

Baumesse Hofheim 2023:

Freitag, 15.09.2023 11.00 - 11.45 Uhr

Heizen mit Wärmepumpe - ist die Wärmepumpe auch für die Sanierung geeignet?

Referent: Dipl.-Ing. Günter Dörrhöfer (DEN e.V.)



Samstag, 16.09.2023 10:20 - 10.55 Uhr und

Sonntag 17.09.2023 11:00 - 11:45 Uhr

Der individuelle Sanierungsfahrplan - Werkzeug für eine erfolgreiche Sanierung

Referent: Dipl.-Ing. Günter Dörrhöfer (DEN e.V.)



Das Deutsche Energieberater-Netzwerk e.V.

- gegründet 2002
- über 900 unabhängig arbeitende Ingenieure, Architekten, Techniker und Handwerksmeister

Beratungs- und Planungsleistungen zum energiesparenden Bauen und Modernisieren von Gebäuden.

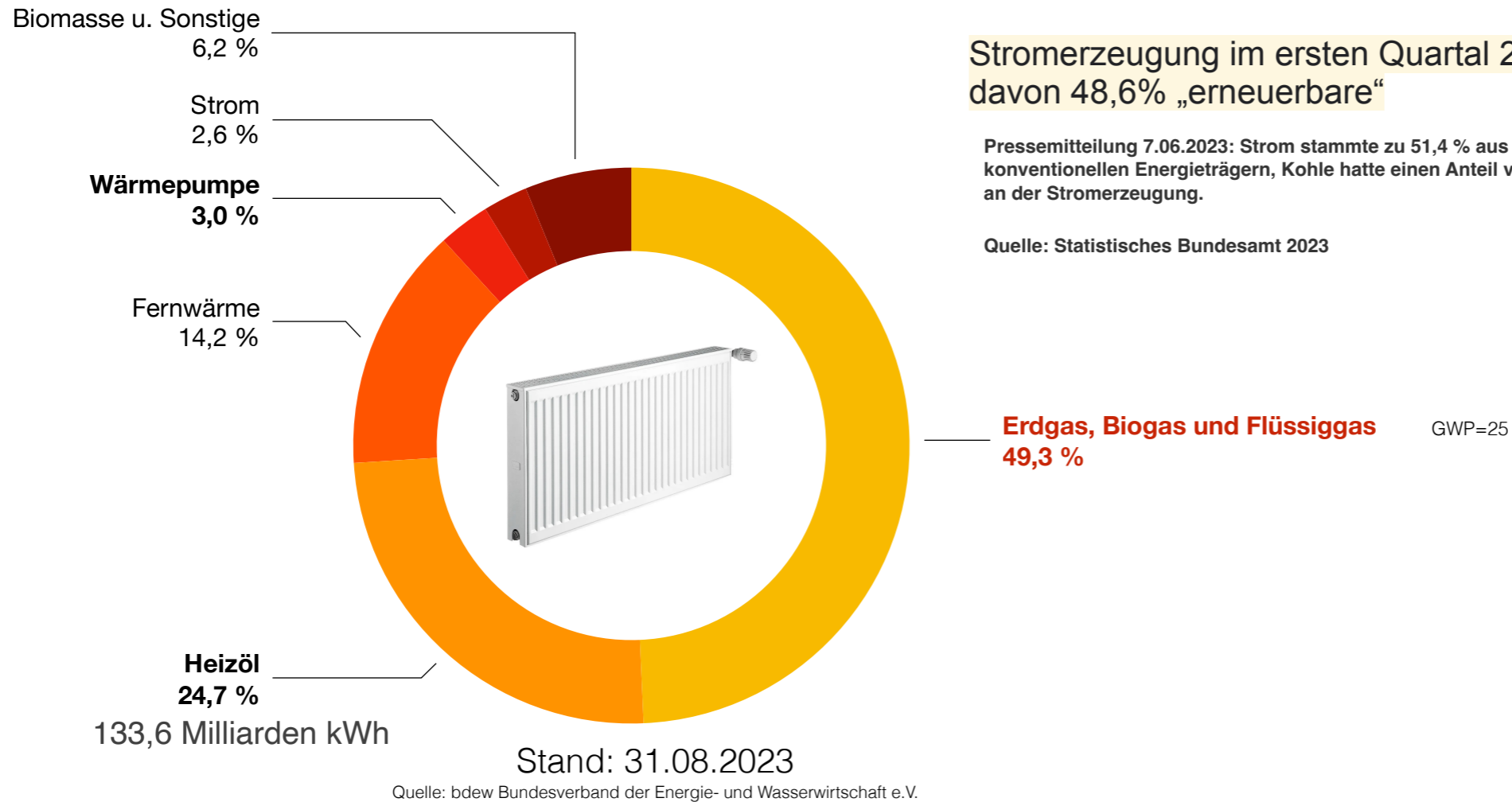
Neutralität und Unabhängigkeit: Die Mitglieder beziehen bei ihrer Tätigkeit keinerlei Provisionen oder sonstige zweckgebundenen Zuwendungen von Herstellern, Handwerkern oder Händlern.

Das leistet eine gute Energieberatung:

- Wie viel Energie verbraucht mein Haus?
- Was kann ich machen, um Energie einzusparen?
- Kann ich mein Eigentum zum „Energiespar-Haus“ umwandeln?
- Habe ich Anspruch auf eine staatliche Förderung?



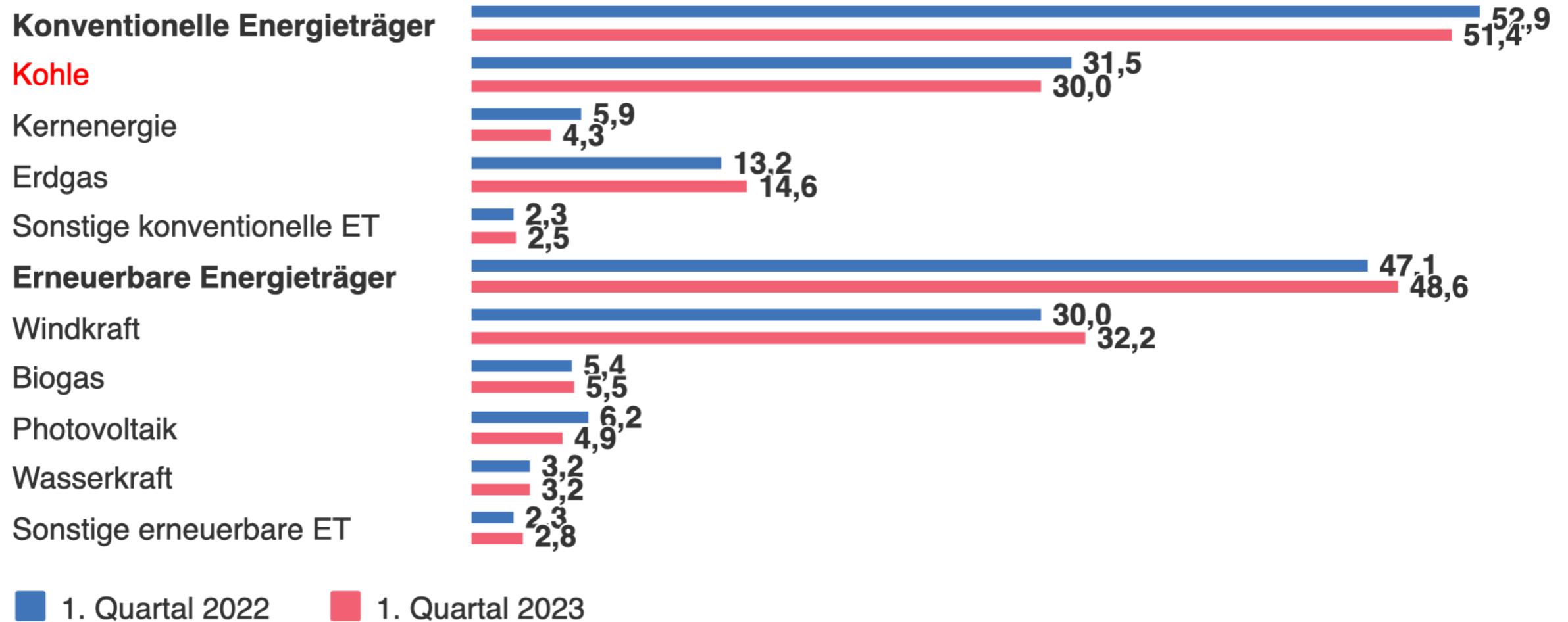
Bisherige Situation



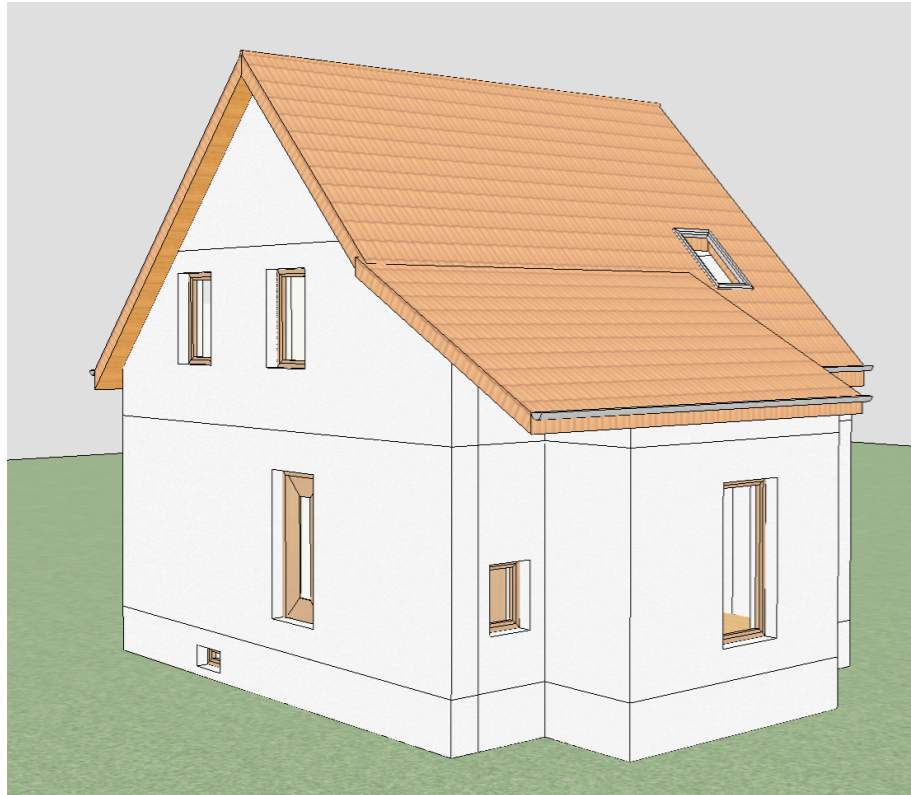
Gesamtbedarf in D 2021: 670 Milliarden Kilowattstunden (Quelle: Umweltbundesamt)

Stromeinspeisung durch konventionelle und erneuerbare Energieträger

in %



© Statistisches Bundesamt (Destatis), 2023

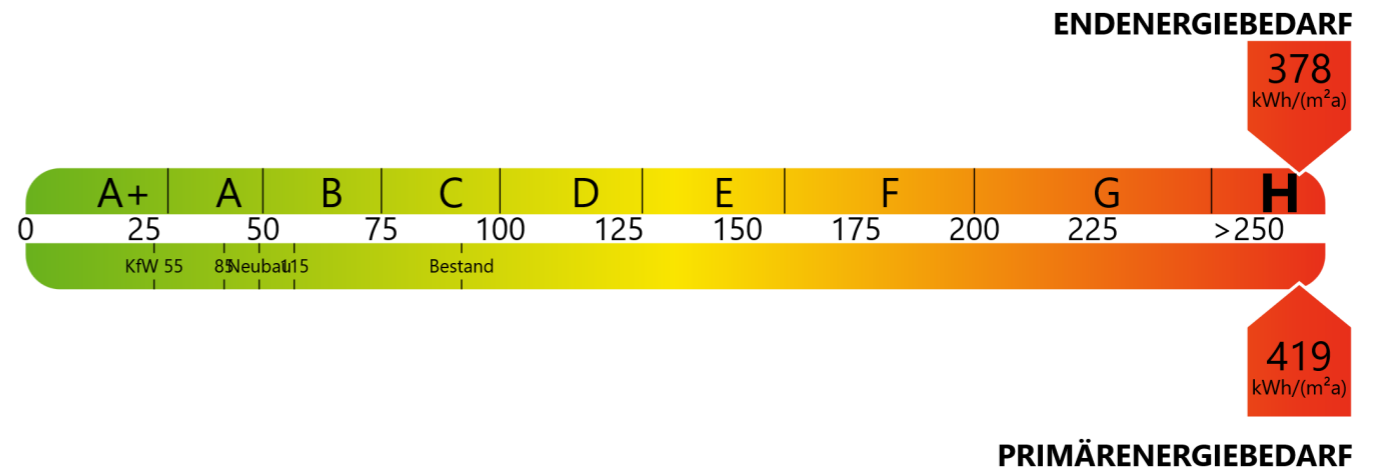


Gegebenheiten im Altbau

- schlechte Gebäudehülle
- hohe Gebäudeheizlast
- Heizkörper (oft zu klein)
- hohe Vorlauftemperaturen

© ENVISYS - DIN V 18599 nach EnEV

Nutzfläche A_N	138 m²
Gebäudevolumen V_e	291 m³
Gebäudehülle A	240 m²
Fensterflächenanteil	5,6 %
A/V-Verhältnis	0,82



$$378 \text{ kWh/m}^2\text{a} * 138 \text{ m}^2 = 52.164 \text{ kWh/a}$$

ca. 23 kW Heizlast

Die Auslegung orientiert sich an der Heizlast:

Schätzwerte aus Energieverbrauch:

Verbrauch in kWh / 2300 h = Heizleistung in kW

Heizöl in l / 250 = Heizleistung in kW

Flüssiggas in l / 335 = Heizleistung in kW

Heizlast + Warmwasserbedarf = benötigte kW



Berechnung nach DIN
12831



Verfahren nach DIN 4708, Zentrale Wassererwärmungsanlagen und
VDI-Richtlinie 3815 führen meist zu überhöhten Leistungen
Orientierungswert ca. 0,2 kW pro Person

Besonderheiten der Wärmepumpe

- Effizienz verschlechtert sich bei höherer Vorlauftemperatur
Empfehlung: höchstens 50 bis 55°C
- Spreizung (Differenz zwischen Vor- und Rücklauf) sollte 10K nicht überschreiten
- höhere Durchflussmengen als bei herkömmlicher Heizung,
Rohrdurchmesser beachten
- Hydraulischer Abgleich ist Pflicht und muß exakt berechnet und ausgeführt werden.
- Strompreis beachten
- Empfehlung energetische Gebäudequalität nicht schlechter als 100 kWh/m²K (150 kWh/m²K)
- Wärmepumpe kann nicht spontan große Wärme erzeugen (->langsam)

Zuerst sollte die Gebäudehülle verbessert werden. Dann wird die neue Heizung gewählt.



Thermografieaufnahmen haben keinen Bezug zum Beispielhaus und zeigen Schwachstellen anderer Häuser.
Quelle: InDiGuD

Dachflächenfenster
neue Dachflächenfenster

EnEV: 1,4 W/m²K
Einzelmaßnahme: 1,0 W/m²K

Dach Aufsparrendämmung
Zwischensparrendämmung

EnEV: 0,24 W/m²K
Einzelmaßnahme: 0,14 W/m²K

Fenster
neue Fenster

EnEV: 1,3 W/m²K
Einzelmaßnahme: 0,95 W/m²K

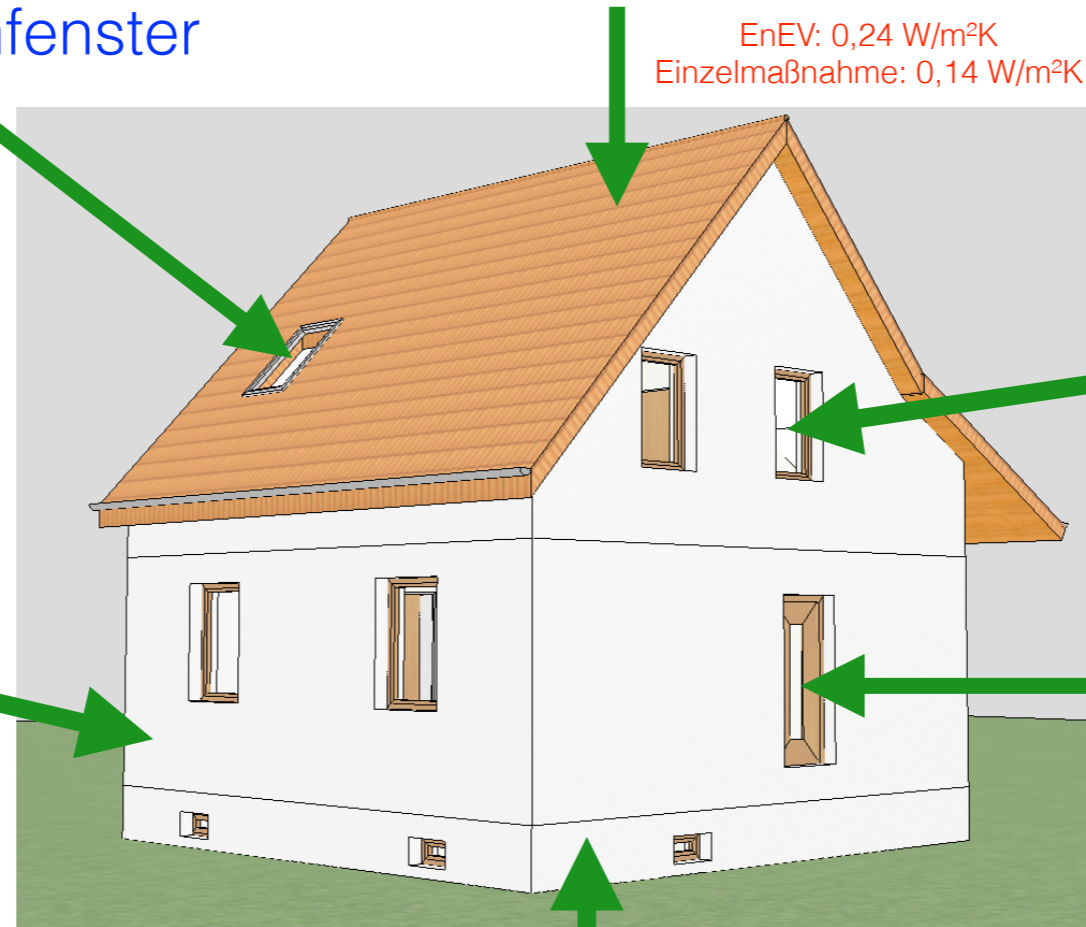
Fassade

Wärmedämmverbundsystem
(WDVS)

EnEV: 0,24 W/m²K
Einzelmaßnahme: 0,20 W/m²K

Eingangstür
neue Eingangstür

Einzelmaßnahme: 1,3 W/m²K

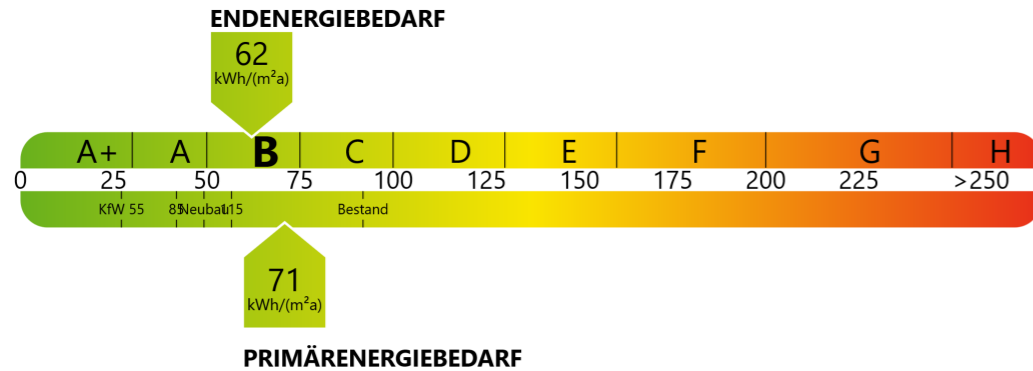


unterste Geschossdecke
Zusatzdämmung

EnEV: 0,30 W/m²K
Einzelmaßnahme: 0,25 W/m²K

Nach Sanierung der Gebäudehülle:

© ENVISYS - DIN V 18599 nach EnEV



$$62 \text{ kWh/m}^2\text{a} * 138 \text{ m}^2 = 8.556 \text{ kWh/a}$$

ca. 4 kW Heizlast

Heizlast + Warmwasserbedarf = benötigte kW

Berechnung nach DIN
12831

Verfahren nach DIN 4708, Zentrale Wassererwärmungsanlagen und VDI-Richtlinie 3815 führen meist zu überhöhten Leistungen
Orientierungswert ca. 0,2 kW pro Person

Wärmequelle	Luft	Erde	Wasser	Abwasser	Eisspeicher	Umgebungswärme
Wärmeentzug	Außenluft Abluft	Flächenkollektor Erdwärmesonde	Förder- und Schluckbrunnen	Abwasser	Solar- Eisspeicher	Fläche z.B. PVT-Kollektoren
Technik	Luft WP	Sole WP	Wasser WP	Wasser WP	Sole WP	Sole WP
Ausführung	Luft-Wasser Luft-Luft als Monoblock oder Split-Gerät (Brauchwasser-WP für Warmwasser)					

	Verfügbarkeit	Eigenschaften	Kosten	zu beachten
Erdwärmesonde	eingeschränkt genehmigungspflichtig nach Wasserhaushaltsgesetz WHG, ab 100m nach BBergG	Quelle ganzjährig über 0 °C	hohe Kosten für die Bohrung	Abstand zw. Sonden 6m Länge ca. 20 m pro kW
Erdwärmekollektoren	hoher Flächenbedarf, gegebenenfalls Genehmigung erforderlich	Quelle ganzjährig -5 bis 2°C	zusätzliche Erdarbeiten	Überbauung nicht zulässig, Fläche darf nicht versiegelt werden, Verlegetiefe 1,2 bis 1,5m Verlegeabstand 0,5 bis 0,8m Flächenbedarf ca 25 bis 100 m ² pro kW
Grundwasser	eingeschränkt genehmigungspflichtig nach Wasserhaushaltsgesetz WHG	Quelle ganzjährig ca. 10°C, zus. Energieverbrauch der Brunnenpumpe	Brunnenbau	Ergiebigkeit, Versandung ca. 250 l/h je kW Abstand der Brunnen mind. 15m (in Fließrichtung des Grundwassers)
Außenluft	keine baurechtlichen Auflagen	Sinken der Quellentemperatur bei steigender Heizlast	günstigste Quelle	Schall Kondensatanfall 500 bis 700 m ³ /h je kW
Eisspeicher	Sonderbauform	Sonnenenergie im Eisspeicher	Hohe Kosten für den außenliegenden Eisspeicher (Betonzisterne)	
Flächenabsorber	Sonderbauform	z.B. mit PVT-Elementen auf dem Dach oder „Energiezäune“		

Wieviel Strom benötigt die Wärmepumpe

Jahresarbeitszahl $JAZ = \frac{P_{\text{Wärme im Jahr}}}{P_{\text{el. im Jahr}}}$



Meßwert unter IST-Bedingungen
realistischer Wert

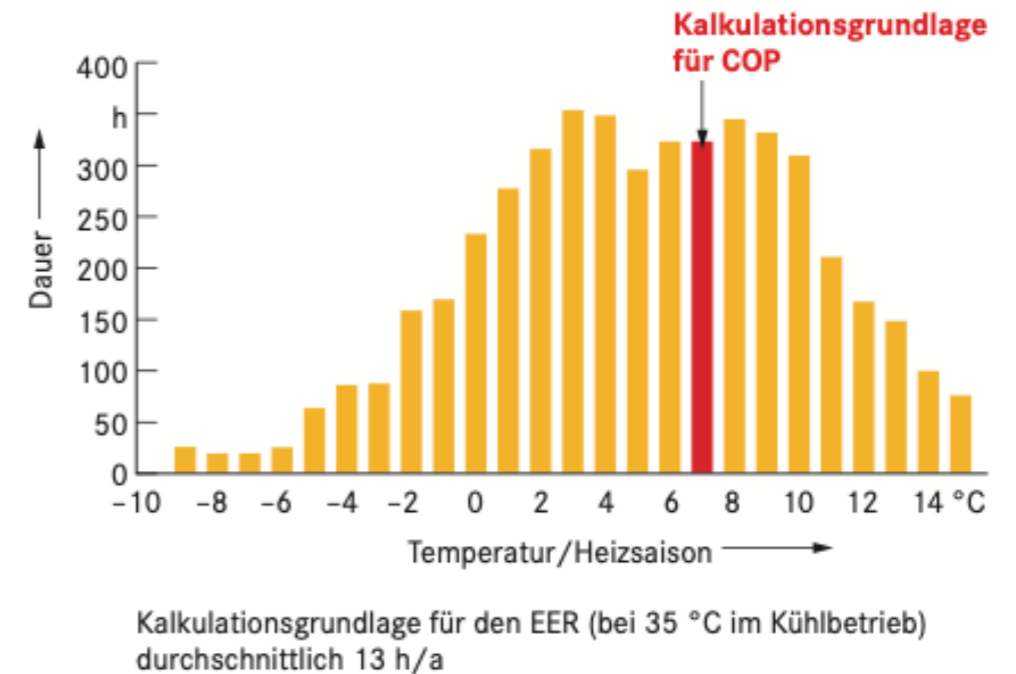
Leistungszahl $COP = \frac{\dot{Q}_{WP}}{P_{el}}$

$$SCOP = \frac{(COP_{-7} * 24) + (COP_2 * 320) + (COP_7 * 326) + (COP_{12} * 169)}{839}$$

ETAs $\eta_s = \frac{SCOP * 100}{2,5}$

Die ETA wird aus der jahreszeitbedingten Leistungszahl (SCOP) **durch Division mit 2,5** errechnet und drückt „quasi“ aus, wie viel Primärenergie für eine Kilowattstunde Wärme benötigt wird. Die Berechnung erfolgt unter der europäischen Annahme, dass der Primärenergiefaktor für Strom bei 2,5 liegt.

	-7	2	7	12
W Südeuropa	0	3	162	503
A Mitteleuropa	24	320	326	169
C Nordeuropa	125	380	269	146



SCOP wird für 35°C und 55°C Vorlauftemperatur ermittelt. Es wird dazu die COP bei Teillast für die Prüfpunkte A = -7°C, B = 2°C, C = 7°C und D = 12°C bestimmt. Die Werte werden nach Klimazone W (wärmer), A (mittel) oder C (kälter) gewichtet.

@W35	COP	A	COP * A	
A-7	2,9	24	69,6	
A2	3,5	320	1120	
A7	4,2	326	1369,2	
A12	4,4	169	743,6	SCOP
				↓
Summe		839	3302,4	3,94

@W55	COP	A	COP * A	
A-7	2,2	24	52,8	
A2	2,4	320	768	
A7	2,7	326	880,2	
A12	2,9	169	490,1	SCOP
				↓
Summe		839	2191,1	2,61

Typische Kenndaten einer Wärmepumpe						
Gerät	1	2	3	4	5	6
Ausführung	Monoblock	Monoblock	Split	Monoblock	Monoblock	Split
Kältemittel	R290	R290	R410A	R32	R417A	R410
Füllmenge	1,05 kg	2 kg	4,6 kg	1,6 kg	5,9 kg	4 kg
CO2-Equiv.				1,08 t		8,35 t
Nennwärmeleistung A7/W35	2,77 kW	8,1 kW	10,7 kW	12 kW	14,9 / 25,1 kW	
Nennwärmeleistung A2/W35	4,23 kW		8,85 kW	12 kW	12,2 / 20,3 kW	7,9 kW
Nennwärmeleistung A-7/W35	8,11 kW	11,1 kW		12 kW	9,6 / 16,9 kW	13,2 kW
Nennwärmeleistung A-7/W55	6,55 kW			12 kW	8,9 / 15,6 kW	
COP A7/W35	5,41		4,12	4,80	4,2 / 3,9	
COP A2/W35	4,61	4,46	3,66	3,35	3,5 / 3,4	4
COP A-7/W35	3,14	3,16		2,82	2,9 / 2,9	2,6
COP A-7/W55	2,13			2,00	1,2 / 2,2	
Schalleistungspegel	59 dB	55 dB	69 dB	65 dB	61 dB	54 dB
Schalleistungspegel in Abstand	50 (1m)		47 (5m)		34 (10m)	
Vorlauftemperatur min./max.	20/70°C		18/60 °C	20/65°C	18/65°C	
SCOP @W55	-			3,57		
SCOP @W35	-			4,96		
Energieeffizienz η_s bei W35	-	181	198	195		
Energieeffizienz η_s bei W55	-	147	140	140		
Volumenstrom	3.500 m³/h		6.000 m³/h		5.700 / 6.900 m³/h	

Etwas Physik ...

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{T_{\text{ziel}}}{T_{\text{ziel}} - T_{\text{Umgebung}}} \cdot \text{Wirkungsgrad}_{\text{Kompressor}} \quad \text{Temperatur in K (=}^\circ\text{C} + 273,2)$$

Beispiel 0°C (273,2K) auf 65°C (338,2K)

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{338,2\text{K}}{338,2\text{K} - 273,2\text{K}} = 5,20$$

Bei einem Kompressor-Wirkungsgrad von 0,5 ergibt sich:

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{338,2\text{K}}{338,2\text{K} - 273,2\text{K}} \cdot 0,5 = 2,60$$

Kältemittel

Bei der einzusetzenden Wärmepumpe sollte auch auf das verwendete Kältemittel geachtet werden. Entscheidend für den Klimaschutz ist der „Global Warming Index“ GWP. Hohe GWP Werte bedeuten einen großen Einfluss auf den Treibhauseffekt.

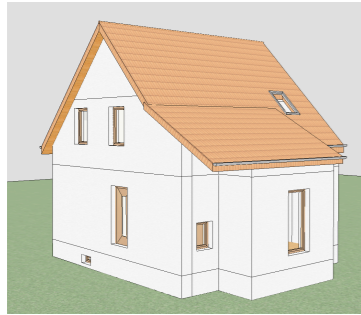
Kältemittel	GWP	Stoff/Stoffgruppe	Sicherheitsgruppe
R32	675	FKW/HFKW	A1
R134a	1430	FKW/HFKW	A1
R290	3	Propan	A3
R404A	3922	FKW/HFKW Gemisch	A1
R407C	1774	FKW/HFKW Gemisch	A1
R407F	1825	FKW/HFKW Gemisch	A1
R410A	2088	FKW/HFKW Gemisch	A1
R422D	2729	FKW/HFKW Gemisch	A1
R449A	1398	FKW/HFKW mit HFO	A1
R600	4	Butan	A3
R718	0	H ₂ O (Wasser)	A1
R744	1	CO ₂	A1
R717	0	NH ₃ (Ammoniak)	B2L
R1234yf	< 1	HFO (teilw. halogenierte Fluorolefine)	A2L
R1234ze	< 1	HFO (teilw. halogenierte Fluorolefine)	A2L
R1336mzz(Z)	2	HFO (teilw. halogenierte Fluorolefine)	A1

Sicherheitsgruppe:

A = geringe Giftigkeit B = größere Giftigkeit

1 = keine Flammenausbreitung 2 = geringe Brennbarkeit 3 = größere Brennbarkeit

L = geringe Brenngeschwindigkeit



55° Vorlauftemperatur JAZ=3,39 (mit Heizstab, bivalent)

Vorlauf	Heizlast	Wärmebedarf	JAZ	P _{el}	Strompreis	Kosten	Gaspreis	Kosten
55°C	23 kW	52.164 kWh/m ² a	3,39	15.388 kWh/a	31 ct/kWh	4.770,16 €/a	9,1 ct/kWh	4.746,92 €/a
55°C	4 kW	8.556 kWh/m ² a	4,08	2.097 kWh/a	31 ct/kWh	650,09 €/a	9,1 €/a	778,6 €/a
35°C	23 kW	52.164 kWh/m ² a	4,76	10.959 kWh/a	31 ct/kWh	3.397,24 €/a	9,1 €/a	4.746,92 €/a
35°C	4 kW	8.556 kWh/m ² a	4,84	1.768 kWh/a	31 ct/kWh	548,01 €/a	9,1 €/a	778,6 €/a
55°C	23 kW	52.164 kWh/m ² a	3,1	16.827 kWh/a	31 ct/kWh	5.216,4 €/a	9,1 ct/kWh	4.746,92 €/a

Dipl. Ing. **Günter Dörrhöfer**
Gebäudeenergieberater (HWK)
Eddersheimer Str. 28
65439 Flörsheim am Main

Telefon: 06145 3799 550
Mobil: 0151 105 165 17
Email: info@indigud.de
<http://www.indigud.de>

- Energieberatung
- Vor-Ort Beratung
- Fördermittelberatung
- KfW Anträge
- Energetische Baubegleitung
- Energieausweise für Wohn- und Nichtwohngebäude
- Luftdichtheitsmessung (Blower-Door)
- Thermographie

