinne pauschaler Ansatz

in Wohngebäuden	24h/Tag	5W/m <sup>2</sup>	120 Wh/m <sup>2</sup> pro Tag
bei einer Nutzfläche von	166 m <sup>2</sup>	==>	20 kWh/Tag

$Q_i =$ 7266 kWh/a [ 597 kWh/Monat ] davon nutzbare Wärmegewinne $Q_{iF} =$ 4238 kWh/a
---

## Wärmebrücken pauschal mit Nachweis nach DIN 4108, Bbl.2

Es wurden ausschließlich wärmetechnisch äquivalente Konstruktionen der Kategorie B nach DIN 4108, Bbl.2 verwendet.

Bei der Berechnung des Verlustes durch die Wärmebrücken wurde bei jedem verwendeten Bauteil ein Aufschlag auf den U-Wert von 0,03 W/m<sup>2</sup>K, berücksichtigt.  
 Dabei wurden 0.0 m<sup>2</sup> Oberfläche ausgenommen (z.B. Vorhangfassade).

ursprünglicher mittlerer U-Wert	0.189 W/m <sup>2</sup> K	[Abminderungsfaktoren sind berücksichtigt]
neuer mittlere U-Wert	0.219 W/m <sup>2</sup> K	
Transmissionsverlust erhöht sich um	15.87 %	

$Q_{wb} =$ 848 kWh/a
----------------------

## Luftwechsel

Lüftungsverluste $Q_v$	7766 kWh/a
------------------------	------------

Luftvolumen: 394.0 m<sup>3</sup>  
 Luftwechselrate: 0.70 h<sup>-1</sup>  
 Art der Lüftung: freie Lüftung

Das Gebäude wird nach den anerkannten Regeln der Technik gebaut und nachträglich nicht dichtheitsgeprüft.

Luftwechselerluste in kWh

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1256	1078	998	662	342	155	0	28	317	663	1006	1263

## Klimaort

Es wurden Solar- und Klimadaten vom "mittleren Standort Deutschland " verwendet.

Solar-Referenzort: mittlerer Standort Deutschland  
 Temperatur-Referenzort: mittlerer Standort Deutschland

## monatliches Temperaturmittel

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1.0	1.9	4.7	9.2	14.1	16.7	19.0	18.6	14.3	9.5	4.1	0.9

## monatliche Strahlungsintensität

Strahlungsintensitäten die für die Berechnung benötigten Richtungen und Neigungen in W/m <sup>2</sup>													
Richtung	Neig.	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
waagerecht	0°	29	44	97	189	221	241	210	180	127	77	31	17
Süd	45°	57	56	124	214	218	224	194	193	160	119	44	29
Süd	90°	59	47	98	147	132	124	113	127	123	106	39	29
Ost	90°	25	29	68	134	137	150	138	115	83	55	20	12
Nord	90°	10	18	31	58	75	83	81	57	41	25	13	7

## Ausnutzungsgrad der Gewinne

Für die Berechnung des Ausnutzungsgrades  $\eta$  solarer und interner Wärmegewinne wurde der vereinfachte Ansatz verwendet.

die Bauart ist: ein Massivbau  
 Speicherfähigkeit: 50.00 Wh/m<sup>2</sup>K  
 Volumen: 518 m<sup>3</sup>  
 C<sub>wirk</sub>: 25920 Wh/K  
 spezifischer Wärmeverlust H: 169 W/K

## monatliche Ausnutzungsgrade

Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
1.000	1.000	0.967	0.580	0.284	0.119	0.000	0.006	0.322	0.752	1.000	1.000

## Warmwasser

Warmwasser pauschal (12,5KWh/m<sup>2</sup>a)

Energiebedarf für die Warmwasseraufbereitung $Q_w$ 2074 kWh/a
---

## Begrenzung der Leitungsverluste

Die Wärmeabgabe der Wärme- und Warmwasserverteilungsleitungen ist gem. § 69 u.70 i.V.m.Anlage 8 des GEG wie folgt zu begrenzen:

Zeile	Art der der Leitungen/Armaturen	Mindestdicke der Dämmschicht, bezogen auf eine Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/(m <sup>2</sup> .K)
aa	Innendurchmesser bis 22 mm	20 mm
bb	Innendurchmesser über 22 mm bis 35 mm	30 mm
cc	Innendurchmesser über 35 mm bis 100 mm	gleich Innendurchmesser
dd	Innendurchmesser über 100 mm	100 mm
ee	Leitungen und Armaturen nach den Zeilen aa bis ee in Wand- und Deckendurchbrüchen, im Kreuzungsbereich von Leitungen, an Leitungsverbindungsstellen, bei zentralen Leitungsnetzverteilern	1/2 der Anforderungen der Zeilen aa bis dd
ff	Leitungen von Zentralheizungen nach den Zeilen aa bis ee, die nach dem 31.Januar 2002 in Bauteilen zwischen beheizten Räumen verschiedener Nutzer verlegt werden.	1/2 der Anforderungen der Zeilen aa bis dd
gg	Leitungen nach Zeile ff im Fußbodenaufbau	6 mm
hh	Soweit in den Fällen des §60 Wärme- und Warwasserleitungen an die Aussenluft Grenzen	Doppelte Anforderungen der Zeilen aa bis dd
2	Kälteverteilungs- und Kaltwasserleitungen sowie Armaturen von Raumluftechnik- und Klimakältesystemen nach §70	6 mm

Liegen die Wärmeverteilungen in oder zwischen beheizten Räumen, so ist im Fall §69 aa bis dd nicht anzuwenden falls ihre Wärmeabgabe durch frei liegende Absperrrichtungen beeinflusst werden kann.

Es bestehen im Fall §69 auch keine Anforderungen an Warmwasserleitungen mit einem Wasserinhalt bis 3 Liter die weder in den Zirkulationskreislauf noch mit einer elektrischen Begleitheizung ausgestattet sind (Stichleitungen) und sich in beheizten Räumen befinden.

# Anlagenbewertung nach DIN 4701 Teil 10

## für ein Gebäude mit normalen Innentemperaturen

Bezeichnung des Gebäudes: FRITZPLEYSTR Ort: 52353 Düren Gemarkung:	Straße/Nr.: Fritz-Pley-Straße 38/40 Flurstücknummer:
--	---

### I. Eingaben

$A_N =$  
                         
  $t_{HP} =$

	Trinkwassererwärmung	Heizung	Lüftung
absoluter Bedarf	$Q_{tw} =$ <input style="width: 100px;" type="text" value="2073.6 kWh/a"/>	$Q_h =$ <input style="width: 100px;" type="text" value="4618.6 kWh/a"/>	
bezogener Bedarf	$q_{tw} =$ <input style="width: 100px;" type="text" value="12.50 kWh/m&lt;sup&gt;2&lt;/sup&gt;a"/>	$q_h =$ <input style="width: 100px;" type="text" value="27.84 kWh/m&lt;sup&gt;2&lt;/sup&gt;a"/>	

### II. Systembeschreibung

Details siehe Trinkwasser- Heizungs- und Lüftungsbeschreibung

### III. Ergebnisse

Deckung von $Q_h$	$q_{h,TW} =$ <input style="width: 100px;" type="text" value="2.28 kWh/m&lt;sup&gt;2&lt;/sup&gt;a"/>	$q_{h,H} =$ <input style="width: 100px;" type="text" value="25.56 kWh/m&lt;sup&gt;2&lt;/sup&gt;a"/>	$q_{h,L} =$ <input style="width: 100px;" type="text" value="0.00 kWh/m&lt;sup&gt;2&lt;/sup&gt;a"/>
$\Sigma$ Wärme	$Q_{TW,E} =$ <input style="width: 100px;" type="text" value="981.2 kWh/a"/>	$Q_{H,E} =$ <input style="width: 100px;" type="text" value="1575.9 kWh/a"/>	$Q_{L,E} =$ <input style="width: 100px;" type="text" value="0.0 kWh/a"/>
$\Sigma$ Hilfsenergie	<input style="width: 100px;" type="text" value="12.7 kWh/a"/>	<input style="width: 100px;" type="text" value="0.0 kWh/a"/>	<input style="width: 100px;" type="text" value="0.0 kWh/a"/>
$\Sigma$ Primärenergie	$Q_{TW,P} =$ <input style="width: 100px;" type="text" value="1789.1 kWh/a"/>	$Q_{H,P} =$ <input style="width: 100px;" type="text" value="2836.6 kWh/a"/>	$Q_{L,P} =$ <input style="width: 100px;" type="text" value="0.0 kWh/a"/>

**Endenergie**

$Q_E =$    
                         

$\Sigma$  Wärme

$\Sigma$  Hilfsenergie

**Primärenergie**

$Q_P =$

$\Sigma$  Primärenergie

**Anlagenaufwandzahl**

$e_P =$

## TRINKWASSERERWÄRMUNG nach DIN 4701 TEIL 10

Bereich 1:	Anteil 100.0 %	Nutzfläche 165.9 m <sup>2</sup>
<b>Wärmeverlust</b>		<b>Hilfsenergie</b>
<b>Heizwärmegutschriften</b>		

Verlust aus EnEV:	$q_{tw} =$	12.50 kWh/m <sup>2</sup> a		
Übergabe:	$q_{TW,ce} =$	0.00 kWh/m <sup>2</sup> a	$q_{TW,ce,HE} =$	0.00 kWh/m <sup>2</sup> a
			$q_{h,TW,ce} =$	0.00 kWh/m <sup>2</sup> a
Verteilung:	$q_{TW,d} =$	1.51 kWh/m <sup>2</sup> a	$q_{TW,d,HE} =$	0.00 kWh/m <sup>2</sup> a
			$q_{h,TW,d} =$	0.68 kWh/m <sup>2</sup> a
Verteilungsart: wohnungszentrale Trinkwasserversorgung (entfernteste Zapfstelle max. 6m)				
Speicherung:	$q_{TW,s} =$	3.65 kWh/m <sup>2</sup> a	$q_{TW,s,HE} =$	0.08 kWh/m <sup>2</sup> a
			$q_{h,TW,s} =$	1.60 kWh/m <sup>2</sup> a

Speicherart: indirekt beheizter Speicher (z.B. durch die Gebäudeheizung)  
 der Speicher steht innerhalb der thermischen Hülle

Wärmeerzeuger:	$\Sigma =$	16.77 kWh/m <sup>2</sup> a	$q_{TW,g,HE} =$	0.00 kWh/m <sup>2</sup> a
Wärmeerzeugerart: Heizungswärmepumpe Luft/Wasser				
Energieträgerart: Strom-Mix				
Deckungsanteil	$\alpha_{TW,g} :$			95.0 %
Aufwandzahl Erzeuger	$e_{TW,g} :$			0.300
Endenergie Erzeuger	$q_{TW,E} :$			5.03 kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiefaktor Erzeuger	$f_{p,i} :$			1.80
Primärenergie Erzeuger	$q_{TW,P} :$			9.06 kWh/m <sup>2</sup> a

Wärmeerzeuger:	$\Sigma =$	0.88 kWh/m <sup>2</sup> a	$q_{TW,g,HE} =$	0.00 kWh/m <sup>2</sup> a
Wärmeerzeugerart: Elektro-Heizstab				
Energieträgerart: Strom-Mix				
Deckungsanteil	$\alpha_{TW,g} :$			5.0 %
Aufwandzahl Erzeuger	$e_{TW,g} :$			1.000
Endenergie Erzeuger	$q_{TW,E} :$			0.88 kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiefaktor Erzeuger	$f_{p,i} :$			1.80
Primärenergie Erzeuger	$q_{TW,P} :$			1.59 kWh/m <sup>2</sup> a

Hilfsenergie:	$\Sigma q_{TW,HE,E} =$	0.08 kWh/m <sup>2</sup> a		
Primärenergiefaktor Hilfsenergie	$f_{p,H} :$			1.80
Primärenergie Hilfsenergie	$q_{TW,HE,P} :$			0.14 kWh/m <sup>2</sup> a

**Endergebnis** Heizwärmegutschrift pro m<sup>2</sup>:  $q_{h,TW} =$  2.28 kWh/m<sup>2</sup>a

Wärmeendenergie pro m <sup>2</sup>	$q_{TW,E} :$	5.91 kWh/m <sup>2</sup> a
Hilfsendenergie pro m <sup>2</sup>	$q_{TW,HE,E} :$	0.08 kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergie pro m <sup>2</sup>	$q_{TW,P} :$	10.78 kWh/m <sup>2</sup> a

Wärmeendenergie	$Q_{TW,E} :$	981.2 kWh/a
Hilfsendenergie	$Q_{TW,HE,E} :$	12.7 kWh/a
Primärenergie	$Q_{TW,P} :$	1789.1 kWh/a

<b>HEIZUNG nach DIN 4701 TEIL 10</b>		
Bereich 1:	Anteil 100.0 %	Nutzfläche 165.9 m <sup>2</sup>
<b>Wärmeverlust</b>		<b>Hilfsenergie</b>

Heizwärmebedarf	$q_h =$	27.84 kWh/m <sup>2</sup> a	
Heizwärmegutschriften	$q_{h,TW} =$	2.28 kWh/m <sup>2</sup> a	vom Trinkwasser
Heizwärmegutschriften	$q_{h,L} =$	0.00 kWh/m <sup>2</sup> a	durch die Lüftungsanlage

Übergabe:	$q_{c,e} =$	2.20 kWh/m <sup>2</sup> a	$q_{ce,HE} =$ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.00 kWh/m<sup>2</sup>a</span>
-----------	-------------	---------------------------	---

Übergabeart: Wasserheizung: freie Heizflächen, Thermostatregelventile, Auslegungsproportionalbereich 1°K  
 Anordnung der Heizelemente überwiegend im Innenwandbereich  
 Übergabe erfolgt ohne zusätzliche Luftumwälzung z.B. durch einen Ventilator

Verteilung:	$q_d =$	0.60 kWh/m <sup>2</sup> a	$q_{d,HE} =$ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.00 kWh/m<sup>2</sup>a</span>
-------------	---------	---------------------------	--

Verteilungsart: Heizkreistemperatur 35/28°C  
 die horizontale Verteilung der Wärme erfolgt innerhalb der thermischen Hülle  
 Verteilungsstränge (vertikal) überwiegend innenliegende Verteilung (nicht an der Außenwand)  
 die Umwälzpumpe ist Bestandteil des Erzeugers, die Hilfsenergie wird in  $q_{g,HE}$  berücksichtigt

Speicherung:	$q_s =$	0.00 kWh/m <sup>2</sup> a	$q_{s,HE} =$ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.00 kWh/m<sup>2</sup>a</span>
--------------	---------	---------------------------	--

Speicherart: keine Speicherung

Wärmeerzeuger:	$\Sigma =$	26.94 kWh/m <sup>2</sup> a	$q_{g,HE} =$ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.00 kWh/m<sup>2</sup>a</span>
----------------	------------	----------------------------	--

Wärmeerzeugerart:	Heizungswärmepumpe Luft/Wasser		
Energieträgerart:	Strom-Mix		
Deckungsanteil	$\alpha_{H,g} :$	95.0	%
Aufwandzahl Erzeuger	$e_g :$	0.300	
Endenergie Erzeuger	$q_E :$	8.08	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiefaktor Erzeuger	$f_p :$	1.80	
Primärenergie Erzeuger	$q_P :$	14.55	kWh/m <sup>2</sup> a

Wärmeerzeuger:	$\Sigma =$	1.42 kWh/m <sup>2</sup> a	$q_{g,HE} =$ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0.00 kWh/m<sup>2</sup>a</span>
----------------	------------	---------------------------	--

Wärmeerzeugerart:	Elektro-Direktheizung		
Energieträgerart:	Strom-Mix		
Deckungsanteil	$\alpha_{H,g} :$	5.0	%
Aufwandzahl Erzeuger	$e_g :$	1.000	
Endenergie Erzeuger	$q_E :$	1.42	kWh/m <sup>2</sup> a
Primärenergiefaktor Erzeuger	$f_p :$	1.80	
Primärenergie Erzeuger	$q_P :$	2.55	kWh/m <sup>2</sup> a

Hilfsenergie:	$\Sigma q_{HE,E} =$	0.00 kWh/m <sup>2</sup> a	
---------------	---------------------	---------------------------	--

Primärenergiefaktor Hilfsenergie	$f_{p,H} :$	1.80	
Primärenergie Hilfsenergie	$q_{HE,P} :$	0.00	kWh/m <sup>2</sup> a

**Endergebnis**

Wärmeendenergie pro m <sup>2</sup>	$q_{H,E} :$	9.50 kWh/m <sup>2</sup> a	
Hilfsendenergie pro m <sup>2</sup>	$q_{H,HE,E} :$	0.00 kWh/m <sup>2</sup> a	
Primärenergie pro m <sup>2</sup>	$q_{H,HE,P} :$	17.10 kWh/m <sup>2</sup> a	

Wärmeendenergie	$Q_{H,E} :$	1575.9 kWh/a	
Hilfsendenergie	$Q_{H,HE,E} :$	0.0 kWh/a	
Primärenergie	$Q_{H,HE,P} :$	2836.6 kWh/a	

## Überprüfung des Mindestwärmeschutz der Bauteile nach DIN 4108-2 2013-02

Bauteil	Flächengewicht kg/m <sup>2</sup>	Innenraumtemp	R m <sup>2</sup> K/W	Grenzwert m <sup>2</sup> K/W	Art	Ergebnis
KS-175-DÄM 200	398.0	normal	6.46	1.20	*1 *?	OK
Flachdach mit Bitumendach 400	509.6	normal	12.69	1.20	*1	OK
Fußbodenaufbau gegen Erdreich	127.9	normal	6.11	0.90	*1 *?	OK

Art der Berechnung: nach DIN 4108-2:2013-02:

\*1 Tabelle 3, normale Bauteile >=100kg/m<sup>2</sup>

\*? einige Dichten fehlen im Schichtaufbau, das Ergebnis der Berechnung ist evtl. nicht korrekt

### Sommerlicher Wärmeschutz nach DIN 4108-2 2013-02

Solarzone : sommerheiß (Grenzwert Innentemperatur 27°C)

Ebene: Erdgeschoss	Grundfläche Ag:	40.00 qm	
Raum: <b>Wohnzimmer</b>	Fensterfläche Aw:	13.85 qm	
	Bauart:	schwer	
	Nachtlüftung:	erhöhte Nachtlüftung min n>=2 1/h	
Fensterflächenanteil fwg:	34.6 %	Überprüfung ab 10.0 % erforderlich.	
<b>Sonneneintragskennwert S: 0.062</b>	<b>S<sub>max</sub>: 0.081</b>	<b>Anforderung ist erfüllt</b>	

Fenster: SAINT-GOBAIN GLASS -- CLIMATOP SOLAR 2x12/ Krypton Be.2/5  
 BauteilNr: 2.2 Kurzbezeichnung: S Energiedurchlassgrad: 60.00 %  
 Fläche: 13.85 qm sommerlicher Sonnenschutz außenliegend: Jalousien, Rollläden 3/4 geschlossen, Fensterläden  
 Orientierung: S

### Zwischenergebnisse sommerlicher Wärmeschutz nach DIN 4108-2 2013-02

Raum	AG m <sup>2</sup>	AW m <sup>2</sup>	g	Fc	Fs	Bauart	Nacht Lüft.	S1	fwg %	S2	S3 gtot <=0.4	fneig	S4	f <sub>nord</sub>	S5	S6	S	S <sub>max</sub>	OK?
Wohnzimmer	40.0	13.8	0.60	0.30	1.00	schwer	erhöht	0.101	34.6	-0.020	---	---	---	---	---	---	0.062	0.081	OK

OK\*=der Fensterflächenanteil ist so klein, daß auf eine Überprüfung verzichtet werden kann

AG=netto Raumgrundfläche Aw=brutto Fensterfläche g=Energiedurchlassgrad der Verglasung Fc=Multiplikator für Verschattungseinrichtung (--- keine vorhanden)

Bauart=leicht,mittel,schwer Nachtlüftung=ohne, erhöhte Nachtlüftung mit n>=2/h, hohe Nachtlüftung mit n>=5/h S1=Tabellenwert Bauart,Nachtlüftung,Klimaregion

fwg=Fensterflächenanteil bezogen auf die Raumgrundfläche S2 = aus grundflächenbezogener Fensterflächenanteil S3 gtot<=0.4=Bonus für Sonnenschutzverglasung oder

feststehende Verschattung fneig=Mallus geneigte Fenster <60° S4=-0,035\*fneig f<sub>nord</sub>=Bonus Nordfenster S5=+0,10\*f<sub>nord</sub> S6=passive Kühlung

S=berechneter Sonneneintragskennwert S<sub>max</sub>=maximal zulässiger Sonneneintragskennwert

### Dampfdiffusionsnachweis

Bauteil	Fall R-Type	Tauw. kg/m <sup>2</sup>	Verd. kg/m <sup>2</sup>	Rest kg/m <sup>2</sup>	Schicht	OK
KS-175-DÄM 200	A 1	----	----	----	----	OK
Flachdach mit Bitumendach 400	B 3	0.010	0.012	----	6/7	OK

### Randbedingungen der Dampfdiffusionsberechnung

R-Type	°C warm	°C kalt	% warm	% kalt	Stunden	°C Dach
Type 1 normale Außenwand						
Tauperiode	20	-5	50	80	2160	
Verdunstungsperiode	12	12	70	70	2160	
Type 3 Dach/Decke gegen Außenluft						
Tauperiode	20	-5	50	80	2160	
Verdunstungsperiode	12	12	70	70	2160	20

## Bauteilverwendung und Flächenberechnung

### Bauteile der Bauteilart: Wand

Bauteil/Einsatzart	U-Wert	Fläche
normale Außenwand beheizter Räume Faktor = 1.00 $R_{Si} = 0.13$ $R_{Se} = 0.04$ $R = 6.46$ Strahlungsabsorptionsgrad $\alpha = 0.50$ sonstige Oberfläche (öffentlich rechtlich) Emissionsgrad $\varepsilon = 0.80$ Richt. = 0° Norden Neig = 90° senkrecht		
KS-175-DÄM 200 10,0*6,48	<b>Bez.: N</b> 0.15 W/m <sup>2</sup> K	64.80 m <sup>2</sup>
SAINT-GOBAIN GLASS CLIMATOP SOLAR 2x12/ Krypton Be.2/5		
B x H : 1.63 m x 0.71 m 1 Stück	1.16 m <sup>2</sup>	
B x H : 0.86 m x 0.71 m 1 Stück	0.61 m <sup>2</sup>	
B x H : 2.01 m x 2.30 m 1 Stück	4.62 m <sup>2</sup>	
B x H : 2.01 m x 1.40 m 1 Stück	2.81 m <sup>2</sup>	
B x H : 1.63 m x 0.71 m 1 Stück	1.16 m <sup>2</sup>	
Glas : U-Wert = 0.70 W/m <sup>2</sup> K g-Wert = 60 %	0.80 W/m <sup>2</sup> K	-10.36 m <sup>2</sup>
Rahmen : Rahmenanteil = 21.5 % Scheibenzahl = 3 Randverbund = -0.1 W/m <sup>2</sup> K wärmetechnisch verbesserter Randverbund des Glases (Anhang C) U-Rahmen = 1.00 W/m <sup>2</sup> K ==> U-Fenster = 0.80 W/m <sup>2</sup> K (nach DIN 4108-4)		
Verschattung: $F_S=0.900$ $F_F=0.785$ $F_C=1.000$ sommerlicher Sonnenschutz Verschattung 4108-2 : außenliegend: Jalousien, Rollläden 3/4 geschlossen, Fensterläden		
		54.44 m <sup>2</sup>

normale Außenwand beheizter Räume Faktor = 1.00 $R_{Si} = 0.13$ $R_{Se} = 0.04$ $R = 6.46$ Strahlungsabsorptionsgrad $\alpha = 0.50$ sonstige Oberfläche (öffentlich rechtlich) Emissionsgrad $\varepsilon = 0.80$ Richt. = 180° Süden Neig = 90° senkrecht		
KS-175-DÄM 200 10,0*6,48	<b>Bez.: S</b> 0.15 W/m <sup>2</sup> K	64.80 m <sup>2</sup>
SAINT-GOBAIN GLASS CLIMATOP SOLAR 2x12/ Krypton Be.2/5		
B x H : 2.01 m x 2.30 m 2 Stück	9.25 m <sup>2</sup>	
B x H : 3.01 m x 2.30 m 2 Stück	13.85 m <sup>2</sup>	
Glas : U-Wert = 0.70 W/m <sup>2</sup> K g-Wert = 60 %	0.80 W/m <sup>2</sup> K	-23.09 m <sup>2</sup>
Rahmen : Rahmenanteil = 13.6 % Scheibenzahl = 3 Randverbund = -0.1 W/m <sup>2</sup> K wärmetechnisch verbesserter Randverbund des Glases (Anhang C) U-Rahmen = 1.00 W/m <sup>2</sup> K ==> U-Fenster = 0.80 W/m <sup>2</sup> K (nach DIN 4108-4)		
Verschattung: $F_S=0.900$ $F_F=0.864$ $F_C=1.000$ sommerlicher Sonnenschutz Verschattung 4108-2 : außenliegend: Jalousien, Rollläden 3/4 geschlossen, Fensterläden		
		41.71 m <sup>2</sup>

normale Außenwand beheizter Räume Faktor = 1.00 $R_{Si} = 0.13$ $R_{Se} = 0.04$ $R = 6.46$ Strahlungsabsorptionsgrad $\alpha = 0.50$ sonstige Oberfläche (öffentlich rechtlich) Emissionsgrad $\varepsilon = 0.80$ Richt. = 90° Osten Neig = 90° senkrecht		
KS-175-DÄM 200 8,0*6,48	<b>Bez.: O</b> 0.15 W/m <sup>2</sup> K	51.84 m <sup>2</sup>
SAINT-GOBAIN GLASS CLIMATOP SOLAR 2x12/ Krypton Be.2/5		
B x H : 1.00 m x 2.30 m 1 Stück	2.30 m <sup>2</sup>	
B x H : 0.76 m x 1.40 m 2 Stück	2.13 m <sup>2</sup>	
Glas : U-Wert = 0.70 W/m <sup>2</sup> K g-Wert = 60 %	0.80 W/m <sup>2</sup> K	-4.43 m <sup>2</sup>
Rahmen : Rahmenanteil = 27.3 % Scheibenzahl = 3 Randverbund = -0.1 W/m <sup>2</sup> K wärmetechnisch verbesserter Randverbund des Glases (Anhang C) U-Rahmen = 1.00 W/m <sup>2</sup> K ==> U-Fenster = 0.80 W/m <sup>2</sup> K (nach DIN 4108-4)		
Verschattung: $F_S=0.900$ $F_F=0.727$ $F_C=1.000$ sommerlicher Sonnenschutz Verschattung 4108-2 : außenliegend: Jalousien, Rollläden 3/4 geschlossen, Fensterläden		
		47.41 m <sup>2</sup>

### Bauteile der Bauteilart: Decke zum Dachge., Dach

Bauteil/Einsatzart	U-Wert	Fläche
--------------------	--------	--------

Dach/Decke gegen Außenluft

Faktor = 1.00  $R_{Si} = 0.10$   $R_{Se} = 0.04$   $R = 12.69$ Strahlungsabsorptionsgrad  $\alpha = 0.80$  dunkle Oberfläche (öffentlich rechtlich) Emissionsgrad  $\varepsilon = 0.80$ 

Richt. = 0° ---- Neig = 0° waagrecht

Flachdach mit Bitumendach 400

10,0\*8,0

Bez.: DACH

0.08 W/m²K

80.00 m²

80.00 m²

**Bauteile der Bauteilart: Grundfläche, Kellerdecke**

Bauteil/Einsatzart

U-Wert

Fläche

gedämmte Fußböden beheizter Aufenthaltsr. auf dem Erdreich

Faktor = 0.50 Randdämmung  $R > 2,0 \text{ m}^2\text{K/W}$  5 m breit  $B' = 5.7 \text{ m}$   $R_{Si} = 0.17$   $R_{Se} = 0.00$   $R = 6.11$ 

Richt. = 0° Norden Neig = 45°

Fußbodenaufbau gegen Erdreich

10,0\*8,0

Bez.: BP

0.16 W/m²K

80.00 m²

80.00 m²

**Volumenberechnung des Gebäudes**

80,0\*6,48

= 518.4 m³

518.4 m³

**Materialliste der thermischen Gebäudehülle**

Material	Dichte kg/m³	Dicke mm	$\lambda$ w/mK	Fläche m²	Gewicht kg
Estrich (Zement)	2000.0	60.00	1.4000	80.00	9600
Gipsputz ohne Zuschlag	1200.0	15.00	0.3500	143.56	2584
Kalkgipsputz	1400.0	15.00	0.7000	80.00	1680
Zementputz	2000.0	15.00	1.4000	143.56	4307
Beton B II	2400.0	180.00	2.1000	80.00	34560
Kalksandstein DIN 106	2000.0	175.00	1.1000	143.56	50245
Polystyrolhartschaum 035	0.0	50.00	0.0350	80.00	0
Polystyrolschaum expand. 032	0.0	130.00	0.0320	80.00	0
Polystyrolschaum expand. 032	0.0	200.00	0.0320	143.56	0
Bitumenanstrich	1100.0	1.00	0.1700	160.00	176
Bitumenanstrich	1100.0	2.00	0.1700	80.00	176
Bitumendachbahn DIN 52128	1200.0	2.00	0.1700	240.00	576
Bitumendachbahn nackte	1200.0	2.00	0.1700	80.00	192
Dachbahn DIN 52128	1200.0	2.00	0.1700	160.00	384
Dampfsperre PE-Folie	1100.0	2.00	0.2000	80.00	176
PE-Folie $m^*s=50m$	1100.0	0.20	0.3000	80.00	18
Polystyrolhartschaum	100.0	400.00	0.0320	80.00	3200
Trittschalldämmstoff	150.0	22.00	0.0400	80.00	264
Summe				2014.23	108138



## Ergebnis der Dampfdiffusionsberechnung

Falluntersuchung nach DIN 4108 ergab: FALL A

Aufbau ist OK. Kein Tauwasserausfall

$\mu \cdot d$  an den Schichtgrenzen:

Nr.	Material	DIN	$\mu_1/\mu_2$	$\mu$	$\mu \cdot d$ [m]	Summe $\mu \cdot s$
1	Gipsputz ohne Zuschlag	D	$\mu_1$	10	0.150	0.150
2	Kalksandstein DIN 106	D	$\mu_1$	15	2.625	2.775
3	Polystyrolschaum expand. 032	D	$\mu_1$	20	4.000	6.775
4	Zementputz	D	$\mu_1$	15	0.225	7.000

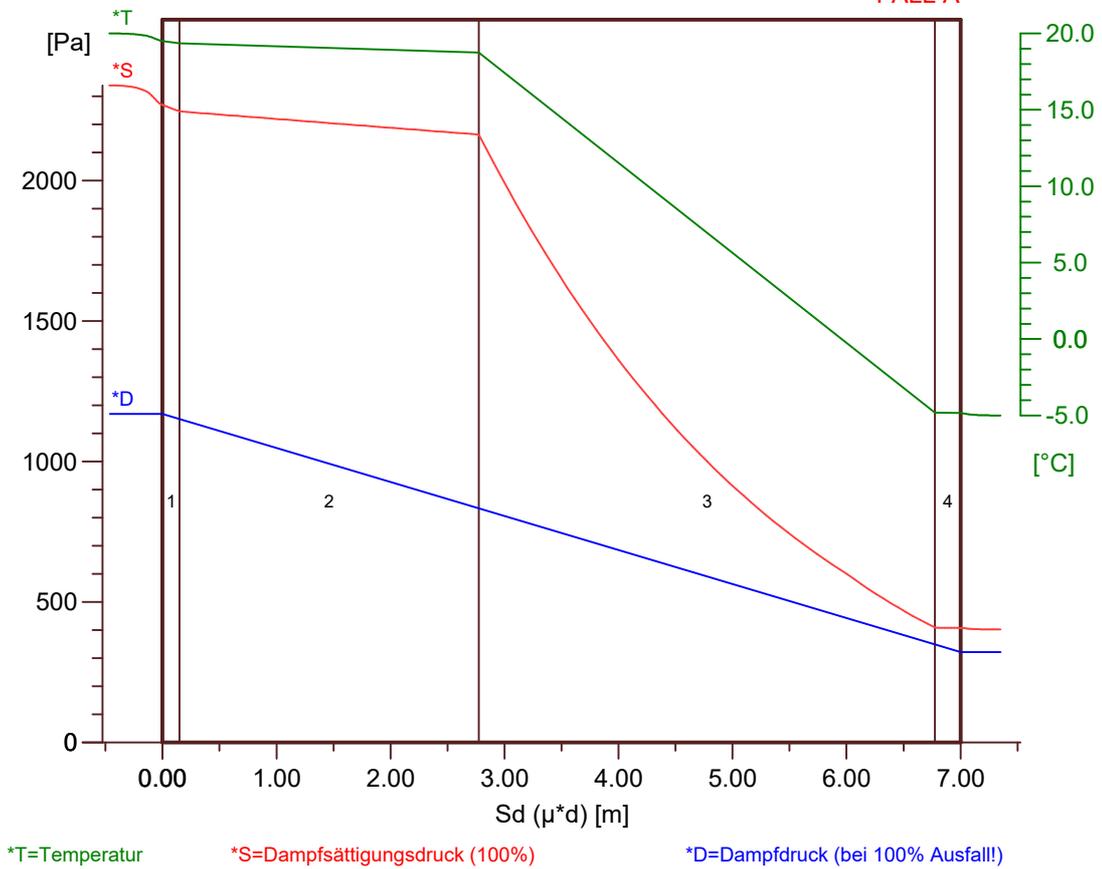
Temperatur - Dampfsättigungsdruckverlauf an den Schichtgrenzen

Grenzschicht	Tauperiode Temperatur [°C]	Tauperiode Dampfdruck [Pa]	Verdunstungsperiode Temperatur [°C]	Verdunstungsperiode Dampfdruck [Pa]
Warmseite	20.0	2338	12.0	1404
1	19.5	2268	12.0	1404
1/2	19.3	2246	12.0	1404
2/3	18.7	2163	12.0	1404
3/4	-4.8	408	12.0	1404
4	-4.8	407	12.0	1404
Kaltseite	-5.0	402	12.0	1404

### Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser

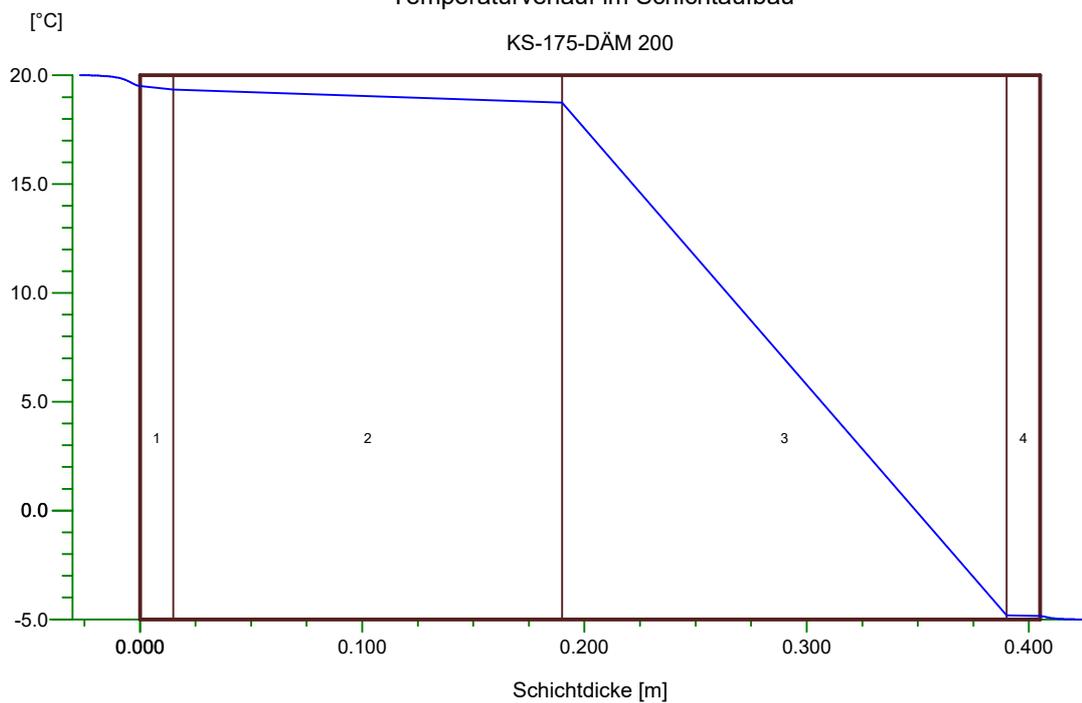
KS-175-DÄM 200

FALL A



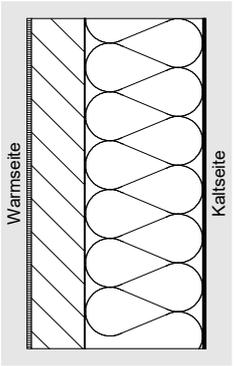
### Temperaturverlauf im Schichtaufbau

KS-175-DÄM 200



Flachdach mit Bitumendach 400	80.00 m <sup>2</sup>	U-Wert = 0.078 W/m <sup>2</sup> K
-------------------------------	----------------------	-----------------------------------

Material	Dichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Dicke s [mm]	λ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	Diff. - Wid.
Luftübergang Warmseite R <sub>Si</sub> 0.10					
1 Kalkgipsputz	D 1400.0	15.00	0.700	0.021	10
2 Beton B II	2400.0	180.00	2.100	0.086	70
3 Bitumenanstrich	1100.0	1.00	0.170	0.006	20000
4 Dachbahn DIN 52128	D 1200.0	2.00	0.170	0.012	10000 / 80000
5 PE-Folie my*s=50m	D 1100.0	0.20	0.300	0.001	250000
6 Polystyrolhartschaum	100.0	400.00	0.032	12.500	40
7 Dachbahn DIN 52128	D 1200.0	2.00	0.170	0.012	10000 / 80000
8 Bitumendachbahn DIN 52128	D 1200.0	2.00	0.170	0.012	10000 / 80000
9 Bitumenanstrich	1100.0	2.00	0.170	0.012	20000
10 Bitumendachbahn DIN 52128	D 1200.0	2.00	0.170	0.012	10000 / 80000
11 Bitumenanstrich	1100.0	1.00	0.170	0.006	20000
12 Bitumendachbahn DIN 52128	D 1200.0	2.00	0.170	0.012	10000 / 80000
Luftübergang Kaltseite R <sub>Se</sub> 0.04					



Bauteildicke = 609.20 mm      Flächengewicht = 509.6 kg/m<sup>2</sup>      R = 12.69 m<sup>2</sup>K/W

### Wärmedurchgangsberechnung

Berechnete Daten:  
 Wärmedurchlaßwiderstand R      12.69 [m<sup>2</sup>K/W]  
 Wärmedurchgangswiderstand R<sub>T</sub>      12.83 [m<sup>2</sup>K/W]

Wärmedurchgangskoeffizient U-Wert	0.08 [W/m <sup>2</sup> K]
-----------------------------------	---------------------------

### Entstehung von Oberflächenkondensat

Bei den derzeitigen Randbedingungen beträgt die rel. Luftfeuchte an der Oberfläche Warmseite: 50.6%

Bei gegebener Temperatur von 20.0 °C auf der Warmseite tritt Oberflächenkondensat ab: 98.8 % Raumlufffeuchte auf.

### Überprüfung des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2:2013-2 Tabelle 3, normale Bauteile (>=100kg/m<sup>3</sup>):

Einsatzart: Dach/Decke gegen Außenluft  
 zur Berechnung herangezogenes Flächengewicht : 509.6 kg/m<sup>2</sup>  
 R an der ungünstigsten Stelle : 12.690 m<sup>2</sup>K/W  
 Grenzwert (Mindestwert) für R : 1.200 m<sup>2</sup>K/W

die Anforderungen sind nach DIN 4108-2:2013-2 erfüllt
---

### Randbedingungen der Dampfdiffusion

	Warmseite		Kaltseite
Tauperiode:			
Lufttemperatur	20.0 °C		-5.0 °C
relative Feuchte	50.0 %		80.0 %
Dauer der Tauperiode	2160 Stunden		
Verdunstungsperiode:			
Dampfdruck	1200 Pa		1200 Pa
Dampfdruck Ausfallstelle		2000 Pa	
Dauer der Verdunstungsperiode	2160 Stunden		

das Bauteil wird als Dach berechnet.

## Ergebnis der Dampfdiffusionsberechnung

Falluntersuchung nach DIN 4108 ergab: FALL B

Tauwasser in der Tauperiode: (2160h) 0.010 kg/m<sup>2</sup>  
 mögliche Verdunstungsmenge: (2160h) 0.012 kg/m<sup>2</sup>  
 verbleibende Restmenge 0.000 kg/m<sup>2</sup>

Aufbau ist OK. Es verbleibt kein Wasser im Bauteil

Ausfallpunkt 118.750[m] ( $\mu^*d$ ) 408.9[Pa] an Schichtgrenze 6/7

Vom Ausfall betroffene Schichten:

Nr.	Material	DIN	$\mu_1/\mu_2$	$\mu$
6	Polystyrolhartschaum		$\mu_1$	40
7	Dachbahn DIN 52128	D	$\mu_2$	80000

$\mu^*d$  an den Schichtgrenzen:

Nr.	Material	DIN	$\mu_1/\mu_2$	$\mu$	$\mu^*d$ [m]	Summe $\mu^*s$
1	Kalkgipsputz	D	$\mu_1$	10	0.150	0.150
2	Beton B II		$\mu_1$	70	12.600	12.750
3	Bitumenanstrich		$\mu_1$	20000	20.000	32.750
4	Dachbahn DIN 52128	D	$\mu_1$	10000	20.000	52.750
5	PE-Folie my*s=50m	D	$\mu_1$	250000	50.000	102.750
6	Polystyrolhartschaum		$\mu_1$	40	16.000	118.750
7	Dachbahn DIN 52128	D	$\mu_2$	80000	160.000	278.750
8	Bitumendachbahn DIN 52128	D	$\mu_2$	80000	160.000	438.750
9	Bitumenanstrich		$\mu_1$	20000	40.000	478.750
10	Bitumendachbahn DIN 52128	D	$\mu_2$	80000	160.000	638.750
11	Bitumenanstrich		$\mu_1$	20000	20.000	658.750
12	Bitumendachbahn DIN 52128	D	$\mu_2$	80000	160.000	818.750

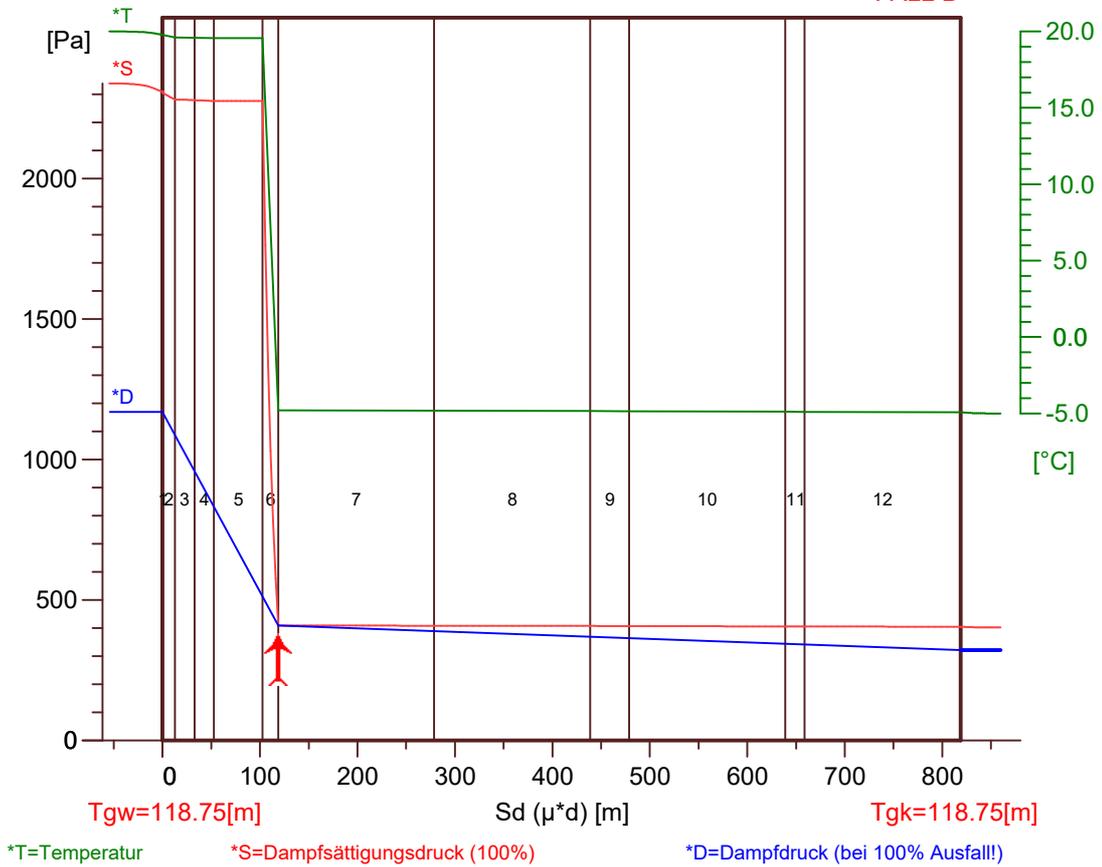
Temperatur - Dampfsättigungsdruckverlauf an den Schichtgrenzen

Grenzschicht	Tauperiode Temperatur [°C]	Tauperiode Dampfdruck [Pa]	Verdunstungsperiode Temperatur [°C]	Verdunstungsperiode Dampfdruck [Pa]
Warmseite	20.0	2338	12.0	1404
1	19.8	2310	12.1	1410
1/2	19.8	2304	12.1	1411
2/3	19.6	2281	12.1	1416
3/4	19.6	2279	12.1	1416
4/5	19.6	2276	12.1	1417
5/6	19.6	2275	12.1	1417
6/7	-4.8	409	20.0	2332
7/8	-4.8	408	20.0	2333
8/9	-4.8	407	20.0	2334
9/10	-4.9	407	20.0	2336
10/11	-4.9	406	20.0	2337
11/12	-4.9	405	20.0	2337
12	-4.9	405	20.0	2338
Kaltseite	-5.0	402	12.0	1404

### Dampfdruckverlauf der Tauperiode nach Glaser

Flachdach mit Bitumendach 400

FALL B



### Temperaturverlauf im Schichtaufbau

Flachdach mit Bitumendach 400

