



**Fachvereinigung
Wärmepumpen Schweiz FWS**

Steinerstrasse 37, 3006 Bern

Heizungersatz mit Wärmepumpen

Beschrieb

zur

Berechnung des Heizleistungsbedarfs

Kooperationspartner:



1 Geltungsbereich

Wird ein bestehender Wärmeerzeuger durch eine Wärmepumpe ersetzt, muss die erforderliche Heizleistung der Wärmepumpe definiert werden. Dazu wurde eigens ein Excel-Tool erarbeitet, um die Berechnungen durchzuführen. Dieses Berechnungstool ist nur für Einfamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser in Massivbauweise geeignet. Dabei richtet sich dieses Tool vor allem an Bauten, die vor dem Jahr 2000 gebaut wurden. Berechnungen für andere Bauten müssen von einer Fachperson durchgeführt werden, da diverse Anpassungen von Nöten sind.

2 Vorgehen

2.1 Farbcodierung

Die untenstehende Abbildung zeigt die Farbcodierung, die für das Berechnungstool verwendet wird. Bei den gelben Feldern müssen die Werte direkt per Handeingabe eingefügt werden. Die blauen Felder können per Mausklick angewählt werden. Eine fest definierte Auswahl steht dann zur Verfügung. Die roten Felder sind Werte die automatisch anhand der eingegebenen Parameter berechnet werden.

	Handeingabe
	Auswahl
	automatischer Wert

2.2 Berechnungsbeispiel

2.2.1 Gebäudedaten

Das im Berechnungsbeispiel verwendete Mustergebäude weist folgende Daten auf:

- *Standort:* Aigle
- *Gebäudekategorie:* MFH
- *Energiebezugsfläche A_E :* 2000 m²
- *Bestehender Wärmeerzeuger:* Öl-Heizkessel neueres Modell kondensierend
- *Art der bestehenden Warmwassererwärmung:* Separat
- *Heizölverbrauch der letzten Jahre:* 2011 = 6000 Liter/a
2012 = 7000 Liter/a
2013 = 8000 Liter/a
- *Die neue Wärmepumpe soll zudem das Brauchwarmwasser erwärmen*

2.2.2 Klimaregion

Als erster Schritt wird die entsprechende Klimaregion (SIA Merkblatt 2028) ausgewählt.

Klimaregion	Aigle
-------------	-------

2.2.3 Gebäude/Warmwasser

Als nächstes wird die entsprechende Gebäudekategorie definiert. Zur Auswahl stehen die Gebäudekategorien Einfamilienhaus (EFH) und Mehrfamilienhaus (MFH). Zudem muss die entsprechende Energiebezugsfläche A_E per Handeingabe eingefügt werden.

Gebäudekategorie	MFH
Energiebezugsfläche A_E [m ²]	2000

2.2.4 Warmwasser

In diesem Abschnitt wird die **bestehende** Art der Wassererwärmung definiert. Falls die Wassererwärmung getrennt erfolgt, muss *separat* gewählt werden.

Art der Wassererwärmung	separat
-------------------------	---------

2.2.5 Wärmeerzeuger

2.2.5.1 Brennstoffart der bestehenden Wärmeerzeugung

Als nächstes wird sowohl der **bestehende** Wärmeerzeuger, als auch die Brennstoffart der **bestehenden** Wärmeerzeugung definiert. Je nachdem, welche Angaben betreffend Brennstoffverbrauch der Anlage zur Verfügung stehen, kann zwischen unterschiedlichen Einheiten gewählt werden. Die zugrunde liegenden Brennstoffe inklusive deren Einheiten und Heizwerte sind in der folgenden Tabelle aufgelistet.

Brennstoff	Brennstoffart der Wärmeerzeugung	Einheit	Heizwert	Einheit Heizwert
Heizöl in Liter	Heizöl	[Liter/a]	9.91	[kWh/Liter]
Heizöl in kg	Heizöl	[kg/a]	11.86	[kWh/kg]
Gas in m ³	Gas	[m ³ /a]	10.04	[kWh/m ³]
Gas in kWh	Gas	[kWh/a]	1.00	[kWh/kWh]
Stückholz (Nadelholz) in Ster	Stückholz (Nadelholz)	[Ster/a]	1538.46	[kWh/Ster]
Stückholz (Buche/Eiche) in Ster	Stückholz (Buche/Eiche)	[Ster/a]	2000.00	[kWh/Ster]
Stückholz (Hartholz 70%, Nadelholz 30%) in Ster	Stückholz (Hartholz 70%, Nadelholz 30%)	[Ster/a]	1861.54	[kWh/Ster]
Stückholz (Hartholz 50%, Nadelholz 50%) in Ster	Stückholz (Hartholz 50%, Nadelholz 50%)	[Ster/a]	1769.23	[kWh/Ster]
Stückholz (Hartholz 30%, Nadelholz 70%) in Ster	Stückholz (Hartholz 30%, Nadelholz 70%)	[Ster/a]	1676.92	[kWh/Ster]
Holzchnitzel (Nadelholz) in kg	Holzchnitzel (Nadelholz)	[kg/a]	5.38	[kWh/kg]
Holzchnitzel (Nadelholz) in m ³	Holzchnitzel (Nadelholz)	[m ³ /a]	885.96	[kWh/m ³]
Holzchnitzel (Buche/Eiche) in kg	Holzchnitzel (Buche/Eiche)	[kg/a]	5.03	[kWh/kg]
Holzchnitzel (Buche/Eiche) in m ³	Holzchnitzel (Buche/Eiche)	[m ³ /a]	1149.43	[kWh/m ³]
Pellets in kg	Pellets	[kg/a]	5.00	[kWh/kg]
Pellets in m ³	Pellets	[m ³ /a]	3250.00	[kWh/m ³]
Elektrobedarf in kWh	Elektro	[kWh/a]	1.00	[kWh/kWh]

Tabelle 1: Heizwerttabelle für verschiedene Brennstoffe

2.2.5.2 Wärmeerzeuger

Weiter wird der **bestehende** Wärmeerzeuger definiert. Zur Auswahl stehen die in Tabelle 2 aufgeführten Arten der Wärmeerzeugung. Die jeweiligen Wirkungsgrade sind je nach Eingabe (siehe Kapitel 2.2.4) unterteilt in "separat" und in "mit Heizung".

Wirkungsgrad	Ohne BWW	mit BWW
	separat	mit Heizung
Öl-/Gas-Heizkessel älteres Modell	0,85	0,80
Öl-/Gas-Heizkessel neueres Modell kondensierend	0,95	0,90
Stückholzheizkessel älteres Modell	0,65	0,60
Stückholzheizkessel neueres Modell	0,75	0,70
Holzchnitzel	0,75	0,70
Pelletsheizkessel	0,75	0,70
Elektrozentralspeicher	0,85	0,80
Einzelspeicheröfen	0,95	-

Tabelle 2: Wirkungsgradtabelle für verschiedene Wärmeerzeuger

2.2.5.3 Volllaststunden

Die Volllaststunden t_{an} wurden mit folgender Gleichung bestimmt:

$$t_{an,old} = \frac{HGT_{20/12} \times t_{Betrieb}}{\theta_{a,i} - \theta_{Auslegung}}$$

t_{an}	Volllaststunden, in h
$t_{Betrieb}$	Betriebsstunden pro Tag, in h
$HGT_{20/12}$	Langjähriger Mittelwert nach SIA 2028-C1, Tabelle 6, Heizgradtage 20/12, dimensionslos
$\theta_{a,i}$	Raumlufttemperatur, in °C, ein konventioneller Wert ist 21°C
$\theta_{Auslegung}$	Auslegungstemperatur nach SIA-Merkblatt 2028/2010, Tabelle 6, in °C, ein konventioneller Wert ist -8°C

Beschrieb zur Berechnung des Heizleistungsbedarfs

Die daraus resultierenden Volllaststunden t_{an} , werden auf den nächsten durch 50 teilbaren Wert gerundet. Die Werte "mit Heizung" sind um 15 % erhöht, um die zusätzlichen Stunden für die Brauchwarmwassererwärmung zu berücksichtigen. Die berechneten Werte können der folgenden Tabelle entnommen werden:

Klimastation	langjähriger Mittelwert SIA 2028 -C1	Auslegungstemperatur nach SIA MB 2028 [°C]	Betriebsstunden pro Tag [h]	Raumlufttemperatur [°C]	Volllaststunden gerundet		
					Volllaststunden [h]	separat [h]	mit Heizung [h]
Adelboden	4669	-10	17	21	2560	2550	2950
Aigle	3152	-6	17	21	1985	2000	2300
Altdorf	3201	-6	17	21	2015	2000	2300
Basel-Binningen	3034	-7	17	21	1842	1850	2150
Bern Liebefeld	3513	-7	17	21	2133	2150	2450
Buchs-Aarau	3325	-7	17	21	2019	2000	2300
Chur	3334	-7	17	21	2024	2000	2300
Davos	5689	-13	17	21	2845	2850	3300
Disentis	4418	-10	17	21	2423	2400	2750
Engelberg	4511	-11	17	21	2396	2400	2750
Genève-Cointrin	3007	-4	17	21	2045	2050	2350
Glarus	3610	-8	17	21	2116	2100	2400
Grand-St-Bernard	7413	-15	17	21	3501	3500	4050
Güttingen	3472	-7	17	21	2108	2100	2400
Interlaken	3630	-7	17	21	2204	2200	2550
La Chaux-de-Fonds	4471	-10	17	21	2452	2450	2800
La Frétaz	4723	-10	17	21	2590	2600	3000
Locarno-Monti	2477	-1	17	21	1914	1900	2200
Lugano	2438	-1	17	21	1884	1900	2200
Luzern	3317	-6	17	21	2088	2100	2400
Magadino	2736	-3	17	21	1938	1950	2250
Montana	4770	-10	17	21	2616	2600	3000
Neuchâtel	3121	-5	17	21	2041	2050	2350
Payeme	3413	-7	17	21	2072	2050	2350
Piotta	3994	-7	17	21	2425	2400	2750
Pully	2902	-4	17	21	1973	1950	2250
Robbia	4233	-8	17	21	2481	2500	2900
Rünenberg	3550	-8	17	21	2081	2100	2400
Samedan	6375	-18	17	21	2779	2800	3200
San Bernardino	5586	-11	17	21	2968	2950	3400
St. Gallen	3844	-9	17	21	2178	2200	2550
Schaffhausen	3443	-8	17	21	2018	2000	2300
Scuol	4866	-12	17	21	2507	2500	2900
Sion	3195	-6	17	21	2012	2000	2300
Ulrichen	5546	-16	17	21	2548	2550	2950
Vaduz	3213	-8	17	21	1883	1900	2200
Wynau	3536	-7	17	21	2147	2150	2450
Zermatt	5388	-11	17	21	2862	2850	3300
Zürich-Kloten	3432	-8	17	21	2012	2000	2300
Zürich-MeteoSchweiz	3440	-8	17	21	2017	2000	2300

Zusammenfassend resultieren für das Mustergebäude folgende Werte:

Brennstoffart der bestehenden Wärmeerzeugung		Heizöl in Liter
Wärmeerzeuger		Öl-/Gas-Heizkessel neueres Modell kondensierend
Volllaststunden	[h/a]	2'000
Heizwert	[kWh/Liter]	10
Wirkungsgrad der Wärmeerzeugung	[-]	0.95

2.2.6 Energieverbrauch der letzten drei Jahre

In der folgenden Tabelle wird der Normierte Energieverbrauch berechnet. Dazu müssen die Energieverbräuche der letzten drei Jahre eingegeben werden. Gemäss den Angaben des Mustergebäudes müssen die Heizölverbräuche in Liter pro Jahr für die Jahre 2011 bis 2013 eingegeben werden. Anhand dieser Angaben wird ein Mittelwert der Heizgradtage gebildet. Die Datengrundlage der Heizgradtage stammt von Meteoschweiz.

Der Normierte Energieverbrauch wurde mit folgender Gleichung bestimmt:

$$m_{an,norm} = \frac{\overline{HGT}}{HGT} \times m_{an}$$

\overline{HGT} Mittelwert der Heizgradtage, dimensionslos

HGT Heizgradtage, dimensionslos

$m_{an,norm}$ normierter jährlicher Brennstoffverbrauch im mehrjährigen Mittel, in kg (bzw. m³ oder l)

m_{an} jährlicher Brennstoffverbrauch im mehrjährigen Mittel, in kg (bzw. m³ oder l)

Betriebsjahr	Heizgradtage	Heizöl [Liter/a]	Normierter Energieverbrauch [Liter/a]
2011	2'778	6'000	6'328
2012	2'917	7'000	7'029
2013	3'177	8'000	7'378
Mittelwert	2'930		6912

2.2.7 Wärmeproduktion bestehender Wärmeerzeuger

Der Gesamte Energieverbrauch $Q_{gen,old}$ wurde mit folgender Gleichung bestimmt:

$$\Phi_{gen,old} = m_{an,norm} \times H_i$$

$\Phi_{gen,old}$ Gesamter Energieverbrauch, in kWh/a

H_i Heizwert, Dimension ist Brennstoffabhängig (siehe Tabelle 1)

Der gesamte Energieverbrauch des Mustergebäudes beträgt somit 68'496 kWh/a.

Gesamt	$Q_{gen,old}$	[kWh/a]	68'496
--------	---------------	---------	--------

2.2.8 Resultate

Die erforderliche Heizleistung Φ_H kann aufgrund des jährlichen Brennstoffverbrauchs mit nachfolgender Formel berechnet werden:

$$\Phi_H = \frac{m_{an,norm} \times H_i \times \eta}{t_{an}}$$

Φ_H Heizleistungsbedarf ohne Warmwasser, in kW
 η Wirkungsgrad der Wärmeerzeugung, dimensionslos

Falls die neue Wärmepumpe zusätzlich das Brauchwarmwasser erwärmen soll, wird ein Zuschlag gemäss SIA 384/1 addiert. Dieser Richtwert beträgt 2 W/m² pro m² EBF (Energiebezugsfläche) für Einfamilienhäuser und 3 W/m² pro m² EBF für Mehrfamilienhäuser. Somit resultiert die erforderliche Heizleistung der Wärmepumpe ohne Sperrzeiten $\Phi_{gen,new}$. Die entsprechende Formel dazu lautet:

$$\Phi_{gen,new} = \Phi_H + \Phi_W$$

Φ_W Leistung für die Wassererwärmung, in kW
 $\Phi_{gen,new}$ erforderliche Heizleistung der Wärmepumpe ohne Sperrzeiten, in kW

Falls **mehr als zwei Stunden Sperrzeiten** gefordert sind, können die zusätzlichen Sperrzeiten pro Tag t_{off} in das gelbe Feld eingetragen werden. Diese werden anschliessend nach folgender Gleichung zu $\Phi_{gen,new}$ mit Sperrzeiten verrechnet.

$$\Phi_{gen,new} = \frac{\Phi_{gen,new} \times 24}{22 - t_{off}}$$

$\Phi_{gen,new}$ erforderliche Heizleistung der Wärmepumpe mit Sperrzeiten, in kW
 t_{off} Sperrzeiten pro Tag

Heizleistungsbedarf ohne Warmwasser	Φ_H	[kW]	32,5
Neue Wärmeerzeugung mit Wassererwärmung?			Ja
Zuschlag Warmwasser gem. SIA 384/1	Φ_W	[kW]	6,0
erforderliche Heizleistung der Wärmepumpe ohne Sperrzeiten	$\Phi_{gen,new}$	[kW]	38,5
Sperrzeit pro Tag (bereits 2 Stunden berücksichtigt)	t_{off}	[h/d]	
erforderliche Heizleistung der Wärmepumpe mit Sperrzeiten	$\Phi_{gen,new}$	[kW]	42,0

Somit beträgt die von der neuen Wärmepumpe abzugebende Leistung **42 kW** für das anfangs definierte Mustergebäude. Miteingerechnet sind die Wassererwärmung und zwei Stunden Sperrzeit pro Tag.