

Die Sonnenwärmepumpe

Ein Konzept mit Zukunft



Auftraggeber:
TOB Technologieoffensive Burgenland
7000 Eisenstadt, Marktstraße 3

Auftragnehmer:
A.Lang GmbH
7422 Riedlingsdorf, Lindengasse 1

Kooperationspartner:
HTBL Pinkafeld
7423 Pinkafeld, Meierhofplatz 1



EUROPEAN UNION
European Regional
Development Fund



creating the future

Programm zur grenzüberschreitenden Kooperation ÖSTERREICH - UNGARN 2007-2013
AUSZTRIA - MAGYARORSZÁG Határon Átnyúló Együttműködési Program 2007-2013

Inhalt

1. Einleitung	4
2. Konzept.....	4
3. Stromproduktion.....	4
4. Leistungsmessung	4
5. Leistungsregelung.....	4
6. Regelung.....	5
7. Regelung Wärmepumpe.....	5
8. Heizsystem mit Anlageschema.....	5
9. Monatliche Energiebilanz.....	6
10. Energiespeicherung für das Heizsystem.....	7
10.1 Batteriespeicher	7
10.2 Wasserstoffspeicher	7
10.3 Betonspeicher	8
11. Kostenvergleich	8
12. Zusammenfassung	10



1. Einleitung

Ziel des Pilotprojektes war es, eine Wärmepumpe dahingehend zu optimieren um sie mit einer Photovoltaikanlage zu betreiben. Die Schwierigkeit dabei ist es die Wärmepumpe an den schwankenden Leistungen der PV-Anlage anzupassen. Da der PV-Strom nur tagsüber vorhanden ist, jedoch Wärme auch nachts benötigt wird, war es notwendig zu untersuchen wie die von der Wärmepumpe erzeugte Wärme am besten gespeichert werden kann.

2. Konzept

Die SWP ist eine neuartige Split Luft- Wasser Wärmepumpe die sich stufenlos an die PV Stromproduktion anpasst. Neu ist auch der überdimensionale Verdampfer mit der Abwärmenutzung der kontrollierten Wohnraumlüftung und der Pufferspeicher mit eingebautem Kondensator der SWP. Dadurch werden zusätzliche Pumpen gespart was zur Erhöhung des COP Wertes führt.

3. Stromproduktion

Die 38 Stk Dünnschichtmodule (Schott ASI 95) produzieren im Jahr 2010-2011 4.290 kWh. Davon wurden 2627 kWh an die Bewag verkauft.

Von Oktober 2011 bis April 2012 wurden von der Anlage 1.668 kWh produziert. Im gleichen Zeitraum wurden 4.089 kWh im Heizungssystem verbraucht und die Warmwasserbereitung benötigte 966 kWh (Gesamt 5055 kWh)

Bei einer Leistungsziffer im Winter von 3,5 produzierte die SWP 5.838 kWh

4. Leistungsmessung

Für die Leistungsmessung werden 2 Digitalzähler mit SO Ausgang eingesetzt. Ein Zähler misst die produzierte Leistung nach dem Wechselrichter. Ein zweiter Zähler misst die Leistung, die in das Netz geliefert wird.

Der vorhandene Smart Grid Zähler von Siemens könnte alle Daten liefern. Kann aber nicht verwendet werden, da von Siemens kein Zugang zum Zähler über den M-Bus Anschluss zu bekommen ist und die BEWAG wenig interessiert ist.

5. Leistungsregelung

Die modulare Mitsubishi SPS FX3uC-32MT/DSS mit den entsprechenden Ein- und Ausgangsmodulen generiert ein von der elektrischen Leistung, die zur Verfügung steht, ein analoges Ausgangssignal. (0-10V).

Im kältetechnischen Teil werden die Kältemitteltemperaturen (Eintritts – Austrittstemperatur Pufferkondensator) und die Drücke Saug- und Druckseitig überwacht. Der Kompressor wird damit auf den optimalen Betriebspunkt gesteuert.

6. Regelung

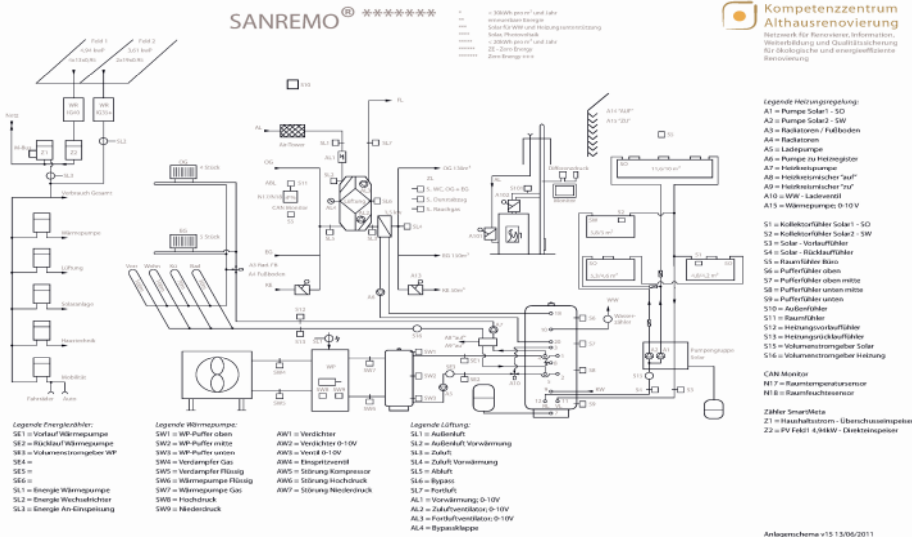
Im Nachgeschalteten TA Regler wird das Signal mit der Sollwerttemperatur (Pufferspeicher oben und Mitte) einem Zeitprogramm und einem manuellen Schalter (SWP unabhängig von der zur Verfügung stehenden Leistung) verbunden.

7. Regelung Wärmepumpe

Leistungszähler zur manuellen Aufzeichnung der Leistungsaufnahme
Schnittstellenplatine übernimmt das Signal von der Vorgeschalteten Regelung zur Wärmepumpensteuerung
Leistungsregelung Kompressor (Invertersteuerung). Hier werden 1.200V Gleichspannung phasenverlagert auf drei Phasen zum Kompressor geschickt.
Gleichrichter von 240V Wechselspannung auf 1.200 V Gleichspannung
Betriebs- und Störungsanzeige für über 100 Betriebszustände.
Regelung der SWP Funktionen wie Hochdruck, Niederdruck, Übertemperaturen, Stromaufnahme Kompressor, Drehzahlregelung Ventilator, Einspritzventil
Doppelrollenkompressor mit Permanentmagnet, Gleichstrommotor mit Dreiphasenanschluss.

8. Heizsystem mit Anlageschema

Die bestehende Heizungsanlage wurde für den Wärmepumpenbetrieb optimiert. Die alten Heizkörperventile wurden durch Schwerkraftventile ersetzt. (Voller Durchgang)
Die Radiatorenheizkreise wurden mit der Fußbodenheizung in Serie geschaltet. Dadurch ergibt sich eine optimale Spreizung von 25 Grad. Max. Vorlauftemperatur 45 Grad – Rücklauftemperatur 20 Grad.



9. Monatliche Energiebilanz

Mit Hilfe einer integrierten Messanlage wurden alle Energieströme der Anlage monatlich aufgezeichnet. In nachfolgender Tabelle ist die Abdeckung des Energieverbrauchs (Heizung und Warmwasser) anhand des produzierten PV-Stroms für die Monate Oktober bis Mai zu sehen. Dabei ist zu sehen, dass die Abdeckung zwischen 10 und 253 % liegt.

Monat	Ertrag der PV-Anlage (3,6 kWp) in kWh	Verbrauch Heizung in kWh	Verbrauch Warmwasser in kWh	Summe Energieverbrauch in kWh	Abdeckung Energieverbrauch durch PV-Anlage in %
Oktober	290	301	127	428	67,8
November	140	410	116	526	26,6
Dezember	95	797	142	939	10,1
Jänner	155	744	117	861	18,0
Februar	195	936	147	1083	18,0
März	390	578	175	753	51,8
April	403	323	142	465	86,7
Mai	592	90	144	234	253,0

10. Energiespeicherung für das Heizsystem

Da der PV Strom nur tagsüber und dabei auch nur unregelmäßig zur Verfügung steht, ist eine Energiespeicherung sinnvoll. Vier Speichermöglichkeiten wurden angedacht um den Überschuss von 2.627kWh (2010-2011) zu speichern. Im Durchschnitt ergeben sich daraus täglich 7,2kWh.

Um ein geeignetes Speichersystem zu finden wurden folgende vier Speichermöglichkeiten betrachtet

- Batteriespeicher
- Wasserstoffspeicher
- Betonspeicher

10.1 Batteriespeicher

Batteriespeicher sind derzeit noch relativ teuer. Nachfolgend sind einige Beispiele dargestellt:

- Das Speichersystem Cellcube (<http://de.cellcube.com/de/cellcube.htm>) speichert 100 kWh und ist in einem Container eingebaut. Kosten ca. € 99.000,-
- Kosten für Batteriespeichersysteme für kleinere Leistungen zwischen €12.000,- und 18.000,-
- Die Wirkungsgrade liegen zwischen 75 und 80%

10.2 Wasserstoffspeicher

Wasserstoff, durch Elektrolyse gewonnen, könnte eine Möglichkeit der Energiespeicherung darstellen. (Speicherung, Rückverwandlung in Strom oder Wärme)

Die Speicherung erfolgt in Gasflaschen die außerhalb des Hauses aufgestellt werden. Die behördlichen Auflagen und die Genehmigung sind eher problematisch.

Die Wärmeproduktion erfolgt mit einem Verbrennungssystem.

Die Stromproduktion wird mit einer Brennstoffzelle realisiert.

Der Wirkungsgrad liegt bei ca. 55%

http://www2.giacomini.com/giacomini/azienda.jsp;jsessionid=F8E2A8C18F1803BF5D136F627D9B994E?template=5&id_lang=3&id_menu0=11&id_menu1=242&id_menu2=655&id_content=2028&temp=3

10.3 Betonspeicher

Als einfachstes und bereits vorhandenes Speichersystem hat sich der Fußboden mit den eingelegten Heizrohren erwiesen.

Der 102,3m² große Fußboden besteht aus 8,18m³ Beton. Bei einer Temperaturerhöhung des Betons um 2,5Grad (von 22 auf 24,5) können im Fußboden ca 13,5 kWh

$8,18 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,28 \text{ Wh/kgK} \times 2,5 \text{ K} = 13742 \text{ Wh} = 13,7 \text{ kWh}$

Bei Energieüberschuss ist die Regelung so programmiert, dass die Raumtemperatur von 22 Grad auf 24,5 Grad über die Fußbodenheizung aufgeheizt werden darf. Beim betrachteten Haus (sehr guter Niedrigenergiestandard, 17 kWh/m²a) reicht die gespeicherte Energie bei minus 15Grad (Februar 2012) für ca. 5 Tage, da das Haus nur 0,5 °C in 24h verliert.

11. Kostenvergleich

Die SWP SonnenWärmePumpe wurde entwickelt um den Überschussstrom von 2.627 kWh der 3;6 kWp PV Anlage zu verwerten.

Sie ist nur in Betrieb wenn Strom-Überschuss vorhanden ist. Ein händischer Eingriff in die Steuerung ist möglich.

Die SWP produziert mit einer Leistungsziffer von 3,5 eine Wärmemenge von 9.194,5 kWh Jährlich.

Diese Wärmemenge mit Gas produziert ergibt Kosten von € 873,47 (Erdgas kostet mich dzt. € 0,095 pro kWh)

Für die Kostenvergleichsrechnung wurde der Marktpreis von regelbaren Inverterwärmepumpen genommen, die derzeit bei ca. € 10.000,- liegen.

Der Mehrpreis der SWP bei Serienproduktion wird ca. € 7.000,- betragen.

Kostenvergleichsrechnung

Bei der angestellten Kostenvergleichsrechnung wurden kein Wärmevertei- und Wärmeabgabesystem berücksichtigt da dies bei beiden Anlagen benötigt wird. Auch die Wartung der Anlagen wurde nicht berücksichtigt, da bei beiden Anlagen ein gleicher Wartungsaufwand angenommen wurde. Bei der Energieerzeugung mit Gas wurde eine jährliche Gaspreissteigerung von 6% angenommen. Zinseffekte für Investitionen wurden nicht berücksichtigt.

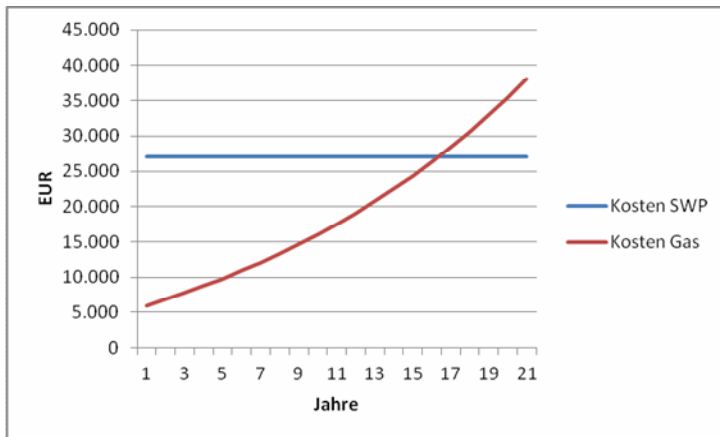
Sonnenwärmepumpe

Investitionskosten Sonnenwärmepumpe	€ 17.000,-
Investitionskosten PV-Anlage	€ 10.000,-
GESAMTE INVESTITIONSKOSTEN	€ 27.000,-
Jährliche Betriebskosten	€ 0,-

Gastherme

Investitionskosten Gasanschluss	€ 1.000,-
Investitionskosten Gastherme	€ 5.000,-
GESAMTE INVESTITIONSKOSTEN	€ 6.000,-
Jährliche Betriebskosten	€ 873,-

Aus nachfolgendem Diagramm ist eine Gegenüberstellung der gesamten Kosten beider Anlagen über einen Zeitraum von 20 Jahren dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass die Kosten für die Gastherme die der Sonnenwärmepumpe ab dem 16. Jahr überschreiten.



12. Zusammenfassung

Ziel des Pilotprojektes war es, eine Wärmepumpe dahingehend zu optimieren um sie mit einer Photovoltaikanlage zu betreiben. Die Schwierigkeit dabei ist es die Wärmepumpe an die schwankenden Leistungen der PV-Anlage anzupassen. Da der PV-Strom nur tagsüber vorhanden ist, jedoch Wärme auch nachts benötigt wird, war es notwendig zu untersuchen wie die von der Wärmepumpe erzeugte Wärme am besten gespeichert werden kann.

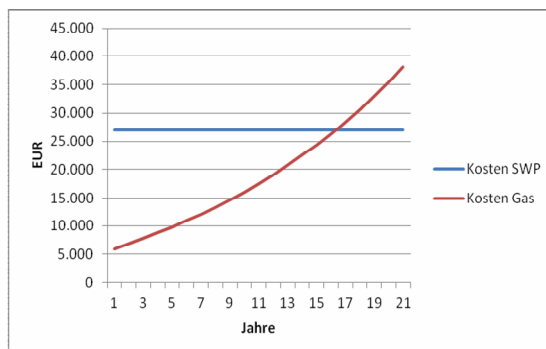
Um diese Ziele zu erreichen wurde die sogenannte Sonnenwärmepumpe (SWP) entwickelt. Die SWP ist eine neuartige Split Luft- Wasser Wärmepumpe die sich stufenlos an die PV Stromproduktion anpasst. Neu ist auch der überdimensionale Verdampfer mit der Abwärmenutzung der kontrollierten Wohnraumlüftung und der Pufferspeicher mit eingebautem Kondensator der SWP. Dadurch werden zusätzliche Pumpen gespart wodurch die Leistungszahl (COP) erhöht wird.

Als einfachstes und bereits vorhandenes Speichersystem hat sich der Fußboden mit den eingelegten Heizrohren erwiesen.

Die 102,3m² große Fußboden besteht aus 8,18m³ Beton. Bei einer Temperaturerhöhung des Betons um 2,5Grad (von 22 auf 24,5) können im Fußboden ca 13,7 kWh

Bei Energieüberschuss ist die Regelung so programmiert, dass die Raumtemperatur von 22 Grad auf 24,5 Grad über die Fußbodenheizung aufgeheizt werden darf. Beim betrachteten Haus (sehr guter Niedrigenergiestandard, 17 kWh/m²a) reicht die gespeicherte Energie bei minus 15Grad (Februar 2012) für ca. 5 Tage, da das Haus nur 0,5 °C in 24h verliert.

Außerdem wurde ein Kostenvergleich der Sonnenwärmepumpe und der Energiebereitstellung durch eine konventionelle Gastherme angestellt. Aus nachfolgendem Diagramm ist eine Gegenüberstellung der gesamten Kosten beider Anlagen über einen Zeitraum von 20 Jahren dargestellt. Dabei wurden kein Wärmeverteil- und Wärmeabgabesystem berücksichtigt da dies bei beiden Anlagen benötigt wird. Auch die Wartung der Anlagen wurde nicht berücksichtigt, da bei beiden Anlagen ein gleicher Wartungsaufwand angenommen wurde. Bei der Energieerzeugung mit Gas wurde eine jährliche Gaspreissteigerung von 6% angenommen. Zinseffekte für Investitionen wurden nicht berücksichtigt.



Aus dem dargestellten Diagramm ist ersichtlich, dass die Kosten für die Gastherme die der Sonnenwärmepumpe ab dem 16. Jahr überschreiten.