

TOOL WIRTSCHAFTLICHKEIT EWS

Erstellt von Andri Bargetzi

Datum 21.06.2012

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	2
2. EINGABE DURCH DEN BENUTZER	2
2.1. EIGABEGRÖSSEN FÜR DIE BERECHNUNG DES HEIZENERGIEBEDARFS	2
2.2. EINGABEGRÖSSEN FÜR DIE WIRTSCHAFTLICHKEITSRECHNUNG.....	2
2.3. BERECHNETE ANLAGEDATEN	3
3. BERECHNUNGEN	5
3.1. HEIZENERGIEBEDARF	5
3.2. ENERGIEBILANZ	5
3.3. KOSTENRECHNUNG	6
4. GRAPHISCHE AUSGABE	6

1. EINLEITUNG

Dieser Bericht dokumentiert das Tool „Wirtschaftlichkeitsberechnung von Erdwärmesondenanlagen in Kombination mit Solaranlagen“. Einerseits soll er aufzeigen, welche Berechnungen im Tool durchgeführt werden, andererseits werden die Quellen von gewissen Grössen angegeben.

Das Tool soll eine einfache Hilfe zur Berechnung der jährlichen Kosten einer kleinen Erdwärmesondenanlage (5-20 kW) bereitstellen. Dabei werden sechs verschiedene Möglichkeiten in Betracht gezogen: Eine Standardanlage (EWS_{STD}) und eine optimierte Anlage (EWS_{OPT}), welche tiefer ist und eine bessere Hinterfüllung sowie eine höhere Jahresarbeitszahl besitzt, mit der Möglichkeit jeweils entweder eine thermische Sonnenkollektoranlage (SK) oder eine Photovoltaikanlage (PV) in der Berechnung mit einzubeziehen.

2. EINGABE DURCH DEN BENUTZER

2.1. Eingabegrößen für die Berechnung des Heizenergiebedarfs

Für einen Neubau, muss der Heizenergiebedarf nach der SIA-Norm 380/1 berechnet werden. Dieser kann direkt ins Tool eingetragen werden. Um den Heizenergiebedarf eines bestehenden Gebäudes bei einem Wechsel zu einer Wärmepumpenheizung zu berechnen, benötigt das Tool einige Angaben des Benutzers, diese sind hier aufgelistet:

- *Haustyp*: Hier kann der Benutzer angeben ob es sich um ein Einfamilienhaus oder ein Mehrfamilienhaus handelt.
- *Anzahl Personen im Haushalt*
- *Wohnfläche netto beheizt*: Die effektive totale Wohnfläche (ohne Wände) welche durch die Heizungsanlage beheizt wird. Dies kann auch Nebenräume (Keller, ...) mit einschliessen.
- *Heizart bisher*: Hier kann die bisherige Heizanlage angegeben werden. Zur Verfügung stehen Holz, Gas, Öl und Elektro direkt.
- *Warmwasseraufbereitung*: Ermittelt ob das warme Wasser mit der Heizanlage oder per Elektroboiler aufbereitet wird.
- *Verbrauch Jahr 1-Jahr 4*: Hier wird der Rohstoffverbrauch der angegebenen Heizvariante in der entsprechenden Einheit eingetragen.
- *Verbrauchsart*: Diese Option erscheint nur bei der Auswahl von „Elektro direkt“ als Heizmethode. Es wird angegeben ob es sich beim angegebenen Stromverbrauch um den Verbrauch der Heizung oder den gesamten Stromverbrauch handelt.

2.2. Eingabegrößen für die Wirtschaftlichkeitsrechnung

Im Folgenden sind die benötigten Angaben für die Wirtschaftlichkeitsrechnung aufgelistet. Ebenfalls wird ihre Bedeutung kurz erläutert:

- *Lebensdauer der Anlage*: Gibt die gesamte Lebensdauer der Anlage in Jahren von der Inbetriebnahme bis zum Abriss an.

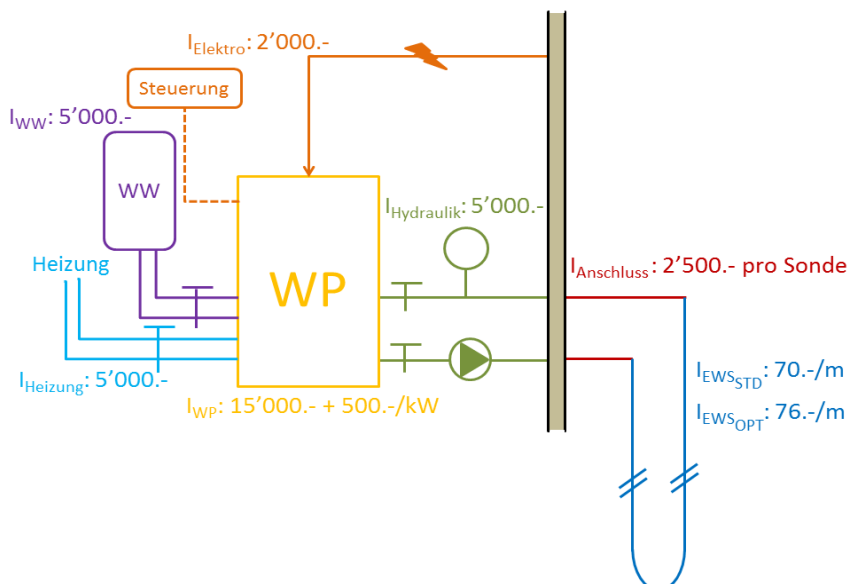
- *Kapitalzinssatz*: Der durchschnittlichen Hypothekarzins der Anlage in Prozent.
- *Wärmebedarf Heizung*: Der gesamte von der Erdwärmesondenanlage geforderte Heizenergiebedarf in kWh pro Jahr. Diese Grösse wird direkt aus der Registerkarte „Heizenergiebedarf“ übernommen und kann nicht verändert werden.
- *Wärmebedarf Warmwasser*: Der gesamte von der Erdwärmesondenanlage geforderte Warmwasserbedarf in kWh pro Jahr. Diese Grösse wird direkt aus der Registerkarte „Heizenergiebedarf“ übernommen und kann nicht verändert werden.
- *Volllaststunden*: Anzahl Stunden während der die Anlage laufen müsste um unter Volllast den Gesamtenergiebedarf für das gesamte Jahr zu liefern. Dieser Wert wird standardmässig als 2000 h vorgeschlagen, kann aber abgeändert werden.
- *Anzahl Sonden*: Anzahl Erdwärmesonden welche an der Wärmepumpe angeschlossen werden.
- *Strompreis Hochtarif*: Der Stromtarif pro kWh welcher normalerweise tagsüber unter der Woche gilt (Beispiel ewz: Montag-Samstag, 6 bis 22 Uhr).
- *Strompreis Niedertarif*: Der Stromtarif pro kWh welcher in der Nacht und am Wochenende verrechnet wird.
- *Fläche Sonnenkollektor*: Geplante Fläche der thermischen Sonnenkollektoranlage in Quadratmetern. (optional)
- *Fläche Photovoltaik*: Geplante Fläche der Photovoltaikanlage in Quadratmetern. (optional)
- *PV für KEV bestätigt*: Ist die Photovoltaikanlage bei Swissgrid registriert und akzeptiert, erhält man eine kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) in der Höhe von 39.9 Rp./kWh (Anlage kleiner als 10 kW, Stand April 2012) oder 36.8 Rp./kWh (Anlage zwischen 10 kW und 20 kW, Stand April 2012). Andernfalls wird der von der Photovoltaikanlage produzierte Strom mit einem speziellen Rückvergütungstarif vergütet. Hier gibt es nur die Optionen „ja“ und „nein“.
- *Rückvergütungstarif PV*: Erhält man keine KEV wird der von der Photovoltaikanlage erzeugte Strom zu diesem Tarif vergütet. Dieser Tarif muss beim Stromversorger angefragt werden.

2.3. Berechnete Anlagedaten

Aus den vom Benutzer eingegebenen Daten werden einige Anlagedaten berechnet sowie einige Standardwerte angenommen. Unter „Berechnete Anlagedaten“ stehen diese Werte in orangenen Kästchen. Falls dem Benutzer genauere Werte vorliegen, kann er diese im daneben stehenden blauen Kästchen eintragen. Die Werte sind hier kurz erläutert:

- *Total Wärmeleistung*: Die total benötigte Wärmeleistung der Wärmepumpe in kW, welche sich aus dem Wärmebedarf der Heizung und dem Wärmebedarf für Warmwasser sowie den Volllaststunden berechnet. Ist dieser Wert grösser als 20kW so gibt das Tool eine Warnung aus, da es nicht für grössere Werte konzipiert ist.

- **JAZ:** Ist die Jahresarbeitszahl der Standard-Erdwärmesondenanlage und der optimierten Anlage, welche über eine höhere JAZ verfügt. Die vorgeschlagenen Werte wurden mit einem Online-JAZ-Rechner¹ mit den folgenden Annahmen berechnet: Neubau, 35°C Vorlauftemperatur, 28°C Rücklauftemperatur, 20% des Gesamtbedarfes ist zu Gunsten Warmwasseraufbereitung, Quelltemperatur 0 °C für Sole und 5 °C für Wasser. Es wurde jeweils die oberste Wärmepumpe jedes Herstellers berücksichtigt und der Mittelwert aus allen Herstellern berechnet.
- **Tiefe:** Ist die Tiefe einer Erdwärmesonde und wird aus dem Wärmebedarf, der Jahresarbeitszahl und der Anzahl Sonden berechnet. In der Praxis muss die Tiefe von einem Ingenieur gemäss Norm ausgelegt werden.
- **Investitionskosten EWS:** Die Kosten welche beim Bau der Erdwärmesondenanlage anfallen. Dies sind Standardwerte gemäss untenstehender Figur und können abgeändert werden. Erhält man für einzelne Komponenten Subventionen, so können diese auch bei den Investitionskosten eingetragen werden. Wird eine optimierte Erdwärmesondenanlage installiert, so werden CHF 800.- für die Sole abgezogen, da von der Nutzung von reinem Wasser als Sondenfluid ausgegangen wird.
- **Investitionskosten SK:** Die Investitionskosten der thermischen Sonnenkollektoranlage wird mit CHF 2'000.- pro installiertem Quadratmeter für eine Anlage der Grösse von ca. 15 m² abgeschätzt². Um auch kleinere Anlagen zu berücksichtigen, wird die Annahme getroffen, dass eine Anlage von 4 m² Fläche CHF 3'000.-pro Quadratmeter kostet. Die übrigen Werte werden linear interpoliert.
- **Investitionskosten PV:** Die Investitionskosten der Photovoltaikanlage wird mit CHF 840.- pro installiertem Quadratmeter abgeschätzt. (Unter der Annahme einer Leistung³ von 120 W/m² und durchschnittlichen Kosten⁴ von CHF 7.-/W)



¹ <http://www.waermepumpe.de/fachpartner/jaz-rechner.html>, 08.06.2012.

² B. Duppenhaller, R. Christen, „Vergleich Solarwärme versus Photovoltaik bezogen auf das Einfamilienhaus in Bützberg BE“, 2012.

³ Berechnet mit der Software Polysun für den Standort Zürich, südliche Ausrichtung und 45 ° Neigung.

⁴ „Photovoltaik (PV) Anlagekosten 2010 in der Schweiz“, Bundesamt für Energie, 2010.

- *Wartungskosten:* Die Kosten welche jährlich für die Wartung der Anlagen anfallen sind ebenfalls Standard-Werte, welche verändert werden können. Bei der Wärmepumpe wird ein Servicevertrag über CHF 400.- pro Jahr angenommen.⁵
- *Leistung PV:* Gibt zur Information die Leistung der Photovoltaikanlage in kW an, wobei davon ausgegangen wird, dass diese 120 W pro Quadratmeter beträgt.
- *Steuerabzug falls Sanierung:* Sollte es sich bei der Installation der Erdwärmesondenanlage nicht um ein Neubauhaus handeln sondern um eine Sanierung, so kann evtl. ein Steuerabzug geltend gemacht werden. Dieser wird auf das Jahr nach dem Bau eingerechnet und mit 20 Prozent vorgeschlagen.

3. BERECHNUNGEN

Aufgrund der Benutzereingaben und der Anlagedaten kann nun sowohl die benötigte Heizleistung sowie eine Energiebilanz als auch eine Kostenrechnung erstellt werden.

3.1. Heizenergiebedarf

Der Energiebedarf für die Heizung und Warmwasseraufbereitung bei einer Sanierung wird nach vollständiger Eingabe der Angaben in 2.1. berechnet. Bei einer Gas- bzw. Elektrodirektheizung erfolgt die Benutzereingabe direkt in kWh. Für Öl⁶- und Holzheizung⁷ werden für die Umrechnung Heizwerte von 10 kWh/l bzw. 4.3 kWh/kg angenommen.

Ebenfalls wird die Energiebezugsfläche sowie die Energiekennzahl Heizung berechnet. Wird bei einer Elektrodirektheizung als Verbrauch der totale Haushalt-Stromverbrauch angegeben, wird von typischen Werten⁸ ausgegangen, welche zur Berechnung der Heizleistung abgezogen werden.

3.2. Energiebilanz

Mit Energiebilanz ist der Energiesaldo des Stromverbrauches der Wärmepumpe gemeint. Davon muss aber allfällige Wärmeproduktion der thermischen Solarkollektoranlage und Stromproduktion durch die Photovoltaikanlage abgezogen werden. Dies funktioniert wie folgt:

1. Als erstes wird die durch die thermische Sonnenkollektoranlage produzierte Wärmemenge pro Jahr bestimmt, wobei davon ausgegangen wird, dass pro Quadratmeter und Jahr 390 kWh gewonnen werden können⁹.
2. Die in 1. berechnete Wärmemenge wird nun von der total benötigten Wärmemenge pro Jahr abgezogen und das ganze durch die Jahresarbeitszahl geteilt, um den Strombedarf der Wärmepumpe zu bestimmen.

⁵ http://www.waltermeier.com/icms/media/download.html?media_id=809, 18.06.2012.

⁶ www.iwo.de/fachwissen/brennstoff, 15.06.2012.

⁷ www.energie.ch/themen/infrastruktur/zielwert/heizwert.htm, 15.06.2012.

⁸ J. Nipkow, S. Gasser, E. Bush, « Der typische Haushalt-Stromverbrauch », Bulletin SVE 19/07, 2007.

⁹ Berechnet mit der Software Polysun für 12 m² Kollektorfläche am Standort Zürich, südliche Ausrichtung und 45 ° Neigung.

3. Davon ausgehend, dass die Photovoltaikanlage 950 Sonnenstunden pro Jahr ausgesetzt ist, wird die Stromproduktion berechnet und von dem von der Wärmepumpe benötigten Strom abgezogen um den Saldo des Stromverbrauches zu erhalten.

3.3.Kostenrechnung

Nun können die jährlichen Kosten der Gesamtanlage berechnet werden. Die geschieht folgendermassen:

1. Aufgrund des Kapitalzinssatzes und der Lebensdauer der Anlage kann ein Annuitätsfaktor a berechnet werden:

$$a = \frac{i}{1 - \frac{1}{(i+1)^n}}$$

wobei i den Kapitalzinssatz und n die Anzahl Jahre bezeichnet.

2. Den Annuitätsfaktor multipliziert man nun mit den totalen Investitionskosten abzüglich den Subventionen.
3. Die Stromkosten werden aus dem jährlichen Stromverbrauch berechnet und addiert. Dabei werden $\frac{2}{3}$ zum Niedertarif und $\frac{1}{3}$ zum Hochtarif verrechnet.
4. Den Ertrag aus der Stromproduktion der Photovoltaikanlage zieht man nun ab. Ist die Photovoltaikanlage KEV-berechtigt, werden die in 2.2. aufgelisteten Beträge vergütet ansonsten der spezielle Vergütungstarif.
5. Letztendlich werden noch die Wartungskosten addiert womit man dann die jährlichen Kosten kennt.
6. Die Betriebskosten in Franken pro Monat umfassen nur Wartungs- und Stromkosten nicht aber Verzinsung und Abschreibung.
7. Die jährlichen Kosten werden durch den totalen Wärmebedarf geteilt, um einen Wärmepreis in Rappen pro Kilowattstunde zu berechnen.
8. Für jeden Anlagentyp wird das prozentuale Sparpotenzial im Vergleich zur günstigsten Variante angegeben.

4. GRAPHISCHE AUSGABE

Um das Resultat besser zu veranschaulichen sind sowohl die Energiebilanz wie auch die Jahreskosten (aufgeteilt in Energiekosten, Wartungskosten und Abschreibung/Verzinsung) in einem Balkendiagramm dargestellt. Bei kleinem Wärmebedarf und einer grossen Photovoltaikanlage ist es möglich, dass der Stromverbrauch pro Jahr in der Energiebilanz negativ wird. Dies bedeutet, dass die Photovoltaikanlage mehr Strom produziert als die Wärmepumpe benötigt.