Lucerne University of
Applied Sciences and Arts

HOCHSCHULE
LUZERN

Technik & Architektur

## Kursunterlagen

Horw, 10. April 2014


# Norm SIA 384/3
# Heizungsanlagen in Gebäuden – Energiebedarf

## Erläuterungen zur Norm und den Beispielen.

Einleitung 3
Bin-Methode 5
Typologie-Methode 7
Beispiele 16
Kursfolien 29

energieschweiz

Wir danken Energieschweiz für die finanzielle Unterstützung.

# Impressum

**Auftraggeber** Schweizerische Eidgenossenschaft
Bundesamt für Energie
3003 Bern

**Auftragnehmer** Hochschule Luzern
Technik & Architektur
ZIG
Technikumstrasse 21
CH-6048 Horw

**Verfasser** dipl. HLK-Ing FH Gadola Reto HSLU

**Dateiname** d_20140408_Lösungsweg_Beispiele_de.docx

**Änderungsverzeichnis**

| Version | Datum | Status | Änderungen und Bemerkungen | Bearbeitet von |
|---|---|---|---|---|
| Nr. 1 | 19.9.2013 | Entwurf | Dokument neu erstellt | Gadola Reto |
| Nr. 2 | 21.10.2013 | Freigegeben | Unterlagen für erste Kurse | Gadola Reto |
| Nr.3 | 24.10.2013 | Freigegeben | Einarbeitung Rückmeldungen aus Kurs | Gadola Reto |
| Nr.4 | 8.11.2013 | Freigegeben | Änderungen auf der Titelseite | Gadola Reto |
| Nr.5 | 7.1.2014 | Freigegeben | Anpassung der Formel für den solaren Wärmegewinn | Gadola Reto |

## 1. Einleitung

Die Norm SIA 384/3 [6] erlangte am 1. April 2013 Gültigkeit und schliesst seit dem eine wesentliche Lücke für Berechnungen des Energiebedarfs bei Heizungsanlagen. Sie baut auf den Resultaten der Norm SIA 380/1 [1] auf, welche die Berechnung der Heizwärme liefert. Die Norm kann für alle Gebäude angewendet werden, welche nicht klimatisiert werden. Die Norm SIA 384/3 [6] beschreibt für die Berechnung der Endenergie zwei Methoden:

- Bin-Methode, sie wird sinnvollerweise in Berechnungsprogrammen integriert und eignet sich nicht für eine Handrechnung.
- Typologie-Methode, sie eignet sich für eine Handrechnung. Die relevanten Informationen über Nutzungsgrad oder Jahresarbeitszahl werden aus Tabellen gelesen.

Die Berechnungsmethoden beruhen auf der Norm EN 15316-1. Die Norm beschreibt vier Verfahren, es sind dies:

| Stufe | Beschreibung | Entspricht in etwa |
|---|---|---|
| A | Die Verluste oder Wirkungsgrade sind in einer Tabelle für das gesamte Raumheiz- und/oder Trinkwassersystem angegeben. Die Auswahl des angemessenen Wertes erfolgt entsprechend der Beschreibung der gesamten Heizungsanlage. | MINERGIE-Nachweis |
| B | Für jedes Anlagenteil sind die Werte für die Verluste, die Hilfsenergie oder die Wirkungsgrade in Tabellenform angegeben. Die Auswahl des angemessenen Wertes erfolgt entsprechend der Beschreibung der Anlage. | Typologie-Methode der SIA 384/3 |
| C | Für jedes Anlagenteil werden die Verluste, die Hilfsenergie oder die Wirkungsgrade berechnet. Die Berechnung erfolgt auf den Grundlagen der Masse der Anlage, der Auslastung, der Lasten und aller sonstiger Daten, die als über den Berechnungszeitraum konstant angesehen (oder gemittelt) werden. Das Berechnungsverfahren darf auf physikalischen (ausführlichen oder vereinfachten) oder Korrelationsverfahren beruhen. | Bin-Methode der SIA 384/3 |
| D | Die Verluste oder Wirkungsgrade werden durch dynamische Simulationen berechnet, wobei der zeitliche Verlauf veränderlicher Werte (z.B. Aussentemperatur, Verteilungstemperatur des Wassers, Erzeugerlast) berücksichtigt werden. | SIA Merkblatt 2044, SIA-TEC-Tool |

Die Ausführlichkeitsstufe B entspricht in etwa der Typologie-Methode und wird in Ziffer 3 näher beschrieben. Die Stufe C entspricht der Bin-Methode und wird in Ziffer 2 detaillierter ausgeführt.

Die beiden Methoden werden in den Ziffern 2 und 3 genauer spezifiziert. In Ziffer 4 wird die Typologie-Methode anhand der drei folgenden Beispiele und einem Tool erläutert. Das Tool kann unter www.hslu.ch/zig (Quicklinks, Software) kostenlos bezogen werden.

1. Ein Einfamilienhaus mit Fussbodenheizung. Die Wärme wird mit einer Aussenluft-Wärmepumpe und einer thermischen Solaranlage (nur Warmwasser) bereitgestellt.

2. Ein saniertes Mehrfamilienhaus mit Heizkörper. Die Wärme wird mit einer Pelletheizung und einer thermischen Solaranlage (nur Warmwasser) bereitgestellt.
3. Ein Verwaltungsgebäude mit Fussbodenheizung und einem Wärmeregister in der Zuluft. Wärmebereitstellung mit einer Erdsonden-Wärmepumpe.

Hinweis: Die aufgeführten Beispiele dienen zu Schulungszwecken und wurden dementsprechend angepasst. Sie können so nicht in die Praxis umgesetzt werden.

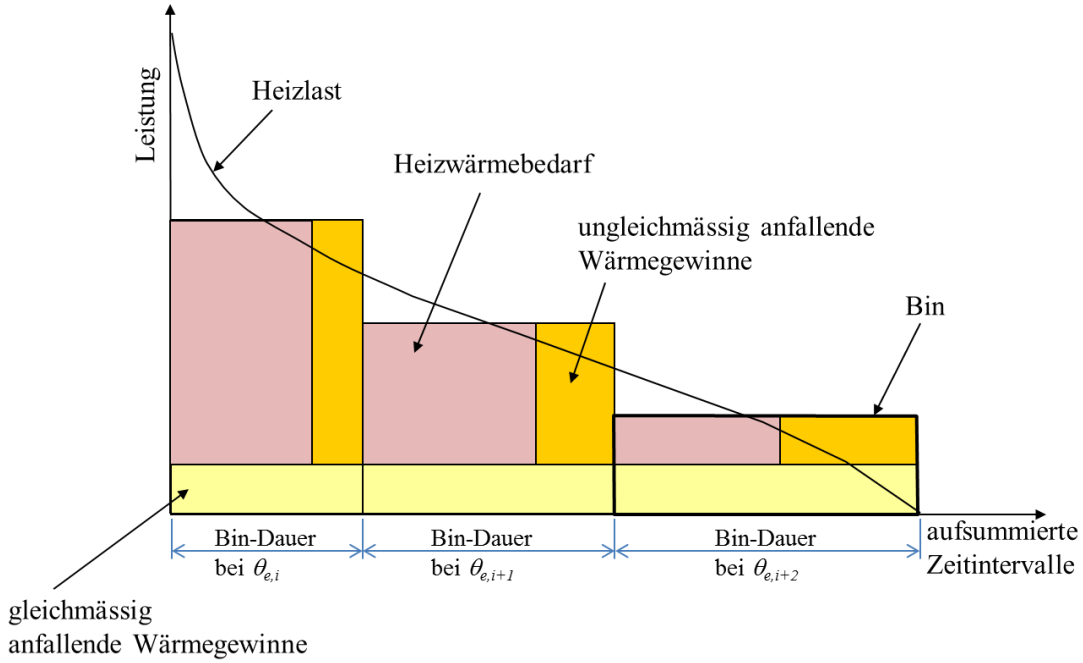
Das verwendete Excel für die Beispiele kann unter www.hslu.ch/zig (Quicklinks, Software) kostenlos bezogen werden. Beim Verwaltungsgebäude wird als Variante die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe mit der Bin-Methode gerechnet. Diese wurde im WPesti bereits umgesetzt und kann ebenfalls kostenlos unter www.endk.ch bezogen werden.

Generell gelten für das Typologie-Tool folgende Einschränkungen:
1. Es sind nur Wärmeerzeugerleistungen bis 2000 kW möglich.
2. Verbundene Systeme können nicht berücksichtigt werden.
3. Es können nur vier Zonen (Norm SIA 380/1 [1]) berücksichtig werden.
4. Ein technischer Speicher darf nicht grösser als 15m$^3$ sein.
5. Es können max. vier Hauptpumpen/Heizgruppen berücksichtigt werden.
6. Es können gleichzeitig zwei Wärmeerzeuger eingesetzt werden (Aussenluft-Wärmepumpe, Sole-Wärmepumpe, Pellet, Holzschnitzel, Stückholz, Öl, Gas). Zusätzlich kann noch eine thermische Solaranlage eingegeben werden.
7. Die elektrische Energie für Zirkulationspumpe (Sanitär) und Wassererwärmer werden im Typologie-Tool nicht berechnet. Der Strombedarf kann aber aus anderen Berechnungen (z.B. Norm SIA 385/2) übernommen werden.

Als Ergänzung zur Norm SIA 384/3 [6] können im Typologie-Tool auch Heizgruppen für ein Luftregister und für die Warmwassererwärmung eingegeben werden. Diese Heizgruppen werden nach Ziffer 5 berechnet, sie werden einem Heizkörper gleichgesetzt. Die genaue Definition einer Heizgruppe und einer Hauptpumpe wird unter Ziffer 3 erläutert.

## 2. Bin-Methode

Bei der Bin-Methode wird das Summenhäufigkeitsdiagramm in Temperaturklassen (Bins) unterteilt. Es wird angenommen, dass innerhalb eines Bins die Bedingungen wie Aussentemperatur, Heizwärmeleistung und Vor-, Rücklauftemperaturen konstant bleiben.



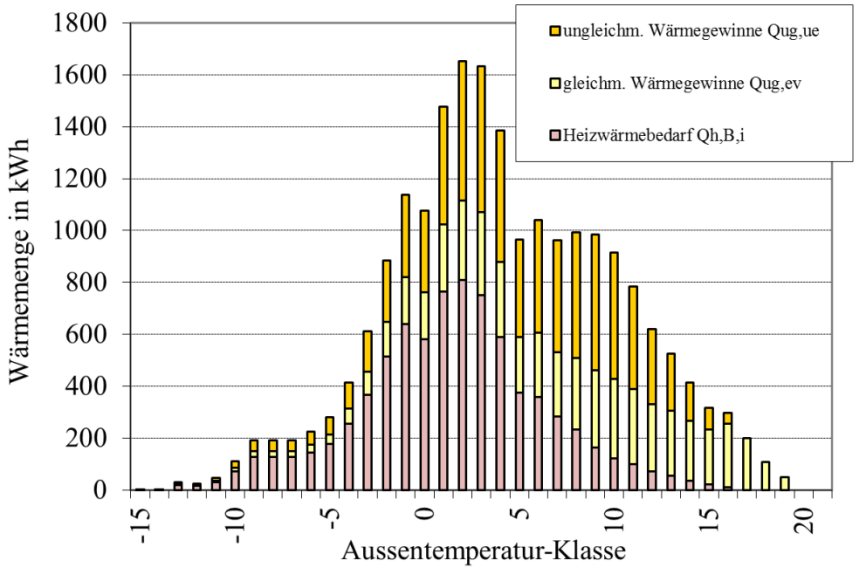

Gemäss Norm SIA 384/3 [6] entspricht eine Temperaturklasse (Bin) immer 1 K (z.B. von 4.5°C bis 5.5°C). Für ein EFH (Raumtemperatur 20°C) in Zürich (Norm-Aussentemperatur -8°C) werden 28 Bins definiert. Aus dem Summenhäufigkeitsdiagramm der Klimastation [10] Zürich-Meteo-Schweiz kann bei 5°C eine Bin-Dauer von $t_{B,i}$ = 450 Stunden abgelesen werden.

Der Heizwärmebedarf wird gemäss SIA Norm 380/1 [1] berechnet und auf die einzelnen Bins verteilt. Dafür müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

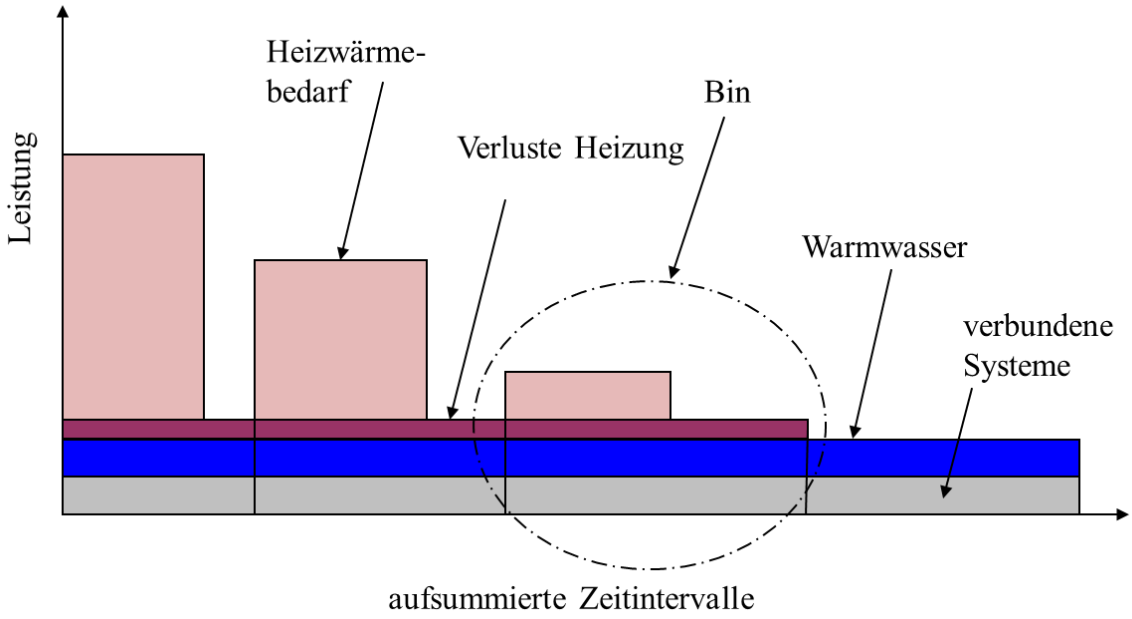
- Die Heizwärmeleistung lässt sich in guter Näherung als lineare Funktion der Aussentemperatur beschreiben (vgl. SIA 384/1:2009, Anhang B, Leistungskennlinie).
- Die Wassererwärmung und -speicherung sind so konzipiert, dass der Wärmeleistungsbedarf der Wassererwärmungsanlage bei der Energiebedarfsberechnung als Bandlast angenommen werden kann. Bei einer Dimensionierung nach SIA 384/1 [4] ist dies der Fall.
- Der Leistungsbedarf von allfälligen verbundenen Systemen ist im Vergleich zum Nenn-Heizwärmeleistungsbedarf klein. Das Lastprofil der verbundenen Systeme kann bei der Energiebedarfsberechnung als Bandlast oder als lineare Funktion der Aussentemperatur beschrieben werden.

Bei dauernd bewohnten Ein- und Mehrfamilienhäusern, sowie bei Verwaltungsgebäuden und Schulhäusern sind diese Bedingungen typischerweise erfüllt. Weicht das Gebäude von diesen Bedingungen ab, muss auf die Norm SIA 382/2 [3] ausgewichen werden. Weitere Informationen können in der Norm SIA 384/3 [6] nachgelesen werden.

Nachfolgend ist die Wärmemenge der einzelnen Bins aufsummiert. Als Basis dienen die Resultate der Norm SIA 380/1 [1].




Die Wärmeverluste der Verteilung und des Speichers, der Wärmebedarf für Warmwasser und der verbundenen Systeme sind noch nicht enthalten und müssen separat berücksichtigt werden. Die genaue Vorgehensweise ist in der Norm SIA 384/3 [6] beschrieben.

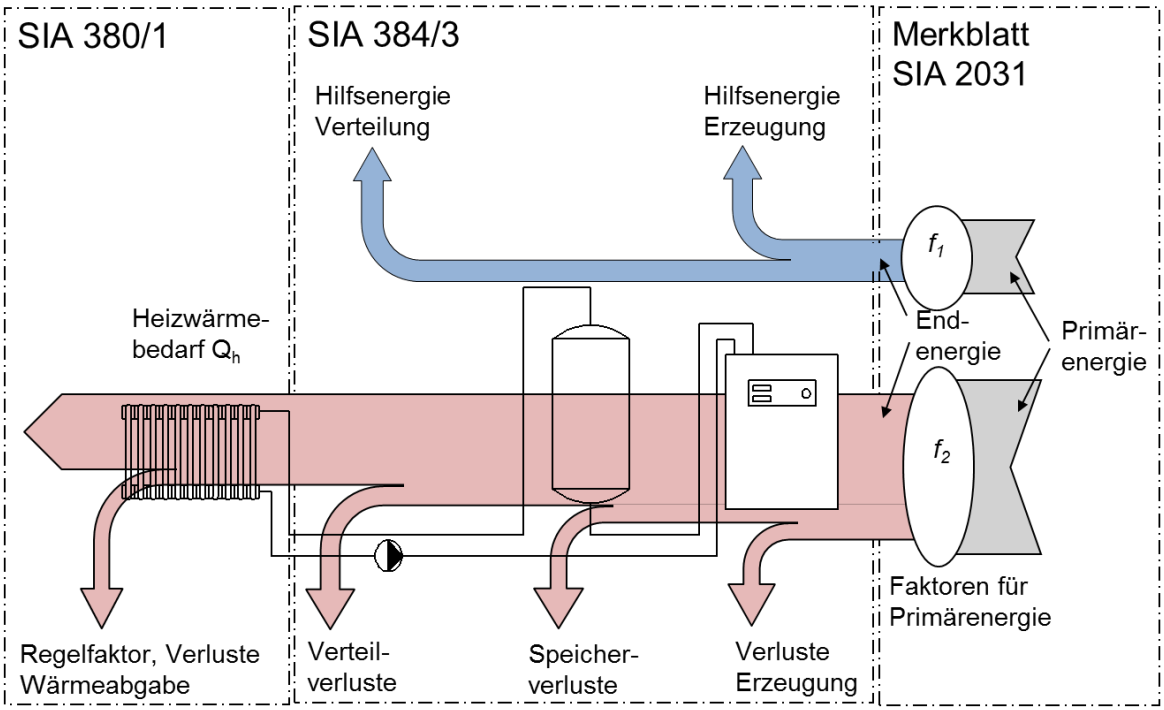


## 3. Typologie-Methode

Die Typologie-Methode arbeitet mit einfachen Formeln und Tabellenwerten und rechnet in der Regel konservativer als die Bin-Methode. Die Typologie-Methode darf für folgende Anlagen- und Wärmeerzeugertypen eingesetzt werden:

- Monovalente Wärmeerzeugung, sofern Modelle der Wärmeerzeuger in Kapitel 4 der Norm SIA 384/3 [6] beschrieben sind.
- Heizkessel dürfen immer mit dem einfachen Verfahren berechnet werden, auch bei bivalenten Anlagen, bei denen die Grundlastdeckung (z.B. Wärmepumpe oder Solaranlage) mit der Bin-Methode berechnet wird.
- Anlagen mit solarer Wassererwärmung und einer Wärmepumpe für Heizung und zur Spitzenlastdeckung Warmwasser. Die Solaranlage darf dabei max. 60% des gesamten Wärmebedarfs für die Warmwasserversorgung decken.
- Anlagen mit solarer Wassererwärmung sowie solarer Heizungsunterstützung und einer Wärmepumpe zur Spitzenlastdeckung. Die Solaranlage darf dabei max. 30% des gesamten Wärmebedarfs für Heizung und Warmwasser decken.

Die nachfolgende Figur zeigt schematisch den Energiefluss einer Heizungsanlage, sowie die Abgrenzungen der Berechnung. Für das Warmwasser und die verbundenen Systeme gelten analoge Abgrenzungen.




### 3.1. Heizwärmebedarf

Für die Typologie-Methode muss der Heizwärmebedarf $Q_h$ aus der Berechnung nach Norm SIA 380/1 [1] eingesetzt werden. Berechnungen nach anderen Verfahren können nicht eingesetzt

werden. Im Heizwärmebedarf sind die Regelverluste und Verluste der Wärmeabgabe (z.B. Heizkörper vor Fenster) bereits enthalten.

## 3.2. Wärmeverluste

Die Wärmeverluste der Verteilung und des Speichers werden nach den Vorgaben der SIA 384/3 [6] berechnet und zum Heizwärmebedarf $Q_h$ dazu addiert. Für die Berechnung werden die vereinfachten Gleichungen verwendet. Die Verluste werden wie folgt berücksichtigt:

- Wärmeverluste von reinen Heizungsspeichern und der Wärmeverteilung innerhalb der thermischen Gebäudehülle werden als vollständig heizwirksam betrachtet.
- Wärmeverluste von Heizungs- oder Kombispeicher und der Wärmeverteilung ausserhalb der thermischen Gebäudehülle werden als nicht heizwirksam betrachtet.
- Bei Kombispeichern innerhalb der thermischen Gebäudehülle werden 50% der Wärmeverluste als heizwirksam betrachtet.

Die Verluste der Verteilung werden wie folgt berücksichtig (Norm SIA 384/3, Anhang C, Gleichung 107):

$$Q_{ls,dis} = 10^{-3} \cdot t_{an} \cdot \sum \left( \Psi_{pipe} \cdot l_{dis} \cdot \Delta\theta_{dis} \right)$$

Darin bedeuten:

| | |
|---|---|
| $Q_{ls,dis}$ | Verluste der Leitungen, in kWh |
| $\psi_{pipe}$ | längenspezifischer Wärmedurchgangskoeffizient, in W/(mK) |
| $l_{dis}$ | Länge der Leitung, in m |
| $\Delta\theta_{dis}$ | mittlere Temperaturdifferenz zwischen Heizmedium und Umgebung, in K |
| $t_{an}$ | jährliche Betriebsdauer der Leitung, in h |

Der längenspezifische Wärmedurchgangskoeffizient $\psi_{pipe}$ wird aus nachfolgender Tabelle gelesen.

| Rohr-nennweite mm | Wärmeleitfähigkeit der Wärmedämmung $l_2$ = 0,04 W/(m·K) | | Wärmeleitfähigkeit der Wärmedämmung $l_2$ = 0,03 W/(m·K) | |
|---|---|---|---|---|
| | Dämmdicke mm | längenspez. Wärmedurch-gangskoeffizient $y_{pipe}$ W/(m·K) | Dämmdicke mm | längenspez. Wärmedurch-gangskoeffizient $y_{pipe}$ W/(m·K) |
| 10 | 40 | 0,13 | 30 | 0,12 |
| 15 | 40 | 0,15 | 30 | 0,13 |
| 20 | 50 | 0,15 | 40 | 0,13 |
| 25 | 50 | 0,17 | 40 | 0,15 |
| 32 | 50 | 0,19 | 40 | 0,17 |
| 40 | 60 | 0,19 | 50 | 0,16 |
| 50 | 60 | 0,22 | 50 | 0,18 |
| 65 | 80 | 0,21 | 60 | 0,19 |
| 80 | 80 | 0,23 | 60 | 0,21 |
| 100 | 100 | 0,24 | 80 | 0,21 |

Die Speicherverluste werden wie folgt berechnet (Norm SIA 384/3 [6], Ziffer 4.8.2, Gleichung 42):

$$Q_{sto,ls} = 25kWh \cdot \left(\frac{V_{sto}}{V_0}\right)^{0,55} \cdot \frac{\Delta\theta_{avg}}{\Delta\theta_0}$$

Darin bedeuten:

| | |
|---|---|
| $Q_{sto,ls}$ | Wärmeverluste, in kWh |
| $V_{sto}$ | Wasserinhalt des Speichers, in $m^3$ |
| $V_0$ | = 1 $m^3$ |
| $\Delta\theta_{avg}$ | mittlere Temperaturdifferenz, in K |
| $\Delta\theta_0$ | = 1 K |

Damit die Gleichung angewendet werden darf, muss das Speichervolumen kleiner 15 $m^3$ sein und die Wärmedämmung am Speicher muss den Vorgaben der Norm SIA 384/1 [4] entsprechen. Das Verhältnis zwischen der Höhe und dem Durchmesser muss zwischen 2 und 3 liegen.

### 3.3. Wärmeerzeugung

Zurzeit sind in Ziffer 4 der Norm SIA 384/3 [6] folgende Wärmeerzeuger definiert und können mit der Typologie-Methode berechnet werden:

- Aussenluft-Wärmepumpe
- Erdsonden-Wärmepumpe
- Pellet
- Hackschnitzel
- Stückholz
- Gaskessel
- Ölfeuerung

Diese Wärmeerzeuger können alle mit einer thermischen Solaranlage kombiniert werden. Für die Berechnung werden die Nutzungsgrade der Heizkessel aus Tabellen gelesen.

| Abgaskondensation | modulierender oder mehrstufiger Brenner | Nutzungsgrad für Brennstoff und Verwendung | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Pellet | | Hackschnitzel | | Stückholz | |
| | | Heizung $\eta_{per,H}$ | Warmwasser $\eta_{per,W}$ | Heizung $\eta_{per,H}$ | Warmwasser $\eta_{per,W}$ | Heizung $\eta_{per,H}$ | Warmwasser $\eta_{per,W}$ |
| Ja | Ja | 0,80 | 0,70 | 0,80 | 0,65 | – | – |
| Ja | Nein | 0,70 | 0,65 | 0,70 | 0,60 | 0,65 | 0,60 |
| Nein | Ja | 0,70 | 0,65 | 0,70 | 0,60 | – | – |
| Nein | Nein | 0,65 | 0,60 | 0,65 | 0,55 | 0,60 | 0,55 |

Aus dem Heizwärmebedarf und den Wärmeverlusten kann so der Endenergiebedarf berechnet werden (Norm SIA 384/3 [6], Ziffer 4.2, Gleichung 32).

$$E_{gen,b} = \frac{Q_{H,dis}}{\eta_{per,H}} + \frac{Q_{W,dis}}{\eta_{per,W}} + \frac{Q_{AS,dis}}{\eta_{per,H}}$$

Darin bedeuten:

$E_{gen,b}$ Endenergiebedarf des Heizkessels (Brennstoff), in kWh
$Q_{H,dis}$ Wärmebedarf der Heizungsanlage (Heizwärmebedarf plus Verluste), in kWh
$Q_{W,dis}$ Wärmebedarf der Wassererwärmungsanlage (inkl. Verteil- und Speicherverluste), in kWh
$Q_{AS,dis}$ Wärmebedarf der verbundenen Systeme (inkl. Verluste), in kWh
$\eta_{per,H}$ Heizkesselnutzungsgrad für Heizung, gemäss Tabelle
$\eta_{per,W}$ Heizkesselnutzungsgrad für Warmwasser, gemäss Tabelle

Die Berechnung für Öl- oder Gaskessel folgt dem gleichen Prinzip (Norm SIA 384/3 [6], Ziffer 4.3). Für eine Wärmepumpe gilt nachfolgende Tabelle.

| Wärme-quelle | Einsatz | Bedingung | Wärmepumpe mit EHPA-Gütesiegel? | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Nein | Ja |
| Aussenluft | Heizung | Fussbodenheizung mit Vorlauftemperatur von max. 35°C | 2,4 | 3,0 |
| | Heizung | Vorlauftemperatur max. 50°C | 1,8 | 2,2 |
| | Warmwasser | Schichtladung [a] | 1,8 | 2,2 |
| | Warmwasser | Stufenladung [b] | 2,1 | 2,6 |
| Erdwärme-sonde | Heizung | Fussbodenheizung mit Vorlauftem-peratur von max. 35°C | 3,4 | 4,3 |
| | Heizung | Vorlauftemperatur max. 50°C | 2,5 | 3,1 |
| | Warmwasser | Schichtladung [a] | 1,9 | 2,4 |
| | Warmwasser | Stufenladung [b] | 2,2 | 2,8 |

[a] aussenliegender Wärmeübertrager
[b] innenliegender Wärmeübertrager, d.h. im Warmwasserspeicher

Die Endenergie berechnet sich wie folgt (Norm SIA 384/3 [6], Ziffer 4.4, Gleichung 34)

$$E_{HP} = \frac{Q_{H,dis}}{\varepsilon_{SFPH,H} \cdot f_{sc}} + \frac{Q_{W,dis}}{\varepsilon_{SFPH,W} \cdot f_{sc}}$$

$E_{HP}$ Endenergiebedarf der Wärmepumpenanlage inkl. Hilfsbetriebe, in kWh
$Q_{H,dis}$ Wärmebedarf der Heizungsanlage (Heizwärmebedarf plus Verluste), in kWh
$Q_{W,dis}$ Wärmebedarf der Wassererwärmungsanlage (inkl. Verteil- und Speicherverluste), in kWh
$\varepsilon_{SFPH,H}$ Jahresarbeitszahl Heizung
$\varepsilon_{SFPH,W}$ Jahresarbeitszahl Warmwasser
$f_{sc}$ Korrekturfaktor für Standorthöhen über 800 m

Bei der Berechnung der Endenergie wird noch ein Korrekturfaktor für die Standorthöhe berücksichtigt.

Zu einer Wärmeerzeugung kann eine thermische Solaranlage berücksichtigt werden. Bei der Berechnung werden zwei Fälle unterschieden: Solaranlage nur für das Warmwasser und

Solaranlage für Warmwasser und Heizung. Wird mit der Solaranlage nur Warmwasser produziert können max. 80% (mit einer Wärmepumpe 60%) gedeckt werden. Der Rest muss vom Heizkessel oder der Wärmepumpe produziert werden (Norm SIA 384/3 [6], Ziffer 4.7, Gleichung 37).

$$Q_{s,W} = min\left( f_{s,w} \cdot Q_{W,dis}; \frac{f_s \cdot Q_{s,W,max} \cdot A_A}{1 + k_1 \cdot \frac{A_A}{A_0} \cdot \frac{Q_0}{Q_{W,dis}}} \right)$$

| | |
|---|---|
| $Q_{s,W}$ | Ertrag der Solaranlage, in kWh (für das Warmwasser) |
| $Q_{W,dis}$ | Wärmebedarf der Wassererwärmungsanlage (inkl. Verteil- und Speicherverluste), in kWh |
| $Q_{s,W,\max}$ | maximaler Ertrag bezogen auf die Aperturfläche[1)], in kWh/m$^2$. Für Standorte über 800 m ü.M. 700 kWh/m$^2$, unter 800 m ü.M. 640 kWh/m$^2$. |
| $Q_0$ | = 1 kWh |
| $f_s$ | Faktor für Ausrichtung |
| $f_{s,W}$ | Faktor für die solare Ausnutzung. Bei WP ist der Faktor 0,6 in allen anderen Fällen 0,8. |
| $A_A$ | Aperturfläche, in m$^2$ |
| $A_0$ | = 1 m$^2$ |
| $k_1$ | empirischer Faktor: 106 |

[1)] Grösste projizierte Fläche, durch die Solarstrahlung in den Kollektor eintritt.

Wird mit einer thermischen Solaranlage Wärme für Heizung und Warmwasser erzeugt, können max. 80% (mit einer Wärmepumpe max. 30%) des gesamten Wärmebedarfes gedeckt werden. Die Erzeugung des Warmwassers hat Vorrang und wird mit 70% (mit einer Wärmepumpe 50%) des Warmwasserbedarfes berücksichtigt. (Norm SIA 384/3 [6], Ziffer 4.7, Gleichungen 38, 39, 40 und Ziffer 2.2.3.2).

$$Q_s = min\left( f_{s,W,H} \cdot (Q_{H,dis} + Q_{W,dis}); \frac{f_s \cdot Q_{s,max} \cdot A_A}{1 + k_2 \cdot \frac{A_A}{A_0} \cdot \frac{Q_0}{Q_{H,dis} + Q_{W,dis}}} \right)$$

$$Q_{s,H} = max\{min[f_{s,W,H} \cdot Q_{H,dis}; Q_s - f_{s,W} \cdot Q_{W,dis}]; 0\}$$

$$Q_{s,w} = Q_s - Q_H$$

| | |
|---|---|
| $Q_s$ | Ertrag der Solaranlage, in kWh |
| $Q_{H,dis}$ | Wärmebedarf der Heizungsanlage (Heizwärmebedarf plus Verluste), in kWh |
| $Q_{W,dis}$ | Wärmebedarf der Wassererwärmungsanlage (inkl. Verteil- und Speicherverluste), in kWh |
| $Q_{s,\max}$ | maximaler Ertrag bezogen auf Aperturfläche, in kWh/m$^2$. Für Standorte über 800 m ü.M. 490 kWh/m$^2$, unter 800 m ü.M. 440 kWh/m$^2$. |
| $f_s$ | Faktor für Ausrichtung |
| $f_{s,W,H}$ | Faktor für die solare Ausnutzung. Bei WP ist der Faktor 0,3, in allen anderen Fällen 0,8. |
| $f_{s,W}$ | Ausnutzungsfaktor. Bei WP ist der Faktor 0,5 in allen anderen Fällen 0,7. |
| $Q_{s,H}$ | Ertrag der Solaranlage für Heizung, in kWh |
| $Q_{s,W}$ | Ertrag der Solaranlage für Warmwasser, in kWh |
| $A_A$ | Aperturfläche in m$^2$ |
| $k_2$ | = 170 |

$Q_0$ = 1 kWh;
$A_0$ = 1 $m^2$;

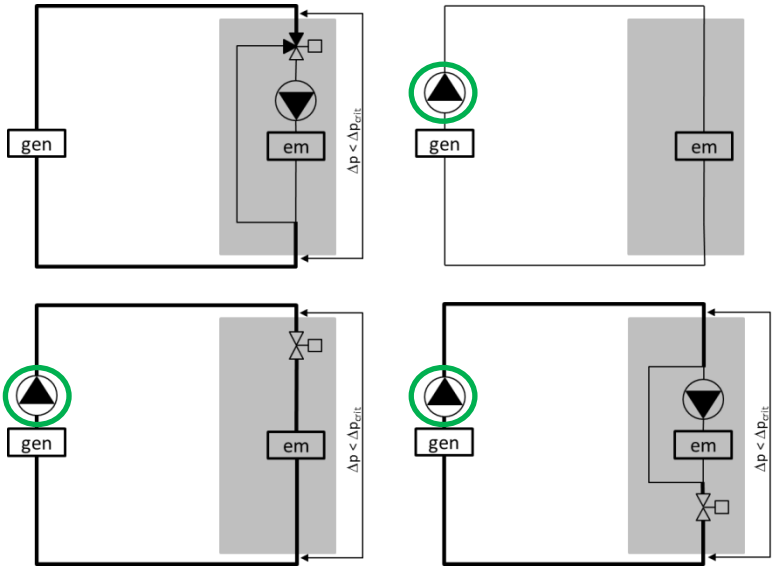
### 3.4. Hilfsenergie

Rund um den Wärmeerzeuger können nachfolgende Hilfsenergien identifiziert werden. Die angegebenen Verweise sind in der Norm SIA 384/3 [6] zu finden.

| Anlageteil / Wärmeerzeuger | Hilfsenergieverbraucher | Erfassung, Berechnung |
|---|---|---|
| elektrisch angetriebene Wärmepumpe | Ventilatoren, Steuerung/Regelung | Bei Betrieb ist diese Hilfsenergie in der Leistungszahl enthalten. Allfällige Hilfsbetriebe bei Nichtbetrieb (z.B. Carter-Heizung) sind separat zu erfassen und bei der Jahresarbeitszahl einzurechnen. |
| | Umwälzpumpe auf der Quellenseite | In der Jahresarbeitszahl enthalten, siehe A.2.7 |
| | Umwälzpumpen auf der Wärmeabgabeseite (d.h. Senkenseite) | Der Anteil für den Druckverlust des Verflüssigers ist in der Leistungszahl gemäss EN 14511 enthalten. Ein allfälliger zusätzlicher Bedarf (z.B. zur Speicherladung) ist separat zu berechnen oder gemäss 4.9.2 abzuschätzen und bei der Jahresarbeitszahl einzurechnen. |
| Heizkessel | Umwälzpumpen | Genaue Berechnung oder Abschätzung gemäss 4.9.2 |
| | Brennergebläse, Brennstoffversorgung, Abgasventilatoren, Steuerung/Regelung | Genaue Berechnung oder Abschätzung gemäss 4.9.3 |
| Solaranlage für Heizungsunterstützung | Solepumpen | Genaue Berechnung oder Abschätzung gemäss 4.9.2 |
| | Ventilantriebe, Steuerung/Regelung | Genaue Berechnung oder Abschätzung gemäss 4.9.3 |
| Ausdehnungsgefäss, Nachspeiseanlage | Kompressoren, Druckerhöhungspumpen, Steuerung/Regelung | Werden vernachlässigt |

**Näherungswerte für Hauptpumpen**

Mit nachfolgenden Gleichungen werden Hauptpumpen für Verteiler und Speicherladepumpen berechnet (Heizleistung 2000 kW). Gemäss Norm SIA 384/1 [4], Figur 2, fallen darunter die hydraulischen Grundschaltungen 2, 3, 4, 5 und 6 (mit Kreis markiert).




Für monovalente Anlagen gilt (Norm SIA 384/3 [6], Ziffer 4.9.2, Gleichung 43):

$$E_{aux,Pu,gen} = 0{,}5 \cdot Q_0 \cdot f_{Pu,gen,i} \cdot \left(\frac{Q_{H,dis} + Q_{W,dis} + Q_{AS,dis}}{Q_0}\right)^{0,5}$$

Für Anlagen mit mehreren Wärmeerzeugern gilt (Norm SIA 384/3 [6], Ziffer 4.9.2, Gleichung 44):

$$E_{aux,Pu,gen} = 0{,}5 \cdot \sum\left(Q_{gen,i} \cdot f_{Pu,gen,i}\right) \cdot \left(\frac{Q_{H,dis} + Q_{W,dis} + Q_{AS,dis}}{Q_0}\right)^{-0,5}$$

Darin bedeuten:

| | |
|---|---|
| $E_{aux,Pu,gen}$ | Hilfsenergiebedarf Pumpen der Wärmeerzeugung, in kWh |
| $f_{Pu,gen,i}$ | Faktor für den Wärmeerzeuger *i* |
| $Q_{gen,i}$ | vom Wärmeerzeuger *i* produzierte Wärme, in kWh |
| $Q_{H,dis}$ | Wärmebedarf der Heizungsanlage (Heizwärmebedarf plus Verluste), in kWh |
| $Q_{W,dis}$ | Wärmebedarf der Wassererwärmungsanlage (inkl. Verteil- und Speicherverluste), in kWh |
| $Q_{AS,dis}$ | Wärmebedarf der verbundenen Systeme inkl. Verluste, in kWh |
| $Q_0$ | = 1 kWh |

Der Faktor $f_{Pu,gen,i}$ für die thermische Solaranlage liegt bei 3, die restlichen Wärmeerzeugerarten werden mit 1 berücksichtigt.

**Näherungswerte für Hilfsaggregate von Wärmeerzeugern**

Die Hilfsenergie für Aggregate einer Wärmeerzeugung mit max. 2000 kW Heizleistung kann mit nachfolgenden Gleichungen berechnet werden. Für eine monovalente Anlage gilt (Norm SIA 384/3 [6], Ziffer 4.9.3, Gleichung 45):

$$E_{aux,b} = 0{,}67 \cdot Q_0 \cdot f_{b,gen,j} \cdot \left(\frac{Q_{H,dis} + Q_{W,dis} + Q_{AS,dis}}{Q_0}\right)^{0,6}$$

Für Anlagen mit mehreren Wärmeerzeugern gilt (Norm SIA 384/3 [6], Ziffer 4.9.3, Gleichung 46):

$$E_{aux,b} = 0{,}67 \cdot \sum \left(Q_{gen,j} \cdot f_{b,gen,j}\right) \cdot \left(\frac{Q_{H,dis} + Q_{W,dis} + Q_{AS,dis}}{Q_0}\right)^{-0{,}4}$$

Darin bedeuten:

| | |
|---|---|
| $E_{aux,b}$ | Hilfsenergiebedarf der Hilfsaggregate, in kWh |
| $f_{b,gen,j}$ | Faktor für den Wärmeerzeuger *j* |
| $Q_{gen,j}$ | vom Wärmeerzeuger *j* produzierte Wärme, in kWh |
| $Q_{H,dis}$ | Wärmebedarf der Heizungsanlage (Heizwärmebedarf plus Verluste), in kWh |
| $Q_{W,dis}$ | Wärmebedarf der Wassererwärmungsanlage (inkl. Verteil- und Speicherverluste), in kWh |
| $Q_{AS,dis}$ | Wärmebedarf der verbundenen Systeme inkl. Verluste, in kWh |
| $Q_0$ | = 1 kWh |

Für die verschiedenen Wärmeerzeugungsarten gelten folgende Faktoren $f_{b,gen,j}$:

| Art der Wärmeerzeugung | $f_{b,gen,j}$ |
|---|---|
| Öl- und Gasfeuerungen mit Gebläsebrenner | 1 |
| Gasfeuerungen mit atmosphärischem Brenner | 0,5 |
| Pelletfeuerungen | 2 |
| Holzschnitzel und automatische Stückholzfeuerungen | 3 |
| Wärmepumpen und Solaranlagen | 0 |

**Näherungsformeln für Gruppenpumpe**
Für die Wärmeverteilung sind nachfolgende Hilfsenergien relevant. Die Verweise beziehen sich auf die Norm SIA 384/3 [6].

| Anlageteil / Wärmeerzeuger | Hilfsenergieverbraucher | Erfassung, Berechnung |
|---|---|---|
| Wärmeverteilung und Wärmeabgabe | Umwälzpumpen | Genaue Berechnung oder Abschätzung gemäss 5.1 |
| | Ventilantriebe, Steuerung/Regelung | Werden vernachlässigt |
| | Ventilatoren zur Wärmeverteilung (z.B. Luftheizung) und Wärmeabgabe (z.B. Gebläsekonvektoren) | Berechnung anhand der Projektdaten; bei Kombination mit Lüftungsanlagen Erfassung in SIA 382/2 |
| Wassererwärmung, inkl. solare Wassererwärmung | Sämtliche Komponenten die warmwasserseitig eingebaut sind (Ladepumpen, Ventile, Zirkulationspumpen usw.) | Berechnung nach SIA 385/1; Übertrag des Bedarfs in SIA 384/3 |
| | Heizungsseitige Ladepumpen, Pumpen im Solarkreislauf, Ventilantriebe, Steuerung/Regelung | Berechnung nach SIA 385/1; Übertrag des Bedarfs in SIA 384/3 |
| Verbundene Systeme | Sämtliche Komponenten nach der Wärmeerzeugung (Lufterhitzerpumpe, Ventile, Zirkulationspumpen usw.) | Werden nicht in SIA 384/3 erfasst; Erfassung und Berechnung im Rahmen von SIA 380/4 oder SIA 382/2 |

Der Energiebedarf einer Umwälzpumpe einer Heizgruppe wird näherungsweise nach Norm SIA 384/3 [6], Ziffer 5.1.3, Gleichung 49 und 50 berechnet). Für Pumpen der Effizienzklasse A:

$$E_{aux,dis} = 0{,}01 \cdot Q_H \cdot f_{em,1} \cdot f_{em,2} \cdot \left(\frac{A_E}{A_0}\right)^{0,8}$$

Für Pumpen der Effizienzklasse B oder C

$$E_{aux,dis} = 0{,}21 \cdot Q_0 \cdot f_{em,1} \cdot f_{em,2} \cdot \left(\frac{A_E}{A_0}\right)^{0.6} \cdot \left(\frac{Q_H}{Q_0}\right)^{0,8}$$

Darin bedeuten:

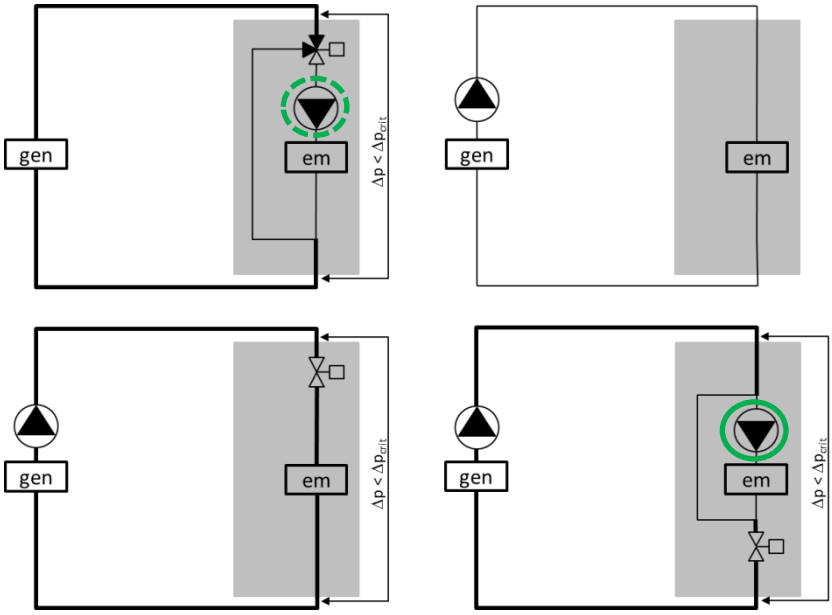
$E_{aux,dis}$ Hilfsenergiebedarf Verteilung, in kWh
$f_{em,1}$ Faktor für die Art der Heizungsanlage
$f_{em,2}$ Faktor für die Auslegungs-Vorlauftemperatur
$A_E$ Energiebezugsfläche, in $m^2$

$A_0$ = 1 m$^2$
$Q_H$ Heizwärmebedarf gemäss SIA 380/1, in kWh/m$^2$
$Q_0$ = 1 kWh/m$^2$

Der Faktor $f_{em,1}$ ist von der Art der Heizgruppe abhängig. Folgende Arten werden unterschieden:

| Art der Heizgruppe | $f_{em,1}$ |
|---|---|
| Heizkörper, getrennte Pumpen für Wärmeerzeugung und Wärmeabgabe | 1,0 |
| Heizkörper, gemeinsame Pumpen für Wärmeerzeugung und Wärmeabgabe | 1,5 |
| Fussbodenheizung, getrennte Pumpen für Wärmeerzeugung und Wärmeabgabe | 1,5 |
| Fussbodenheizung, gemeinsame Pumpen für Wärmeerzeugung und Wärmeabgabe | 2,0 |

Heizgruppen für Warmwassererwärmung und Luftregister werden gleich wie Heizgruppen mit Heizkörper behandelt. In nachfolgender Figur sind die getrennten Pumpen für Wärmeerzeugung und Wärmeabgabe mit durchzogenen Kreisen, die gemeinsamen Pumpen für Wärmeerzeugung und Wärmeabgabe mit gestrichelten Kreisen hervorgehoben

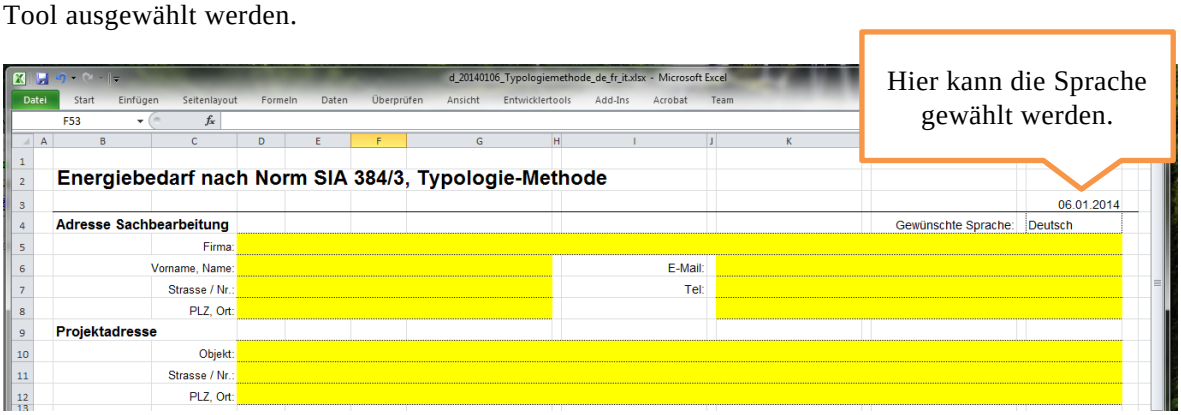



Der Faktor $f_{em,2}$ ist von der Art der Auslegungs-Vorlauftemperatur abhängig. Zwischenwerte werden linear interpoliert:

| Auslegungs-Vorlauftemperatur | $f_{em,2}$ |
|---|---|
| ≥ 60°C | 0,9 |
| 50°C | 1,0 |
| 35°C | 1,5 |
| 30°C | 1,8 |

## 4. Beispiele – Lösungsweg mit Erläuterungen

Die nachfolgenden Beispiele wurden mit der Typologie-Methode berechnet. Dazu steht unter www.hslu.ch/zig (Quicklinks, Software) ein Tool zur Verfügung, mit dem die Berechnung schnell durchgeführt werden kann. Es wird empfohlen, die Berechnung mit der neuesten Version durch zu führen. Neben dem Tool muss auch eine fachgerechte SIA 380/1 [1] Berechnung und ein Heizungsschema vorliegen. Wird im Objekt eine Wärmepumpe eingesetzt dessen Typ bekannt ist, kann die Jahresarbeitszahl mit dem WPesti (Version 8) gerechnet werden und ins Typologie-Tool übertragen werden. Auch beim WPesti lohnt es sich, die neueste Version von www.endk.ch herunter zu landen. Übrigens sind beide Tools in mehreren Sprachen erhältlich. Beim WPesti laden Sie die entsprechende Sprachversion herunter, beim Typologie-Tool kann die Sprache einfach im Tool ausgewählt werden.




Das Typologie-Tool ist in 6 Bereiche unterteilt:

a. Adressbereich,
b. Gebäudedaten,
c. Wärmeverteilung,
d. Wärmespeicherung,
e. Wärmeerzeugung,
f. Resultatbereich.

Im ersten Bereich (a) wird die Adresse des für die Berechnung verantwortlichen Sachbearbeiters eingegeben. Ebenfalls wird die Adresse des Objekts eingegeben. Anhand der fachgerechten SIA 380/1 [1] Berechnung kann der Abschnitt (b) rasch ausgefüllt werden. Eine allfällige Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung kann in der SIA 380/1-Berechnung berücksichtig werden. Die Klimastationen müssen in beiden Tools gleich sein. Bei der Standorthöhe wird die Höhe des Objekts eingegeben. Mit der Auswahl Gebäudekategorie wird der Wärmebedarf für das Warmwasser nach Norm SIA 380/1 [1] angegeben. Alternativ kann ein anderer Wert eingesetzt werden. So können z.B. bei einem Bürogebäude mit sehr geringem Warmwasserbedarf die Planungswerte oder allgemein die Wärmeverluste für das Warmwasser berücksichtigt werden.

Die Summe des Wärmebedarfs wird anschliessend auf die vier Wärmeverteilungen (c) verteilt. Die Eingabe erfolgt unabhängig von den Zonen. Dies gilt auch für den Wärmespeicher (d) und die Wärmeerzeugungen (e). Im letzten Bereich (f) werden die Primärenergie-, Treibhausgasemissions- und Energiekennzahlen ausgegeben.

## 4.1. Beispielgebäude EFH - Aufgabe

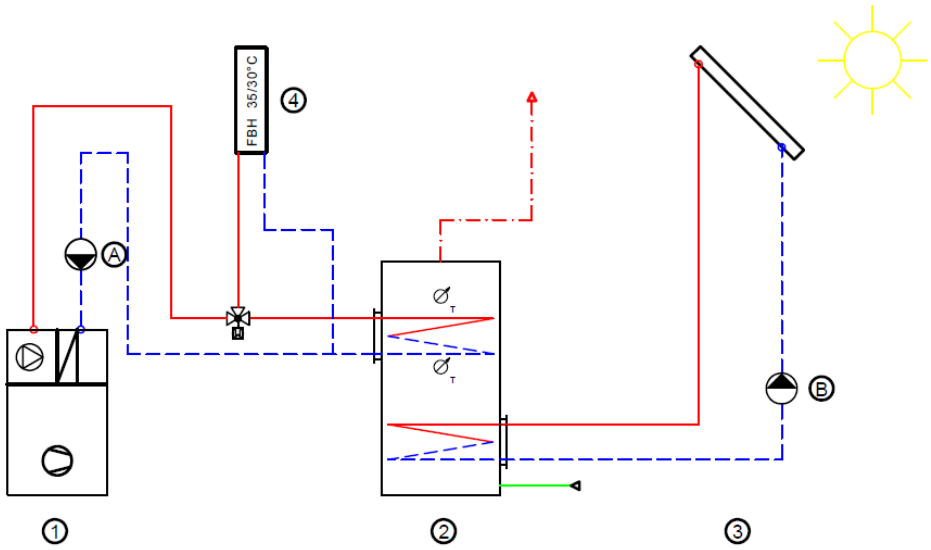
### Gebäudedaten

| | |
|---|---|
| Gebäudekategorie: | EFH |
| Standort: | 8000 Zürich |
| Höhe: | 406 m ü.M |

### Energetische Kennzahlen (nach SIA 380/1)

| | | |
|---|---|---|
| Energiebezugsfläche | $A_E$: | 231 m$^2$ |
| Heizwärmebedarf | $Q_h$: | 38.9 kWh/m$^2$ |
| Wärmebedarf Warmwasser | $Q_{WW}$: | 13.9 kWh/m$^2$ |

### Schema




| Nr. | Beschrieb | Nr. | Beschrieb |
|---|---|---|---|
| 1 | Aussenluft-Wärmepumpe, Gütesiegel vorhanden | A | Hauptpumpe Wärmeerzeuger |
| 2 | Wassererwärmer, Stufenladung 300 l | B | Hauptpumpe Solar |
| 3 | Solaranlage 8 m$^2$, 45°, Südausrichtung | | |
| 4 | Gruppe Fussbodenheizung VL 35°C / RL 30°C | | |

### Anlagebeschrieb

Die Wärme für die Raumheizung wird über die Wärmepumpe erzeugt. Das Brauchwasser wird primär über die Sonne und sekundär über die Aussenluft-Wärmepumpe betrieben. Das Gebäude wird über eine Fussbodenheizung geheizt. Die Wärmezentrale sowie die Wärmeverteilung befinden sich innerhalb des Dämmperimeters. Die Wärmeverluste für Warmwasser betragen 30% von $Q_{WW}$ und müssen noch dazu addiert werden. 10% des Wärmebedarfs Warmwassers werden mit Elektrodirekt gedeckt.

## 4.2. Beispielgebäude EFH - Lösung

Adresse Sachbearbeiter / Projektadresse
Erfasst werden die Adresse des Sachbearbeiters und der Standort des Gebäudes.

### 4.2.1. Gebäudedaten

Anhand der Berechnung nach SIA 380/1 [1] sind die Gebäudedaten rasch eingegeben. Wichtig ist die Wahl der gleichen Klimastation. Beim Wärmebedarf für das Warmwasser werden noch 30% Verluste berücksichtigt. 10% des Wärmebedarfs Warmwassers werden elektrisch gedeckt.

| | | | | Zone 1 | Zone 2 | Zone 3 | Zone 4 | Summe/Mittelwert |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Gebäudedaten** | Klimastation: | | | Zürich-MeteoSchweiz | | | | |
| | Standorthöhe: | $h$ | m ü.M. | 406 | | | | |
| | Bezeichnung: | | | | | | | |
| | Gebäudekategorie | | | Wohnen EFH | Bitte wählen ... | Bitte wählen ... | Bitte wählen ... | |
| | EBF: | $A_E$ | $m^2$ | 231 | | | | 231 |
| | Heizwärmebedarf: | $Q_h$ | $kWh/m^2$ | 38.9 | | | | 38.9 |
| | Wärmebedarf WW (Norm SIA 380/1): | $Q_{WW}$ | $kWh/m^2$ | 13.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| | Wärmebedarf WW (eigene Berechnung): | $Q_{WW}$ | $kWh/m^2$ | 18.1 | | | | |
| | El.Endenergie WW (eigene Berechnung): | $E_{gen,WW}$ | $kWh/m^2$ | 1.8 | | | | 1.8 |
| | Hilfsenergie WW (eigene Berechnung): | $E_{aux,WW}$ | $kWh/m^2$ | | | | | 0.00 |
| | Wärmebedarf WW (für Berechnung): | $Q_{WW}$ | $kWh/m^2$ | 16.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 16.3 |

### 4.2.2. Wärmeverteilung

Im Schema sind die Pumpen A, und B aufgeführt. Gemäss Ziffer 3.4 handelt es sich in beiden Fällen um eine Hauptpumpe. Die Umwälzpumpe B gehört zur thermischen Solaranlage und wird unter Wärmeerzeuger automatisch berücksichtigt. Somit bleibt nur eine Hauptpumpe übrig, welche die Räume und den Wassererwärmer mit Wärme versorgt.

| | | | | Wärmeverteilung 1 | Wärmeverteilung 2 | Wärmeverteilung 3 | Wärmeverteilung 4 | Summe/Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Wärmeverteilung** | | | | | | | | |
| | Bezeichnung: | | | Pumpe A | | | | |
| | Art der Verteilung: | | | Hauptpumpe (HP) | Bitte wählen ... | Bitte wählen ... | Bitte wählen ... | |
| | Wärmeabgabe: | | | | | | | |
| | Energieklasse Pumpe: | | | | | | | |
| | Anteil: | $f$ | % | 82 | | | | |
| | Vorlauftemp.: | $\theta_{su}$ | °C | | | | | |
| | Rücklauftemp: | $\theta_{ret}$ | °C | | | | | |
| | Länge im unkond. Raum: | $l_{dis}$ | m | | | | | |
| | Temp. unkond. Raum: | $\theta_i$ | °C | | | | | |
| | Betriebsstunden: | $t_{an}$ | h | | | | | |
| | Wärmeleitfähigkeit: | $\lambda$ | W | | | | | |
| | Rohrnennweite: | $d$ | m | | | | | |
| | Wärmebedarf: | $Q_h$ / $Q_{WW}$ | kWh | 10456 | 0 | 0 | 0 | |
| | Wärmeverlust: | $Q_{ls,dis}$ | kWh | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Hilfsenergie: | $E_{aux,dis}$ | kWh | 46 | 0 | 0 | 0 | 46 |

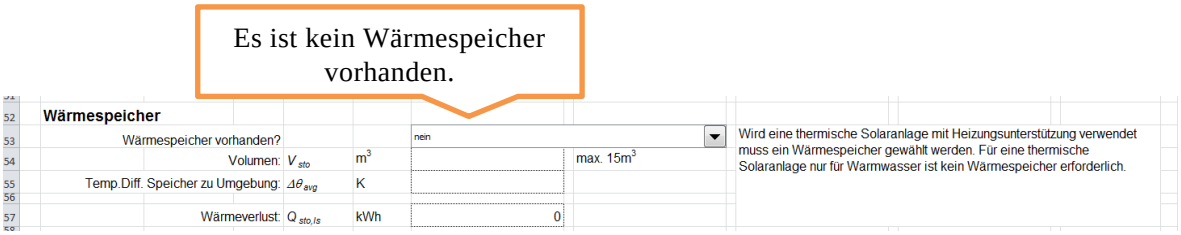
Der Anteil ist von der thermischen Solaranlage abhängig! $f = 1 - \frac{Q_{s,H}+Q_{s,W}}{Q_{H,dis}+Q_{W,dis}}$

Um die Pumpe A einzugeben wählen Sie unter *Art der Verteilung* die zweite Auswahl *Hauptpumpe (HP)*. Wichtig ist, dass der Anteil richtig eingegeben wird. Grundsätzlich ist er von der thermischen Solaranlage abhängig. In einer ersten Näherung kann mit 100% gerechnet werden. Die genaue Berechnung wird weiter unten beschrieben.

Gemäss Aufgabenstellung liegt die Wärmezentrale im Dämmperimeter. Daher werden die Verluste der Wärmeverteilung zu 100% als heizwirksam betrachtet. Es sind keine weiteren Eingaben notwendig.

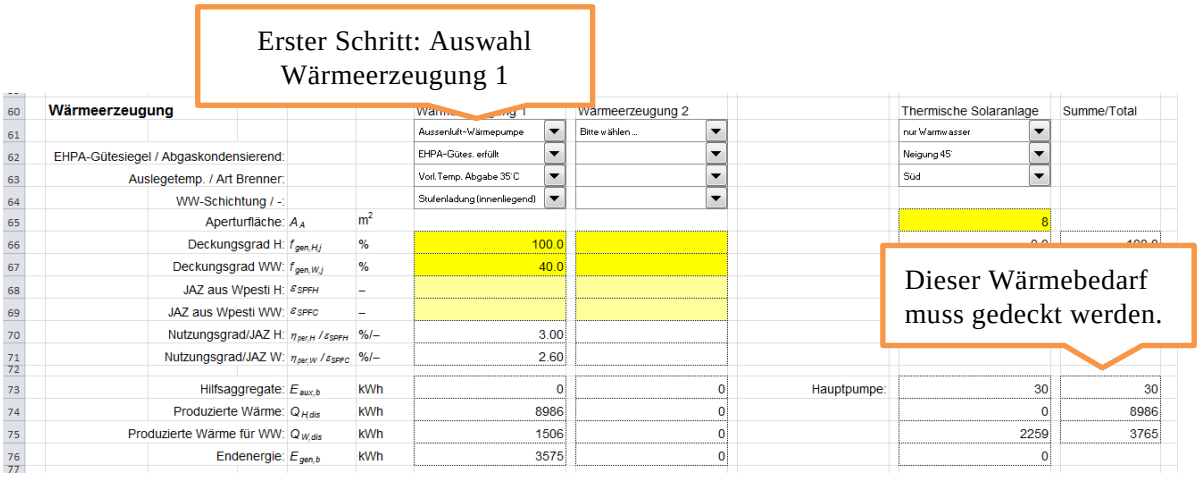
### 4.2.3. Wärmespeicher

In diesem Beispiel ist kein Wärmespeicher vorhanden.



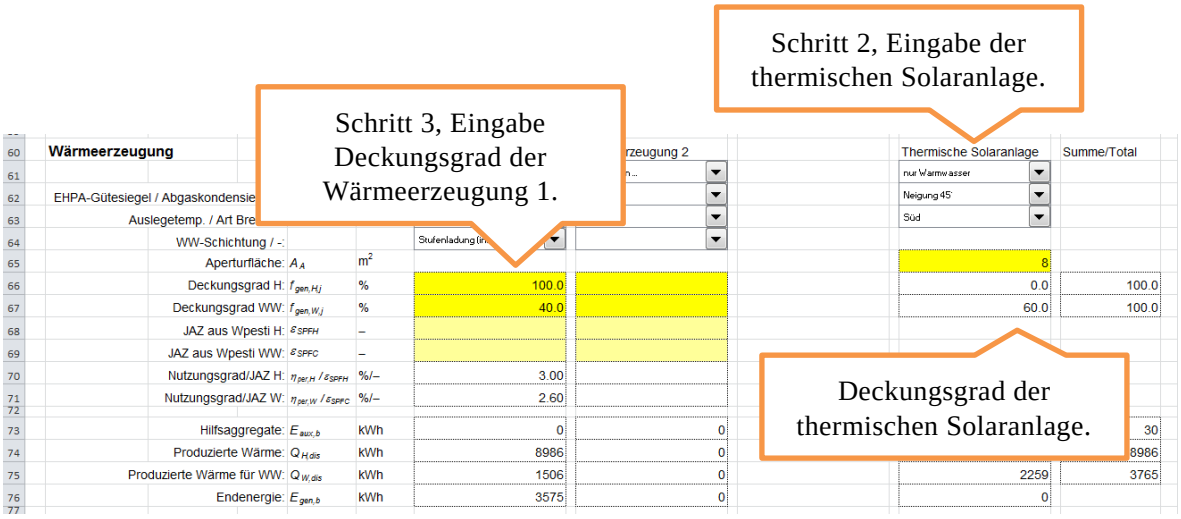

### 4.2.4. Wärmeerzeugung

Im unteren rechten Bereich wird der Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser angegeben. Bei der Heizung sind die Verluste der Verteilung und des Speichers enthalten. In einem ersten Schritt wird die Wärmeerzeugung 1 gemäss Aufgabenstellung gewählt und die Eingaben zu Gütesiegel, Auslegetemperatur der Wärmeabgabe und Warmwasser-Schichtung vervollständigt. Bei der *Auslegetemp.* wird jeweils die höchste vorkommende Temperatur der Heizgruppe gewählt.



Im zweiten Schritt wird die thermische Solaranlage erfasst. Auch hier sind die erforderlichen Eingaben aus der Aufgabenstellung bekannt. Nach der Eingabe der Aperturfläche wird der Deckungsgrad der thermischen Solaranlage ersichtlich.

Im dritten Schritt werden beim Wärmeerzeuger 1 die Deckungsgrade angegeben. Diese müssen zusammen mit dem Deckungsgrad der thermischen Solaranlage immer 100% ergeben.




| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Wärmeerzeugung** | | | | Thermische Solaranlage | Summe/Total |
| EHPA-Gütesiegel / Abgaskondensie | | | | nur Warmwasser | |
| Auslegetemp. / Art Bre | | | | Neigung 45 | |
| WW-Schichtung / -: | | Stufenladung (m | | Süd | |
| Aperturfläche: | $A_A$ | $m^2$ | | 8 | |
| Deckungsgrad H: | $f_{gen,H,j}$ | % | 100.0 | 0.0 | 100.0 |
| Deckungsgrad WW: | $f_{gen,W,j}$ | % | 40.0 | 60.0 | 100.0 |
| JAZ aus Wpesti H: | $\varepsilon_{SPFH}$ | – | | | |
| JAZ aus Wpesti WW: | $\varepsilon_{SPFC}$ | – | | | |
| Nutzungsgrad/JAZ H: | $\eta_{per,H}$ / $\varepsilon_{SPFH}$ | %/– | 3.00 | | |
| Nutzungsgrad/JAZ W: | $\eta_{per,W}$ / $\varepsilon_{SPFC}$ | %/– | 2.60 | | |
| Hilfsaggregate: | $E_{aux,b}$ | kWh | 0 | 0 | 30 |
| Produzierte Wärme: | $Q_{H,dis}$ | kWh | 8986 | 0 | 8986 |
| Produzierte Wärme für WW: | $Q_{W,dis}$ | kWh | 1506 | 0 | 2259 | 3765 |
| Endenergie: | $E_{gen,b}$ | kWh | 3575 | 0 | 0 | |

Im letzten Schritt kann der *Anteil* beim *Wärmeverteiler 1* angepasst werden. Dazu wird die Wärmemenge der thermischen Solaranlage durch den gesamten Wärmebedarf geteilt.

$$f = 1 - \frac{Q_{s,H} + Q_{s,W}}{Q_{H,dis} + Q_{W,dis}} = 1 - \frac{0\ kWh + 2259\ kWh}{8986\ kWh + 3765\ kWh} = 82\%$$

Darin bedeuten:

$Q_{H,dis}$ Wärmebedarf der Heizungsanlage (Heizwärmebedarf plus Verluste), in kWh
$Q_{W,dis}$ Wärmebedarf der Wassererwärmungsanlage (inkl. Verteil- und Speicherverluste), in kWh
$Q_{s,H}$ Ertrag der Solaranlage für Heizung, in kWh
$Q_{s,W}$ Ertrag der Solaranlage für Warmwasser, in kWh

### 4.2.5. Resultate

Im letzten Abschnitt werden die Resultate nach Energiequelle dargestellt. Die Summe des Gebäudes wird pro $m^2$ EBF angegeben.

| | | el. Energie | Pellets | Holzschnitzel | Stückholz | Öl | Gas |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Endenergie (Wärme) | kWh | 3990 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Hilfsenergie | kWh | 76 | | | | | |
| Faktor* | – | 3.05 | 1.22 | 1.14 | 1.06 | 1.24 | 1.12 |
| **Primärenergie** | kWh | 12403 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Faktor* | kg/kWh | 0.149 | 0.037 | 0.011 | 0.013 | 0.298 | 0.237 |
| **Treibhausgase** | kg | 605.94 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nationaler Gewichtungsfaktor | – | 2.0 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 1.0 | 1.0 |
| **gewichtete Energie** | kWh | 8133 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

* Faktoren aus Norm SIA 416/1, Tabellen C.1 und D.2

| **Summe Gebäude** | | | |
|---|---|---|---|
| **Primärenergiekennzahl** | $E_P$ | **kWh/m²** | 53.7 |
| **Treibhausgasemissionskennzahl** | $M_{CO2}$ | **kg/m²** | 2.62 |
| **Energiekennzahl** | $E_P$ | **kWh/m²** | 35.2 |

**Einschränkungen**
Leistung bis 2000kW
Keine verbundenen Systeme
Speichervolumen bis 15m3

## 4.3. Beispielgebäude MFH - Aufgabe

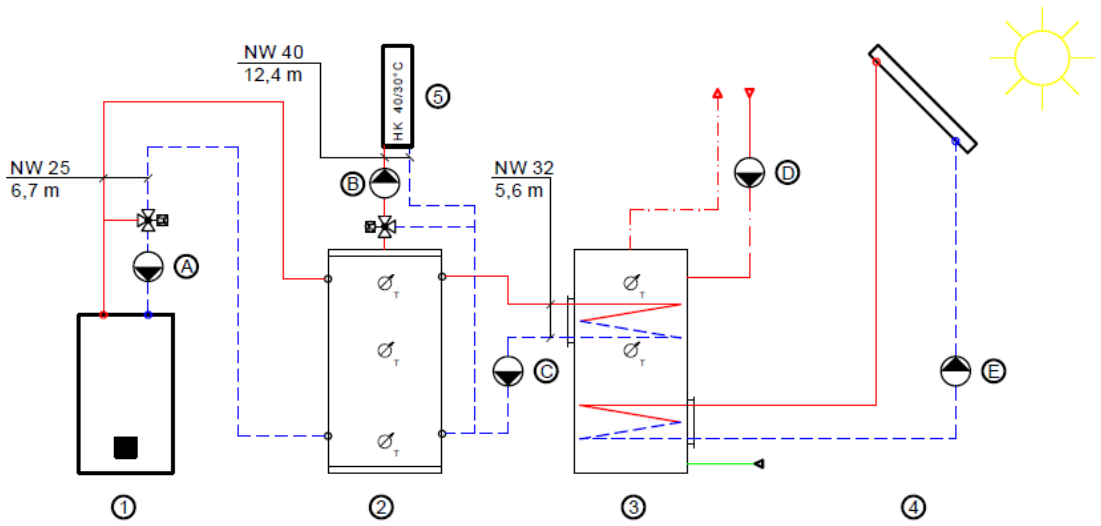
### Gebäudedaten

Gebäudekategorie: MFH
Standort: 7270 Arosa GR (Klimastation Davos)
Höhe: 1‘560 m ü.M.

### Energetische Kennzahlen (nach SIA 380/1)

| | | |
|---|---|---|
| Energiebezugsfläche | $A_E$: | 603 m$^2$ |
| Heizwärmebedarf | $Q_h$: | 201 kWh/m$^2$ |
| Wärmebedarf Warmwasser | $Q_{WW}$: | 25.7 kWh/m$^2$ |

### Schema




| Nr. | Beschrieb | Nr. | Beschrieb |
|---|---|---|---|
| 1 | Wärmeerzeuger Pellets<br>nicht kondensierend, modulierend | A | Hauptpumpe, NW 25, 4000 Std.,<br>Länge unkond. 6.7 m |
| 2 | Speicher<br>800 l, 65°C / 30°C | B | Heizkörper, NW 40, 2700 Std.,<br>Länge unkond. 12.4 m, Energieklasse A |
| 3 | Wassererwärmer 1200 l<br>Ladepumpe: VL 65°C / RL 55°C | C | Wassererwärmer, NW 32, 2000 Std.,<br>Länge unkond. 5.6 m Energieklasse B: |
| 4 | Thermische Solaranlage<br>13 m$^2$, 45°, Südausrichtung | D | Zirkulationspumpe Sanitär,<br>7 Watt, 6570 Std., Energieklasse B |
| 5 | Gruppe Heizkörper<br>VL 40°C / RL 30°C | E | Umwälzpumpe Solar<br>Energieklasse A |

### Anlagebeschrieb

Die Wärmeerzeugung erfolgt durch eine Pelletheizung. Das Warmwasser wird primär durch die Solaranlage erzeugt, reicht die Sonnenenergie nicht aus, wird die Wärme von der Pelletheizung bezogen. Die Wärmezentrale mit der Wassererwärmung befindet sich ausserhalb des Dämmperimeters (Raumtemperatur 15°C). Wärmeleitfähigkeit der Wärmedämmung ist 0.03 W/(mK). Die Wärmeverluste für Warmwasser betragen 18% von $Q_{WW}$ und müssen noch dazu addiert werden.

## 4.4. Beispielgebäude MFH – Lösung

In Abweichung zum EFH aus dem ersten Beispiel verfügt das MFH über eine Pellet-Wärmeerzeugung mit einer Hauptpumpe und je einer Umwälzpumpe für Warmwasser und Heizung. Weiter ist ein Wärmespeicher vorhanden und die Wärmeabgabe erfolgt über Heizkörper.

### 4.4.1. Gebäudedaten

Die Gebäudedaten werden gemäss der Aufgabenstellung angepasst. Für das Gebäude in Arosa wurde die Klimastation Davos gewählt. Das Gebäude steht auf 1560 m ü.M. und verfügt über eine Gebäudezone. Die Wärmeverluste Warmwasser werden mit 18%, der Strombedarf für die Zirkulationspumpe wird mit 0.007 kW * 6570 Std. /603 $m^2$ EBF berücksichtigt (als Formel im Excel eingeben).

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Gebäudedaten** | Klimastation: | | Davos | | | | |
| | Standorthöhe: $h$ | m ü.M. | 1560 | | | | |
| | | | | | Zone 3 | Zone 4 | Summe/Mittelwert |
| | Bezeichnung: | | | | | | |
| | Gebäudekategorie | | | | Bitte wählen ... | Bitte wählen ... | |
| | EBF: | | | | | | 603 |
| | Heizwärmebedarf: $Q_h$ | | | | | | 201.0 |
| | Wärmebedarf WW (Norm SIA 380/1): $Q_{WW}$ | kWh/$m^2$ | 30.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| | Wärmebedarf WW (eigene Berechnung): $Q_{WW}$ | kWh/$m^2$ | 30.3 | | | | |
| | El.Endenergie WW (eigene Berechnung): $E_{gen,WW}$ | kWh/$m^2$ | | | | | 0.0 |
| | Hilfsenergie WW (eigene Berechnung): $E_{aux,WW}$ | kWh/$m^2$ | 0.08 | | | | 0.08 |
| | Wärmebedarf WW (für Berechnung): $Q_{WW}$ | kWh/$m^2$ | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 30.3 |

Wärmebedarf Warmwasser (25.7 kWh/$m^2$*1.18)

Hilfsenergie Zirkulationspumpe

### 4.4.2. Wärmeverteilung

In diesem Beispiel sind neben der Hauptpumpe zwei Heizgruppen vorhanden. Die Reihenfolge der Wärmeverteilungen kann frei gewählt werden. Wichtig ist, dass die *Verteilung für* richtig ausgewählt wird. Wie schon bei der Hauptpumpe hängt der *Anteil* für Heizung und Warmwasser vom Deckungsgrad der thermischen Solaranlage ab. Die Eingabe muss nach der Definition der Solaranlage angepasst werden.

| **Wärmeverteilung** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Wärmeverteilung 1 | Wärmeverteilu | | | |
| Bezeichnung: | | | Hauptpumpe A | Gruppenpump | | | |
| Art der Verteilung: | | | Hauptpumpe (HP) | Gruppenpumpe, HI | | | |
| Wärmeabgabe: | | | | Heizkörper | | | |
| Energieklasse Pumpe: | | | | Effizienzklasse A | Effizienzklasse ... | | |
| Anteil: | $f$ | % | 94 | 100 | 51.4 | | |
| Vorlauftemp.: | $\theta_{su}$ | °C | 65 | 40 | 65 | | |
| Rücklauftemp: | $\theta_{ret}$ | °C | 30 | 30 | 55 | | |
| Länge im unkond. Raum: | $l_{dis}$ | m | 6.7 | 12.4 | 5.6 | | |
| Temp. unkond. Raum: | $\theta_j$ | °C | 15 | 15 | 15 | | |
| Betriebsstunden: | $t_{an}$ | h | 4000 | 2700 | 2000 | | |
| Wärmeleitfähigkeit: | $\lambda$ | W/(mK) | 0.03 W/(mK) | 0.03 W/(mK) | 0.03 W/(mK) | | |
| Rohrnennweite: | $d$ | mm | 25 | 40 | 32 | | |
| Wärmebedarf: | $Q_h$ / $Q_{WW}$ | kWh | 131105 | 121203 | 9391 | 0 | |
| Wärmeverlust: | $Q_{ls,dis}$ | kWh | 131 | 107 | 86 | 0 | 323 |
| Hilfsenergie: | $E_{aux,dis}$ | kWh | 175 | 448 | 23 | 0 | 646 |

Der Anteil für das Warmwasser ist von der thermischen Solaranlage abhängig.

Eingabe der Gruppen-pumpe Heizung.

Eingabe der Gruppen-pumpe Warmwasser.

Die Wärmezentrale befindet sich ausserhalb des Dämmperimeters, die Wärmeverluste der Leitungen in diesem Bereich müssen daher berücksichtigt werden. Die genauen Eingaben sind im Beispiel vorhanden.

### 4.4.3. Wärmespeicher

Der 800 l grosse Speicher befindet sich ebenfalls ausserhalb des Dämmperimeters. Daher muss der Wärmeverlust des Speichers berücksichtigt werden.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Wärmespeicher** | | | | |
| Wärmespeicher vorhanden? | | | Speicher ausserhalb Dämmperimeter | Wird eine thermische Solaranlage mit Heizungsunterstützung verwendet muss ein Wärmespeicher gewählt werden. Für eine thermische Solaranlage nur für Warmwasser ist kein Wärmespeicher erforderlich. |
| Volumen: | $V_{sto}$ | $m^3$ | 0.8 | max. $15 m^3$ |
| Temp.Diff. Speicher zu Umgebung: | $\Delta\theta_{avg}$ | K | 50 | |
| Wärmeverlust: | $Q_{sto,ls}$ | kWh | 1106 | |

### 4.4.4. Wärmeerzeugung

Die Eingabe der Wärmeerzeugung und der thermischen Solaranlage sind in der Aufgabenstellung beschrieben. Sind alle Eingaben korrekt erfasst worden, können die Anteile der Hauptpumpe und der Heizgruppen angepasst werden.

| **Wärmeerzeugung** | | | Wärmeerzeugung 1 | Wärmeerzeugung 2 | | Thermische Solaranlage | Summe/Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Pellets | Bitte wählen ... | | nur Warmwasser | |
| EHPA-Gütesiegel / Abgaskondensierend: | | | ohne Abgaskon. | | | Neigung 45° | |
| Auslegetemp. / Art Brenner: | | | Brenner modulierend | | | Süd | |
| WW-Schichtung / -: | | | | | | | |
| Aperturfläche: | $A_A$ | $m^2$ | | | | 13 | |
| Deckungsgrad H: | $f_{gen,H,j}$ | % | 100.0 | | | 0.0 | 100.0 |
| Deckungsgrad WW: | $f_{gen,W,j}$ | % | 51.4 | | | 48.6 | 100.0 |
| JAZ aus Wpesti H: | $\varepsilon_{SPFH}$ | – | | | | | |
| JAZ aus Wpesti WW: | $\varepsilon_{SPFC}$ | – | | | | | |
| Nutzungsgrad/JAZ H: | $\eta_{per,H}$ / $\varepsilon_{SPFH}$ | %/– | 0.70 | | | | |
| Nutzungsgrad/JAZ W: | $\eta_{per,W}$ / $\varepsilon_{SPFC}$ | %/– | 0.65 | | | | |
| Hilfsaggregate: | $E_{aux,b}$ | kWh | 1542 | 0 | Hauptpumpe: | 36 | 1578 |
| Produzierte Wärme: | $Q_{H,dis}$ | kWh | 122632 | 0 | | 0 | 122632 |
| Produzierte Wärme für WW: | $Q_{W,dis}$ | kWh | 9391 | 0 | | 8885 | 18271 |
| Endenergie: | $E_{gen,b}$ | kWh | 189637 | 0 | | 0 | |

### 4.4.5. Resultate

| | | el. Energie | Pellets | Holzschnitzel | Stückholz | Öl | Gas |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Endenergie (Wärme) | kWh | 0 | 189637 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Hilfsenergie | kWh | 2272 | | | | | |
| Faktor* | – | 3.05 | 1.22 | 1.14 | 1.06 | 1.24 | 1.12 |
| **Primärenergie** | kWh | 6930 | 231357 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Faktor* | kg/kWh | 0.149 | 0.037 | 0.011 | 0.013 | 0.298 | 0.237 |
| **Treibhausgase** | kg | 338.57 | 7016.56 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nationaler Gewichtungsfaktor | – | 2.0 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 1.0 | 1.0 |
| **gewichtete Energie** | kWh | 4545 | 132746 | 0 | 0 | 0 | 0 |

* Faktoren aus Norm SIA 416/1, Tabellen C.1 und D.2

| **Summe Gebäude** | | | |
|---|---|---|---|
| **Primärenergiekennzahl** | $E_P$ | **kWh/m²** | 395.2 |
| **Treibhausgasemissionskennzahl** | $M_{CO2}$ | **kg/m²** | 12.20 |
| **Energiekennzahl** | $E_P$ | **kWh/m²** | 227.7 |

**Einschränkungen**
Leistung bis 2000kW
Keine verbundenen Systeme
Speichervolumen bis 15m3

## 4.5. Beispielgebäude Verwaltung - Aufgabe

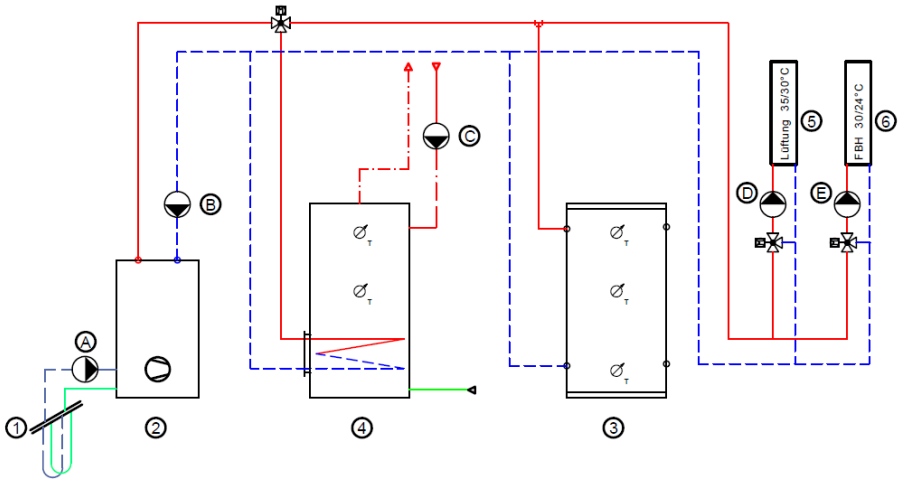
### Gebäudedaten

Gebäudekategorie: Verwaltung
Standort: 8000 Zürich
Höhe: 516 m ü.M.

### Energetische Kennzahlen (nach SIA 380/1)

| | | |
|---|---|---|
| Energiebezugsfläche | $A_E$: | 1‘516 m$^2$ |
| Heizwärmebedarf | $Q_{h,eff}$: | 8.8 kWh/m$^2$ |
| Transmissionswärmeverlust | $Q_T$ | 36.9 kWh/m$^2$ |
| Lüftungswärmeverluste | $Q_{V,eff}$ | 7.8 kWh/m$^2$ |
| Wärmebedarf Warmwasser | $Q_{WW}$: | 4.9 kWh/m$^2$ |

### Schema




| Nr. | Beschrieb | Nr. | Beschrieb |
|---|---|---|---|
| 1 | Erdsondenfeld<br>2 x 180m | A | Umwälzpumpe Erdsonden<br>Energieklasse A |
| 2 | Erdsonden-Wärmepumpe mit Gütesigel,<br>CTA, S/W Optiheat 18e, 16.3 kW | B | Hauptpumpe |
| 3 | Technischer Speicher 1000 l<br>Temperaturdifferenz 17 K | C | Zirkulationspumpe Sanitär,<br>6 Watt, 6570 Std. |
| 4 | Wassererwärmer, Stufenladung<br>400 l | D | Umwälzpumpe Gruppe Lüftung<br>Energieklasse A |
| 5 | Gruppe Lüftung<br>VL 35°C / RL 30°C | E | Umwälzpumpe Gruppe FBH<br>Energieklasse A |
| 6 | Gruppe Fussbodenheizung<br>VL 30°C / RL 24°C | | |

### Anlagebeschrieb

Die Heizwärme wird in einer Grundlast (70%) über die Fussbodenheizung verteilt. Die übrige Wärme (30%) wird über das Lüftungssystem verteilt. Die Sonne wird genutzt, um Strom für die Bürogeräte zu erzeugen. Die Wärmezentrale liegt im Dämmperimeter. Die Wärmeverluste für Warmwasser betragen 20% von $Q_{WW}$ und müssen noch dazu addiert werden.

## 4.6. Beispielgebäude Verwaltung - Lösung

Die Eingaben wurden in den vorangegangenen Beispielen erläutert und werden hier nicht weiter kommentiert. In Abweichung zu den vorangegangenen Beispielen wird aber die JAZ mit dem WPesti berechnet.

### 4.6.1. Gebäudedaten

| **Gebäudedaten** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Klimastation: | | | Zürich-MeteoSchweiz | | | | |
| Standorthöhe: | $h$ | m ü.M. | 516 | | | | |
| | | | Zone 1 | Zone 2 | Zone 3 | Zone 4 | Summe/Mittelwert |
| Bezeichnung: | | | | | | | |
| Gebäudekategorie | | | Verwaltung | Bitte wählen ... | Bitte wählen ... | Bitte wählen ... | |
| EBF: | $A_E$ | $m^2$ | 1516 | | | | 1516 |
| Heizwärmebedarf: | $Q_h$ | $kWh/m^2$ | 8.8 | | | | 8.8 |
| Wärmebedarf WW (Norm SIA 380/1): | $Q_{WW}$ | $kWh/m^2$ | 6.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| Wärmebedarf WW (eigene Berechnung): | $Q_{WW}$ | $kWh/m^2$ | 5.9 | | | | |
| El.Endenergie WW (eigene Berechnung): | $E_{gen,WW}$ | $kWh/m^2$ | | | | | 0.0 |
| Hilfsenergie WW (eigene Berechnung): | $E_{aux,WW}$ | $kWh/m^2$ | 0.03 | | | | 0.03 |
| Wärmebedarf WW (für Berechnung): | $Q_{WW}$ | $kWh/m^2$ | 5.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.9 |

### 4.6.2. Wärmeverteilung

| **Wärmeverteilung** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Wärmeverteilung 1 | Wärmeverteilung 2 | Wärmeverteilung 3 | Wärmeverteilung 4 | Summe/Total |
| Bezeichnung: | | | | | | | |
| Art der Verteilung: | | | Hauptpumpe (HP) | Gruppenpumpe, HP sep. | Gruppenpumpe, HP sep. | Bitte wählen ... | |
| Wärmeabgabe: | | | | Fussboden | Luftregister | | |
| Energieklasse Pumpe: | | | | Effizienzklasse A | Effizienzklasse A | | |
| Anteil: | $f$ | % | 100 | 70 | 30 | | |
| Vorlauftemp.: | $\theta_{su}$ | °C | | 30 | 35 | | |
| Rücklauftemp: | $\theta_{ret}$ | °C | | | | | |
| Länge im unkond. Raum: | $l_{dis}$ | m | | | | | |
| Temp. unkond. Raum: | $\theta_j$ | °C | | | | | |
| Betriebsstunden: | $t_{an}$ | h | | | | | |
| Wärmeleitfähigkeit: | $\lambda$ | W/(mK) | 0.03 W/(mK) | 0.03 W/(mK) | 0.03 W/(mK) | | |
| Rohrnennweite: | $d$ | mm | 10 | 10 | 10 | | |
| Wärmebedarf: | $Q_h$ / $Q_{WW}$ | kWh | 22255 | 9339 | 4002 | 0 | |
| Wärmeverlust: | $Q_{ls,dis}$ | kWh | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Hilfsenergie: | $E_{aux,dis}$ | kWh | 75 | 58 | 14 | 0 | 147 |

### 4.6.3. Wärmespeicher

| **Wärmespeicher** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Wärmespeicher vorhanden? | | | Heizungsspeicher im Dämmperimeter | |
| Volumen: | $V_{sto}$ | $m^3$ | 1 | max. $15m^3$ |
| Temp.Diff. Speicher zu Umgebung: | $\Delta\theta_{avg}$ | K | 17 | |
| Wärmeverlust: | $Q_{sto,ls}$ | kWh | 0 | |

Wird eine thermische Solaranlage mit Heizungsunterstützung verwendet muss ein Wärmespeicher gewählt werden. Für eine thermische Solaranlage nur für Warmwasser ist kein Wärmespeicher erforderlich.

## 4.6.4. Wärmeerzeugung

Wird *JAZ aus WPesti* gewählt, werden für die Berechnung die eingegebenen Werte berücksichtig.

| | Wärmeerzeugung | | | Wärmeerzeugung 1 | Wärmeerzeugung 2 | | Thermische Solaranlage | Summe/Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | JAZ aus Wpesti H: | Bitte wählen ... | | Bitte wählen ... | |
| | EHPA-Gütesiegel / Abgaskondensierend: | | | | | | | |
| | Auslegetemp. / Art Brenner: | | | | | | | |
| | WW-Schichtung / -: | | | | | | | |
| | Aperturfläche: | $A_A$ | $m^2$ | | | | | |
| | Deckungsgrad H: | $f_{gen,H,i}$ | % | 100 | | | 0 | 100 |
| | Deckungsgrad WW: | $f_{gen,W,i}$ | % | 100 | | | 0 | 100 |
| | JAZ aus Wpesti H: | $\varepsilon_{SPFH}$ | – | 4.13 | | | | |
| | JAZ aus Wpesti WW: | $\varepsilon_{SPFC}$ | – | 2.59 | | | | |
| | Nutzungsgrad/JAZ H: | $\eta_{per,H}$ / $\varepsilon_{SPFH}$ | %/– | 4.13 | | | | |
| | Nutzungsgrad/JAZ W: | $\eta_{per,W}$ / $\varepsilon_{SPFC}$ | %/– | | | | | |
| | Hilfsaggregate: | $E_{aux,b}$ | kWh | | | auptpumpe: | 0 | 0 |
| | Produzierte Wärme: | $Q_{H,dis}$ | kWh | | | | 0 | 13341 |
| | Produzierte Wärme für WW: | $Q_{W,dis}$ | kWh | | | | 0 | 8914 |
| | Endenergie: | $E_{gen,b}$ | kWh | 6672 | 0 | | 0 | |

Manuelle Eingabe der JAZ.

## 4.6.5. Resultate

| | | | el. Energie | Pellets | Holzschnitzel | Stückholz | Öl | Gas |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Endenergie (Wärme) | kWh | | 6672 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Hilfsenergie | kWh | | 187 | | | | | |
| Faktor* | – | | 3.05 | 1.22 | 1.14 | 1.06 | 1.24 | 1.12 |
| **Primärenergie** | kWh | | 20921 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Faktor* | kg/kWh | | 0.15 | 0.037 | 0.011 | 0.013 | 0.298 | 0.237 |
| **Treibhausgase** | kg | | 1028.88 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| nationaler Gewichtungsfaktor | – | | 2.0 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 1.0 | 1.0 |
| **gewichtete Energie** | kWh | | 13718 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

* Faktoren aus Norm SIA 416/1, Tabellen C.1 und D.2

| **Summe Gebäude** | | | |
|---|---|---|---|
| **Primärenergiekennzahl** | $E_P$ | **kWh/m²** | 13.8 |
| **Treibhausgasemissionskennzahl** | $M_{CO2}$ | **kg/m²** | 0.68 |
| **Energiekennzahl** | $E_P$ | **kWh/m²** | 9.0 |

**Einschränkungen**
Leistung bis 2000kW
Keine verbundenen Systeme
Speichervolumen bis 15m3

### 4.6.6. WPesti-Berechnung

**Wärmepumpen-Berechnungsblatt WPesti**

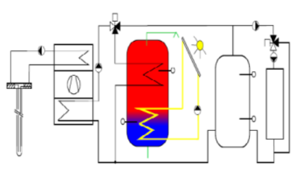
WPesti / V 8.0.6b / 07.12.2012
gültig bis 31.12.2013

**Projekt:**

**Beispiel Verwaltung**

| **Gebäudedaten** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Klimastation | | | | Zürich SMA |
| Gebäudekategorie | | | | Verwaltung |
| Energiebezugsfläche EBF | | $A_E$ | $m^2$ | 1'516 |
| Heizwärmebedarf nach SIA 380/1 | | $Q_{h,eff}$ | kWh/m2a | 9 |
| Transmissionswärmeverluste nach SIA 380/1 | | $Q_T$ | kWh/m2a | 37 |
| Lüftungswärmeverluste nach SIA 380/1 | | $Q_V$ | kWh/m2a | 8 |
| Heizung: Zusätzliche Verteilverluste | | | % | 0% |
| Sperrzeiten für Wärmepumpe | | | h/d | 2 |
| Heizleistungsbedarf ohne Warmwasser bei -8°C | Vorschlagswert: | 19.9 | kW | 16.3 |
| Warmwasserbedarf nach SIA 380/1 | | $Q_{ww}$ | kWh/m2a | 8.3 |
| Warmwasser: Zusätzliche Speicher- und Verteilverluste | | | % | 0% |

| **Wärmepumpen-Anlage** | | WP-Liste | *Hersteller:* | CTA |
|---|---|---|---|---|
| Name und Typ der Wärmepumpe: | | | *Typ:* | S/W Optiheat 18e |
| Wärmequelle: | | | Erdsonden-Wärmepumpe einstufig | |
| Einsatz (Heizung oder Warmwasser): | | | Heizung + Warmwasser | |
| Heizungsspeicher | | | mit Heizungs - Speicher | |
| Betriebsweise der Wärmepumpen-Anlage: | | | monovalenter Betrieb Heizung | |



| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Quellentemperatur: | °C | | | | | 0 |
| Rechenwerte bei TVL=35°C(Qh/COP): | °C | | | | | 19.6kW / 4.5 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Elektrische Leistungsaufnahme Solepumpe: | | | | W | 80 |
| Erdwärmesonden: | Anzahl: | 2 | Länge: | m | 180 |
| Auslegungs-Sondentemperatur (optional, aus externer Berechnung in Beilage) | | | *1.4* | °C | |
| Grösse Heizungsspeicher | | | | Liter | 1000 |
| Solltemperatur wärmster Raum (z.B. Badezimmer) | | | Ti,soll | °C | 21 |
| Vorlauftemperatur der Heizung: (Ta = -8°C) | | | T VL | °C | 35 |
| Rücklauftemperatur der Heizung: (Ta = -8°C) | | | T RL | °C | 24 |
| Differenz Speichertemperatur - Vorlauftemperatur Heizung | | | dT Speicher | °C | 3 |
| elektrische Zusatzheizung Warmwasser: | | | kein Elektro-Heizstab | | |
| garantierte Warmwassertemperatur ohne Elektroheizstab: | | | | °C | 60 |
| Warmwasser-Zirkulation / Begleitheizband | | WW-Zirkulation | | | |
| **Solaranlage** | | auswählen -> | | | |

| **Resultate** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ungedeckter Wärmebedarf Heizung | ε = | 0.0% | | |
| Verluste im Heizbetrieb (Anfahren, Speicher, etc.) | | 4% | Etah = | 96% |
| Verluste im WW-Betrieb (Anfahren, Speicher, etc.) | | 6% | Etaw = | 94% |
| Laufzeit der Wärmepumpe | | | h / a | 1'410 |
| Anteil und JAZ der Wärmepumpe für die Heizung | ε = | 100.0% | $JAZ_h$ = | 4.13 |
| Anteil und JAZ der Wärmepumpe für Warmwasser | ε = | 100.0% | $JAZ_{ww}$ = | 2.59 |
| Jahresarbeitszahl Heizung + Warmwasser JAZh+ww: | exkl. el. Zusatz | | - | 3.21 |

## 5. Literaturverzeichnis

[1] Norm SIA 380/1, Thermische Energie im Hochbau
SIA Schweizerischer Ingenieuren und Architektenverband
2009

[2] Norm SIA 382/1, Lüftungs- und Klimaanlagen – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen
SIA Schweizerischer Ingenieuren und Architektenverband
2007

[3] Norm SIA 382/2, Klimatisierte Gebäude – Leistungs- und Energiebedarf
SIA Schweizerischer Ingenieuren und Architektenverband
2011

[4] Norm SIA 384/1, Heizungsanlagen in Gebäuden – Grundlagen und Anforderungen
SIA Schweizerischer Ingenieuren und Architektenverband
2009

[5] Norm SIA 384.201, Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast
SIA Schweizerischer Ingenieuren und Architektenverband
2003

[6] Norm SIA 384/3, Heizungsanlagen in Gebäuden – Energiebedarf
SIA Schweizerischer Ingenieuren und Architektenverband
2013

[7] Norm SIA 385/1, Anlagen für Trinkwarmwasser in Gebäuden – Grundlagen und Anforderungen
SIA Schweizerischer Ingenieuren und Architektenverband
2011

[8] Norm SIA 385/2 (Vernehmlassung), Anlagen für Trinkwarmwasser in Gebäuden – Warmwasserbedarf, Gesamtanforderungen und Auslegung
SIA Schweizerischer Ingenieuren und Architektenverband
Februar 2012

[9] Norm SIA 416/1 (Vernehmlassung), Kennzahlen für die Gebäudetechnik
SIA Schweizerischer Ingenieuren und Architektenverband
2013

[10] SIA Merkblatt 2028, Klimadaten für Bauphysik, Energie- und Gebäudetechnik
SIA Schweizerischer Ingenieuren und Architektenverband
2008

[11] SIA Merkblatt 2044, Klimatisierte Gebäude – Standard-Berechnungsverfahren für den Leistungs- und Energiebedarf
SIA Schweizerischer Ingenieuren und Architektenverband
2011