

P&D Projekt Oberfeld - Monitoring einer PVT Grossanlage - Ergebnisse aus dem ersten Betriebsjahr 2015

Aleksis Baggenstos

Institut für Solartechnik SPF, Hochschule für Technik Rapperswil HSR

Oberseestrasse 10, CH-8640 Rapperswil

Tel.: +41 55 2224821 , Fax: +41 55 2224844

E-Mail: alexis.baggenstos@spf.ch

Internet: www.spf.ch

Zusammenfassung

Die Energieanlage der Wohnsiedlung Oberfeld in Ostermundigen versorgt die Gebäude mit Strom und Wärme. Das Gesamtkonzept verbindet solare Gewinnung von Wärme und Strom mittels PVT Solarkollektoren mit der saisonalen Speicherung von Wärmeenergie in Erdwärmesonden. Eine Wärmepumpe bereitet die im Erdreich gespeicherte Energie zu Heizungs- und Warmwasser auf.

Der Betrieb der Energieanlage Oberfeld wird mittels einer Messinstallation überwacht. Die Datenauswertung des ersten Betriebsjahres, Juli 2014 bis Juli 2015, zeigt dass die vollständige Regeneration des Erdwärmesonden Feldes durch die sommerliche Wärme der PVT Solaranlage möglich ist. Die Temperatur des wassergeführten Sondenfeldes sinkt im Winterhalbjahr, während des Heizbetriebes, auf 7°C und steigt bis Ende der Messperiode wieder an auf den Ausgangswert von rund 17°C.

Die Auswertung des ersten Betriebsjahres zeigt, dass die Abstimmung der einzelnen Komponenten aufeinander ein besonderes Augenmerk verlangt. Die maximale Eintrittstemperatur in das Erdwärmesonden Feld kann, mit technischen Massnahmen an der Wärmepumpe, auf 30°C angehoben werden. Steuerungsfehler wie Wärmeverluste über die PVT Kollektoranlage, d.h. negative Solarerträge, zeigen die Wichtigkeit einer Anlagenüberwachung während der ersten Betriebsjahre auf.

Auch mit der horizontalen Ausrichtung der Hybridmodule und trotz regeltechnischer bedingter Verluste konnte ein spezifischer thermischer Jahresertrag von 320 kWh pro Quadratmeter PVT - Kollektorfläche gemessen werden.

Inhalt

Zusammenfassung	1
Inhalt	2
Einleitung	3
Zielsetzung P&D Projekt.....	5
Monitoring	6
Gebäudeheizsysteme	6
Solaranlage Haus B	6
Messsystem	6
Datenerfassung.....	6
Ergebnisse und Erkenntnisse Monitoring.....	8
Temperaturentwicklung Erdwärmesonden (EWS)	8
Eintrittstemperatur Erdsondenfeld	8
Thermische Leistung Erdsondenfeld	9
Einfluss Regenerationstemperatur auf die PVT Temperaturen	10
Elektrischer Mehrertrag PVT Module 2014/2015	12
Bruttowärmeertrag PVT	13
Fazit	15
Diskussion	16
Rücklaufbeimischung.....	16
Frequenzgesteuerte Umwälzpumpe	16
Kältemittelkreis-Wärmetauscher verkleinern → Lösung Anlage Oberfeld.....	17
Ausblick	17
Danksagung	18
Literaturverzeichnis	18

Einleitung

Dieser Beitrag zeigt die Ergebnisse und Ausführungen aus dem ersten Jahresbericht dieses Pilot und Demonstrationsprojekt (P&D) auf. Dieses Projekt wird vom eidgenössischen Bundesamt für Energie [1] unterstützt und mit den Industriepartner Meyer Burger AG [2] und dem Energieversorgungsunternehmen Energie Wasser Bern (EWB) [3] durchgeführt.

Die Überbauung Oberfeld [4] der Wohnbaugenossenschaft Oberfeld [5] ist eine nachhaltige und autofreie Siedlung in Ostermundigen, nahe Bern. Es ist ein Bauprojekt nach Minergie-P-ECO, ähnlich dem Passivhaus Standard in Deutschland. Die Überbauung besteht aus den drei Gebäuden A, B, und C. Jedes der drei Gebäude besitzt sein separates Heizungssystem bestehend aus Wärmepumpe, Erdsondenfeld und PVT Solaranlage.



Abb. 1 PVT Kollektoren auf Teildächern von Gebäude B



Abb. 2 Gebäude C, erstes der drei erstellten Gebäude



Abb. 3 Übersicht der Überbauung Oberfeld

In diesem Bauprojekt wurde eine zukunftsorientiert Lösung der Wärmeversorgung mittels Kombination von PVT Solaranlage und Erdsonden gekoppelten Wärmepumpen realisiert.

Das Energieversorgungsunternehmen Energie Wasser Bern hat als Contractor die Energieversorgungsanlage finanziert und installieren lassen und ist auch für deren Betrieb zuständig.

Die PVT Solaranlagen wurden von Meyer Burger umgesetzt. Bei den eingesetzten Kollektoren handelt es sich um deren Produkt „Hybrid Black“ [6]. Die gesamte PVT

Anlage ist verteilt auf die verschiedenen Dächer der Gebäude. Sie besteht aus insgesamt 799 PVT Kollektoren und hat eine Gesamtfläche von über 1300m². Das SPF unterstützte Meyer Burger bei der Planung und Umsetzung der PVT Solaranlage. Das SPF hat in diesem P&D Projekt die Wärmeversorgungsanlage von Haus B, dem grössten Gebäude der Überbauung, mit einem Monitoringsystem ausgestattet und untersucht die Wärmeversorgungsanlagen. Dabei werden zwei Anlagenbereiche der Wärmeversorgung detailliert betrachtet - die PVT Anlage und das Erdsondenfeld. Ein weiterer Aspekt widmet sich der regelungstechnischen Optimierung der Gesamtanlage.

Beim 25. OTTI Symposium Thermische Solarenergie, 6.-8. Mai 2015 wurde dieses Projekt erstmals vorgestellt. Informationen dazu und das Paper zum OTTI 2015 finden sie auf der SPF Internetseite [7].

Zielsetzung P&D Projekt

Die wichtigsten erwarteten Ergebnisse des Pilot- und Demonstrations-Projekts sind:

- Erkenntnisse über die langfristige Temperaturentwicklung und das Verhalten des Erdsondenfeldes bei dessen Regeneration.
- Regelungstechnische Gesamtanlagenoptimierungen. Eruiere von Ein- und Ausschaltkriterien für die PVT-Anlage und Optimierung beim Regelalgorithmus für die Erdwärmesondenregeneration.
- Auslegungs- und Betriebserfahrungen für weitere (Gross-)Anlagen.
- Kombination Wärmepumpe und solarthermisch regeneriertes Erdsondenfeld.
- Systemintegration von PVT Anlagen in der Gebäudetechnik, Planungs- und Installationstechnisches Optimierungspotential eruiere.

Es werden Erkenntnisse über die Wirkungsgraderhöhung der Wärmepumpe und die Verbesserung des gesamten Wärmeerzeugungssystems durch die Regeneration von Erdsondenfelder gewonnen. Gleichzeitig kann die Wirkungsgradsteigerung der Photovoltaik durch die Kühlung der Module dank Hybridisierung innerhalb einer Anlage untersucht werden. Dies indem die PVT Kollektoren parallel zu einzelnen Photovoltaikmodulen installiert und betrieben werden. Es ist ein direkter Vergleich der elektrischen Leistung, des Montage- und Installationsmehraufwandes sowie der Unterhaltsarbeiten möglich.

Daneben wird gemeinsam mit den Planungsunternehmen die Integration der Niedertemperaturkollektoren in die Gebäudetechnik erprobt, insbesondere sinnvolle Schnittstellen zwischen den unterschiedlichen involvierten Parteien. Mit den Installationsunternehmen wird das Optimierungspotential bei der Montage, insbesondere der Hydraulik, bezüglich der Eignung im praktischen Einsatz ermittelt. Diese Erkenntnisse sorgen schlussendlich für zukünftige Planungssicherheit bezüglich Komponenten, Kosten und Schnittstellen in der Umsetzung von neuen Energiekonzepten bei Neu- und Umbauten von Gebäuden.

Monitoring

Gebäudeheizsysteme

Jedes der drei Gebäude besitzt sein separates Heizungssystem bestehend aus Wärmepumpe, Erdsondenfeld und Hybridkollektor Solaranlage. Die Niedertemperaturwärme aus den Hybridkollektoren wird im Sommer zur Regeneration des Erdsondenfeldes eingesetzt. Das EWB erstellt und betreibt als Contractor die Anlage für die Wohnbaugenossenschaft. Das Haus C mit einer Anlage von 265 Hybridkollektoren und 9 Erdsonden wurde im Sommer 2013 als erstes von insgesamt drei Gebäuden realisiert. Die *Meyer Burger AG* hat zusammen mit dem *Institut für Solartechnik* (SPF) und *Energie Wasser Bern* (EWB) die Auslegung der Anlage C durchgeführt. Im Frühling 2014 wurden die verbleibenden beiden Häuser B und A mit einer Anlage von zusätzlichen 534 Hybridkollektoren und 19 Erdsonden installiert. Insgesamt wurden also 799 Hybridkollektoren installiert.

Im Monitoringprojekt wurde das Heizungssystem, die Solardachanlage mit 379 PVT-Kollektoren und die 14 Erdsonden von Haus B mit einem Messsystem ausgestattet. Die Messkonzeption, Inbetriebnahme des Messsystems sowie Begleitung und Datenauswertung wird durch das SPF gewährleistet. Die Erkenntnisse zur Optimierung der Anlagenregelung werden gemeinsam mit dem Betreiber der Anlage EWB umgesetzt. Die Erkenntnisse aus Gebäude B können auf die restlichen Gebäude und Anlagen übertragen werden.

Solaranlage Haus B

Die Solaranlage von Haus B besteht aus 379 Hybridkollektoren (606.4 m²) des Typs Meyer Burger Hybrid 260/900. Das Flachdach wurde mit einem Montagesystem von der Firma K2 ausgerüstet, dass die Hybridkollektoren mittels Laminatklebungen in einer horizontalen Ebene ausrichtet (Modulneigung 0°).

Die Hybridkollektoranlage besitzt eine elektrische Leistung von 98.5 kWp und eine thermische Nennleistung von 341.1 kWp.

Messsystem

Das Messsystem ist getrennt vom restlichen Gebäudetechniksystem und arbeitet mit eigenen Sensoren. Eine negative Beeinflussung der Anlage und dessen Steuerung ist somit nicht gegeben.

Mitte Juli 2014 ist das Messsystem vollständig in Betrieb genommen worden und erfasst seither die Daten der Anlage.

Datenerfassung

Mit dem installierten Messsystem werden die Wetterdaten wie Temperatur, Wind und Globalstrahlung erfasst. Die Volumenströme und Temperaturen der Solaranlage, des Erdsondenfeldes, sowie der beiden Wärmepumpen für Brauchwarmwasser und Heizung primärseitig gemessen.

Im Rahmen dieses Monitorings wird neben der Wärmeversorgung auch der direkte Vergleich eines PV-Modules mit einem PVT-Kollektor betrachtet. Diese sind direkt

nebeneinander installiert und separat an unabhängige Modulwechselrichter angeschlossen. Die elektrischen Leistungen und die rückseitigen Oberflächentemperaturen dieser beiden Module werden erfasst.

Die Abb. 4 zeigt das Prinzip-Schema von Haus B. Die markierten Bereiche zeigen die Messstellen für die Volumenmessung und die Temperaturerfassung an. Es werden jeweils die Vor- und Rücklauftemperaturen erfasst. Dies bei der Solaranlage, dem Erdsondenfeld und den beiden Wärmepumpen (je eine für Heizung und Brauchwarmwasser).

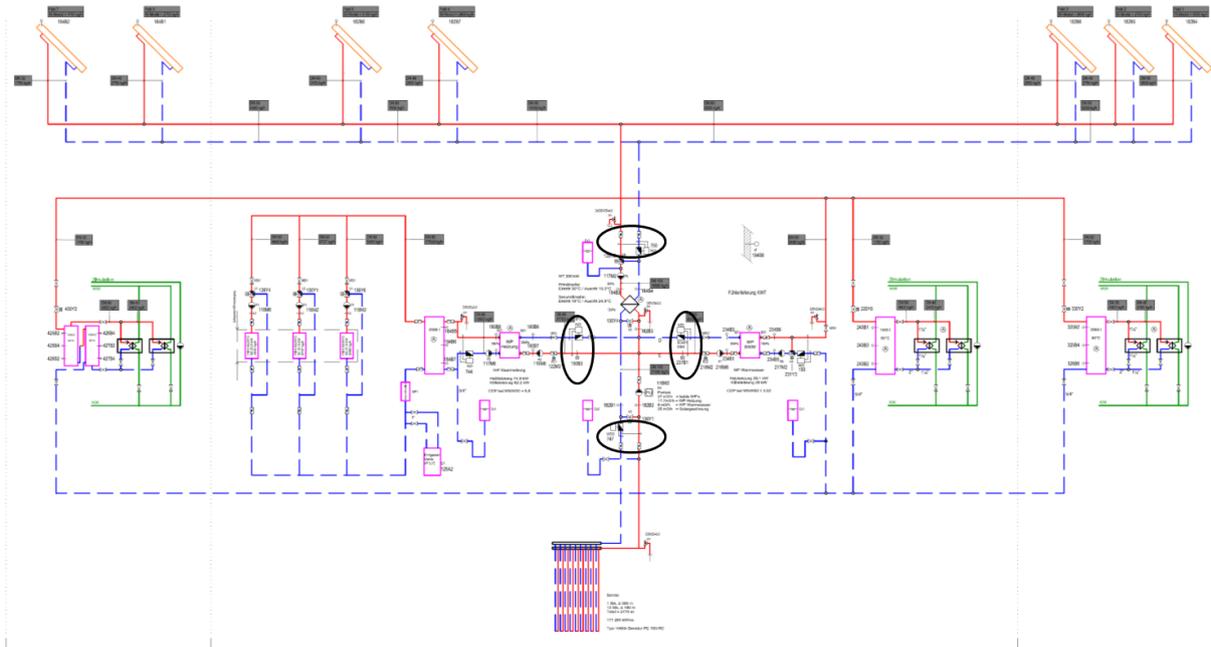


Abb. 4 Prinzipschema Haus B, Messstellen Wärmestrom

Ergebnisse und Erkenntnisse Monitoring

Temperaturentwicklung Erdwärmesonden (EWS)

In Abb. 5 ist die Temperaturentwicklung des Erdsondenfeldes von Juli 2014 bis Oktober 2015 aufgezeigt. Dargestellt sind die Tagesmittelwerte; in blau die Eintrittstemperatur und in orange die Austrittstemperatur beim Erdsondenfeld. Schwarz gepunktet ist die Umgebungstemperatur.

Die Erdsondentemperaturen sinken bis im Februar 2015 erwartungsgemäss auf 7- 8°C ab. Da es sich um wassergefüllte Sonden handelt, darf die Temperatur in den Erdsonden nicht tiefer als 3-4°C sein, da sonst Frostschäden am System entstehen können. Im Winter 2016 liegen die Erdsondentemperaturen leicht höher als im Vorjahr, dieser Umstand ist nicht unbedingt der Regeneration zuzuschreiben. Ebenso haben der saisonale Heizwärmebedarf und damit die Umgebungstemperatur einen starken Einfluss auf die Sondentemperatur.

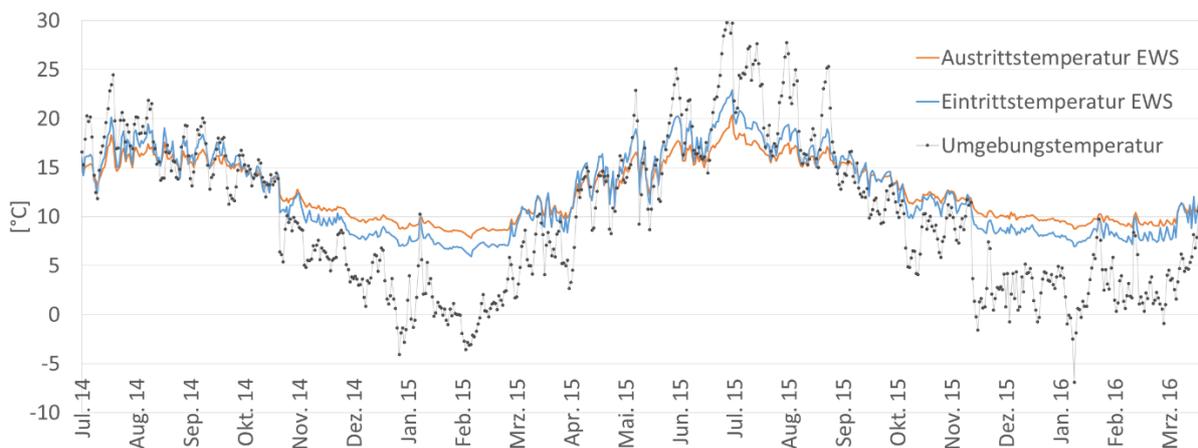


Abb. 5 Temperaturverlauf des Erdsondenfeldes Ein- und Austritt sowie Umgebungstemperatur im Tagesmittel

Eintrittstemperatur Erdsondenfeld

In Abb. 6 sind die Ein- und Austrittstemperaturen beim EWS Feld in einer höheren Auflösung aufgezeigt. Abgebildet sind die Stundenmittel für denselben Zeitraum. Der Regenerationsbetrieb ist deutlich erkennbar in den wärmeren Monaten. Die nach oben ausschlagenden blauen Spitzen oder Bereiche sind charakteristisch dafür. Dabei ist die Eintrittstemperatur (blau) in das Erdsondenfeld höher als die Austrittstemperatur (orange) aus dem Erdsondenfeld.

Bei dieser Anlage wird mittels einer Rücklaufbeimischung bei der Solaranlage die Eintrittstemperatur in das Erdsondenfeld reguliert und begrenzt. Bis Mitte Juli 2015 lag diese Begrenzung bei 25°C. Ab 13. Juli 2015 ist die maximale Eintrittstemperatur in das Erdsondenfeld auf 20.8°C reduziert worden. Grund dafür ist, dass im Juni 2015 bei der Warmwasserwärmepumpe öfters eine Druckstörung auftrat. Dies jeweils

während des Regenerationsbetriebes, da durch die häufige und starke Regeneration die Eintrittstemperatur beim Verdampfer der Wärmepumpe vielfach über 20° lag. Der Bereich in dem dies häufig aufgetreten ist, ist in Abb. 6 rot eingekreist. Um diese Störung bei der WP zu umgehen, wurde vom Wärmepumpenhersteller die Eintrittstemperatur beim Erdsondenfeld von ursprünglich 25° auf die genannten 20.8°C gesenkt. Dies ist ersichtlich an der Stufe, welche in Abb. 6 mit Pfeilen markiert ist.

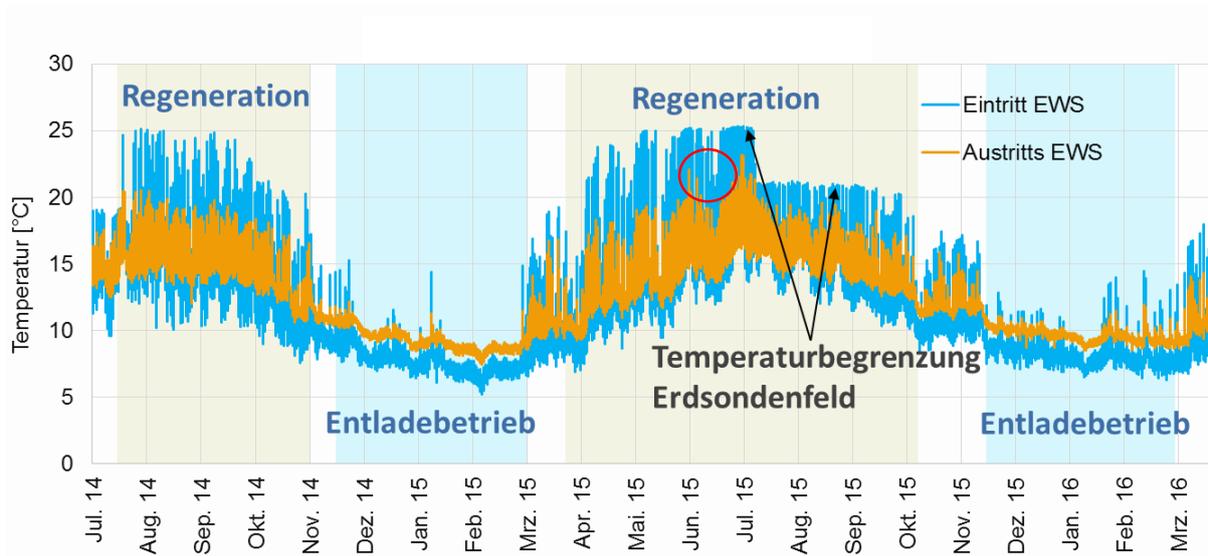


Abb. 6 Temperaturen Erdsondenfeld Ein- und Austritt, Stundenmittel

Thermische Leistung Erdsondenfeld

Da die Leistungsaufnahme des Erdsondenfeldes mit der Änderung des Regelparameters beeinflusst wird, hat dies einen direkten Einfluss auf die Leistung der Kollektoranlage.

In Abb. 7 ist die Leistungsaufnahme des Erdsondenfeldes für den Monat Juli 2015 abgebildet. Die rote Linie markiert die durchschnittliche Leistungsaufnahme vor der Änderung des Parameters vom 13. Juli 2015. Die Leistung lag davor etwa bei 140kW. Die gelbe Linie markiert die Leistung nach der Parameteränderung, sie liegt danach etwa bei 80kW.

Die Wärmeleistung des Erdsondenfeldes wird durch diese Parameteränderung etwa um 40% reduziert. Dies macht deutlich, welche Rolle die Limitierung der Eintrittstemperatur in das Erdsondenfeld für den Betrieb der Anlage spielt.

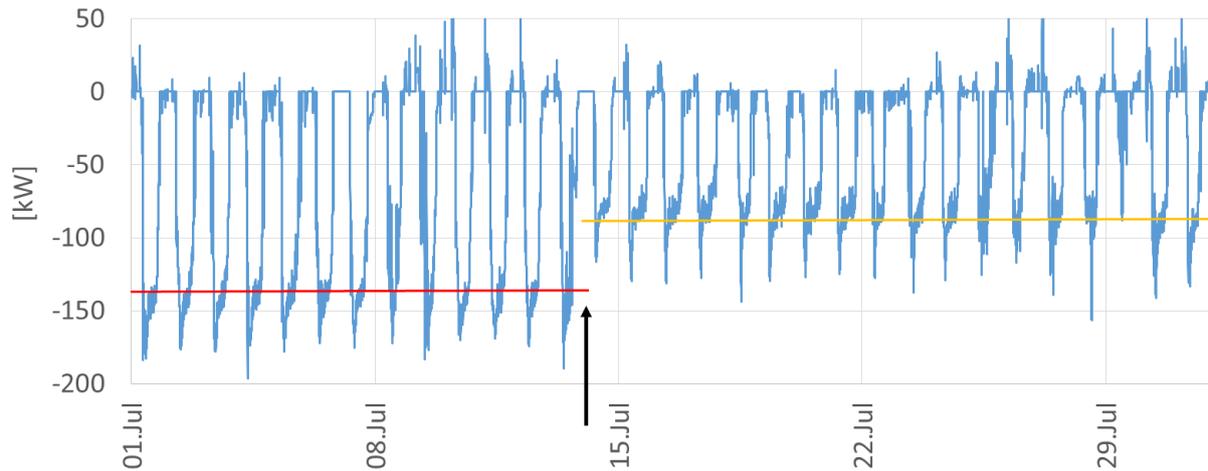


Abb. 7 Leistungsaufnahme Erdsondenfeld Monat Juli 2015, Stundenmittel

Für das zweite Betriebsjahr soll die Regenerationstemperatur auf 30°C angehoben werden. Dies wird einen merklichen Einfluss auf den Wärmeertrag der PVT Anlage haben. Mit einer Regenerationstemperatur von 30°C ist zu erwarten, dass die Leistungsaufnahme des Erdsondenfeldes im Bereich von 200kW liegen wird. Im Abschnitt Diskussion wird aufgezeigt, wie bei den höheren Regenerationstemperaturen die gleichzeitig auftretende Druckstörung verhindert werden kann.

Einfluss Regenerationstemperatur auf die PVT Temperaturen

Die Eintrittstemperatur in das Erdsondenfeld wird mittels einer Rücklaufbeimischung bei der PVT Solaranlage geregelt. In Abb. 8 ist das Prinzipschema der Wärmanlage aufgezeigt. In Schwarz markiert ist hier die Rücklaufbeimischung bei der Solaranlage.

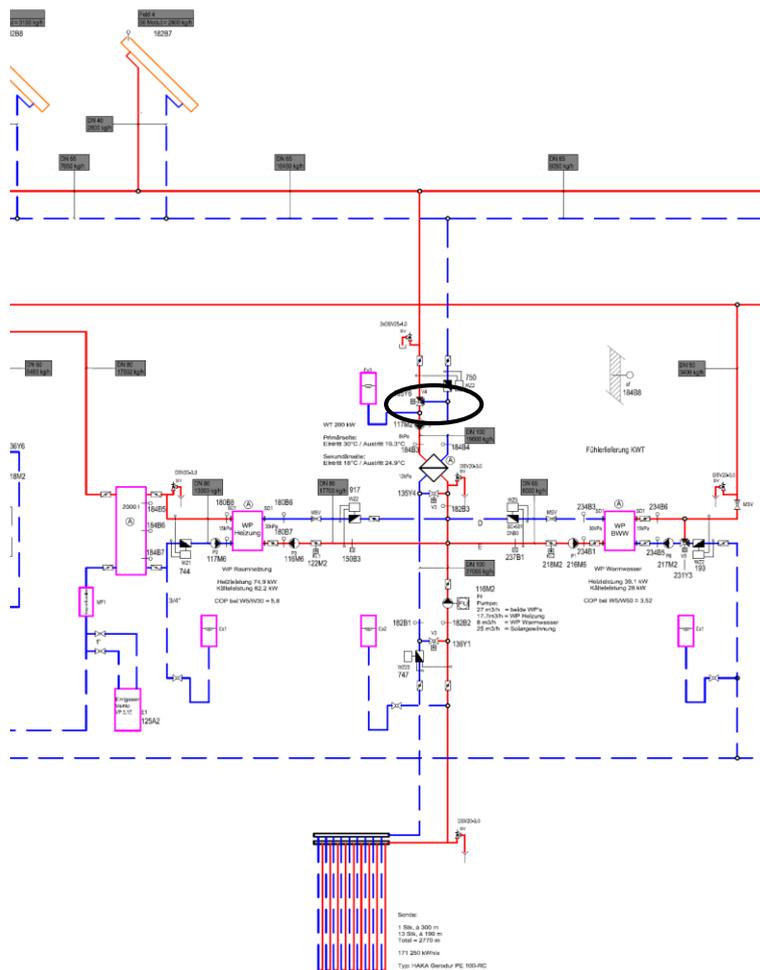


Abb. 8 Prinzipschema Wärmeanlage mit der Rücklaufbeimischung

Im Betrieb wird die Beimischung aktiviert wenn die Austrittstemperatur bei der Solaranlage einen bestimmten Wert übersteigt. Beispielsweise die genannten 25°C. Ab diesem Zeitpunkt wird das Mischventil sukzessiv geöffnet und der Volumenstrom durch die PVT Anlage wird verringert, bis teilweise nur noch 1/3 des Nennvolumenstromes durch die PVT Solaranlage fließt. Das führt dazu, dass die Austrittstemperatur bei der Solaranlage stark erhöht wird und der Wirkungsgrad der Solaranlage sinkt.

Die PVT Kollektortemperaturen nähern sich bei diesem Betriebszustand nahezu den PV Temperaturen an. Damit ist praktisch kein Temperaturunterschied zwischen PV und PVT Modultemperaturen vorhanden. Ersichtlich wird dies im folgenden Diagramm bei Abbildung 9. Dargestellt sind hier drei Tage im Juli 2015, jeweils ein Tag vor und einer nach dem Parameterwechsel am 13. Juli 2015. Die Einstellung des neuen Parameters der Eintrittstemperatur in das Erdsondenfeld ist klar ersichtlich in der Abstufung vom 13.7. (Abb. 9, markiert mit dem Pfeil). Die blaue Kurve ist die Eintrittstemperatur, die rote die Austrittstemperatur aus dem Erdsondenfeld.

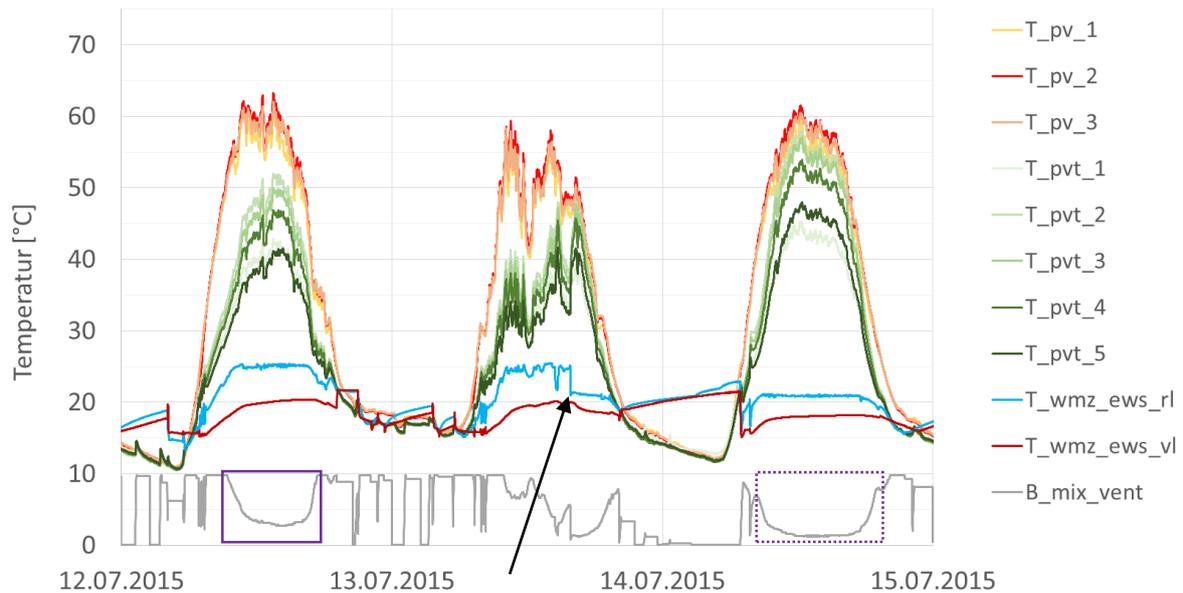


Abb. 9 Modultemperaturen PV, PVT, Erdsondentemperaturen Ein-Austritt und Ventilstellung der Rücklaufbeimischung der Solaranlage

Dargestellt in den Farben Gelb, Orange und Rot sind die drei PV Temperaturen auf der Rückseite des PV Moduls. Die PV Temperaturen erreichen am 12. sowie 14. Juli über 60°C , dies ist für einen sommerlichen Tag mit hoher Solarstrahlung auch zu erwarten. Der 13. Juli (Parameterwechsel) ist von der Solarstrahlung her ein durchzogener Tag, die Temperaturen sind da wechselnder und allgemein etwas tiefer. Die grün abgestuften Kurven sind die PVT Temperaturen gemessen auf der Rückseite des PVT Modules. Es ist ersichtlich, dass die Temperaturen am 14. Juli nochmals deutlich höher liegen als am 12. Juli. Die Temperaturen liegen dann annähernd im Bereich der PV Temperaturen.

Diese Temperaturerhöhung ist, wie erwähnt, zurückzuführen auf den verminderten Durchfluss bei der Solaranlage. Die Reduktion des Volumenstromes zeigt sich bei der Betrachtung des Stellsignales des Mischventiles ($B_{\text{mix_vent}}$). Diese in grau dargestellte Kurve zeigt die Stellung des Dreiwegeventils bei der Rücklaufbeimischung der Solaranlage. Null wäre der Wert für volle Beimischung, also keine Durchfluss durch die Solaranlage. Zehn wäre der Wert, fände keine Beimischung statt da hätte die Solaranlage vollen Durchfluss.

Die violett markierten Rechtecke markieren die Bereiche wo eine Beimischung während des Anlagenbetriebes stattfindet. Bei dem gepunkteten Bereich am 14. Juli ist die Beimischung deutlich höher als am 12. Juli. Der Durchfluss durch die Solaranlage also nochmals geringer und damit auch die Temperaturen der PVT Module höher.

Elektrischer Mehrertrag PVT Module 2014/2015

Aus der Datenauswertung ist ersichtlich, dass während der gesamten Sommerperiode 2015 an Tagen mit Sonnenschein eine Rücklaufbeimischung stattgefunden hat. Damit sind die Betriebstemperaturen der PVT Kollektoren relativ hoch.

Der elektrische Mehrertrag der PVT Kollektoren verglichen mit dem Einsatz von PV Modulen ist für das erste Betriebsjahr 2014/2015 nicht messbar.

Betont werden soll hier jedoch nochmals, dass dies für das zweite Betriebsjahr 2015/2016 nicht zu erwarten ist da die regelungstechnischen Optimierungen am System umgesetzt werden und somit auch die PVT Temperaturen deutlich niedriger sein sollten.

In Abb. 10 sind die elektrischen Erträge der beiden erfassten Module (PV und PVT) für das erste Betriebsjahr von August 2014 bis Juli 2015 aufgezeigt.

Die Summe an elektrischem Ertrag pro Jahr und Quadratmeter liegt beim PV Modul bei 162.4 kWh und beim PVT Kollektor bei 163.3 kWh was bei der solaren Einstrahlung von 1263 kWh/m²a einen elektrischen Wirkungsgrad von 12.8% für beide Modultypen ergibt.

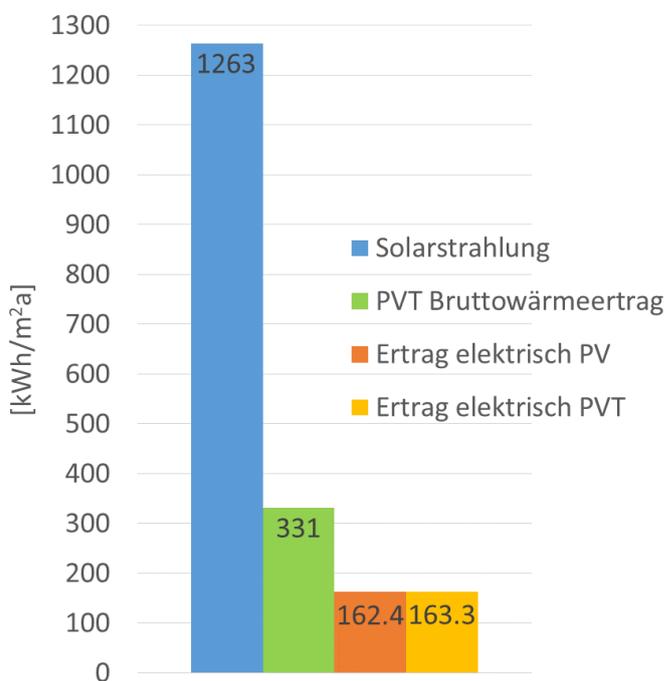


Abb. 10 Jahressumme: Solarstrahlung, PVT Bruttowärmeertrag, elektrischer Ertrag PV und PVT Module

Bruttowärmeertrag PVT

Der Bruttowärmeertrag des PVT Kollektors liegt bei etwa 330kWh/m² und Jahr ersichtlich in Abb. 12. Dies ist für das erste Betriebsjahr ein guter Wert. Zu beachten ist hier jedoch auch die überdurchschnittliche solare Einstrahlung in diesem ersten Betriebsjahr aufgezeigt in Abb. 11 [Quelle: swissolar.ch].

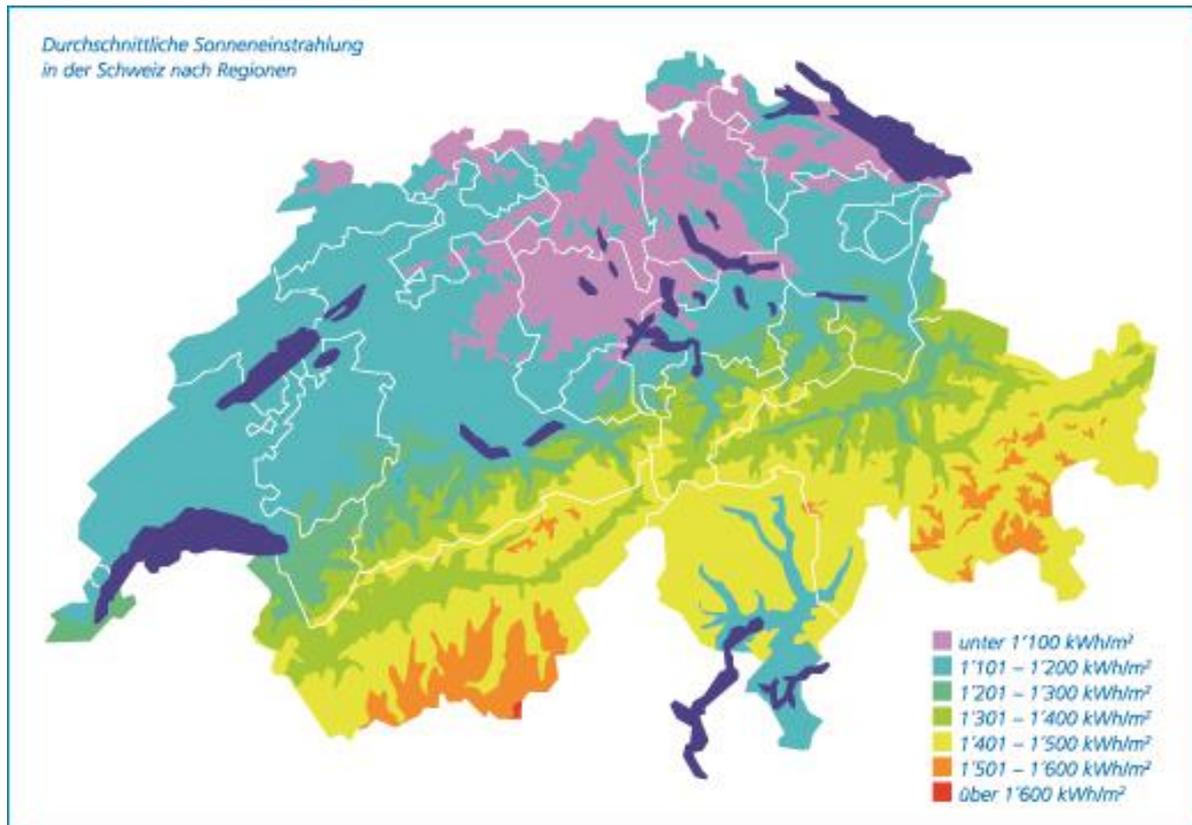


Abb. 11 Durchschnittliche Solarstrahlung in der Schweiz nach Regionen

Fazit

Die Anlage Oberfeld ist im Allgemeinen sehr gut gelaufen, sie weist jedoch noch regelungstechnisches Optimierungspotentials auf. Beispielsweise ist in Abb. 12 ein negativer solarer PVT Ertrag ausgewiesen. Dies ist möglich da die Umwälzpumpe der Solaranlage teilweise aktiviert wurde obwohl die Betriebsbedingungen zu diesem Zeitpunkt für einen Wärmeertrag nicht geeignet waren. Im zweiten Betriebsjahr wird der Regelungsalgorithmus diesbezüglich angepasst, die Betriebszeiten der Solarumwälzpumpe werden mit einem Zeitfenster begrenzt und dazu noch mit einem dynamischen Einschaltkriterium verknüpft. Dieses ist in der Heizperiode abhängig von der „letzten“ in der Regelung gespeicherte Erdsondentemperatur damit wird die Solaranlage nur eingeschaltet, wenn die Kollektortemperatur um eine bestimmte Temperaturdifferenz, etwa 4°C, höher liegt als die „letzte“ Austrittstemperatur beim Erdsondenfeld.

Allgemein wurde das Erdsondenfeld in diesem ersten Betriebsjahr von August 2014 bis Juli 2015 etwa zu 25% überregeneriert. Dabei gilt es jedoch auch zu beachten, dass es ein relativ milder Winter und ein ertragsstarker Sommer war. Der Regenerationsanteil ist in Abbildung 12 ersichtlich. Der blaue Anteil ist der in das Erdsondenfeld eingebrachte Wärmeertrag. Gelb ist der Anteil, welcher aus dem Erdsondenfeld für die Warmwasserwärmepumpe entzogen wurde, grün der Anteil welcher für die Heizungswärmepumpe entzogen wurde.

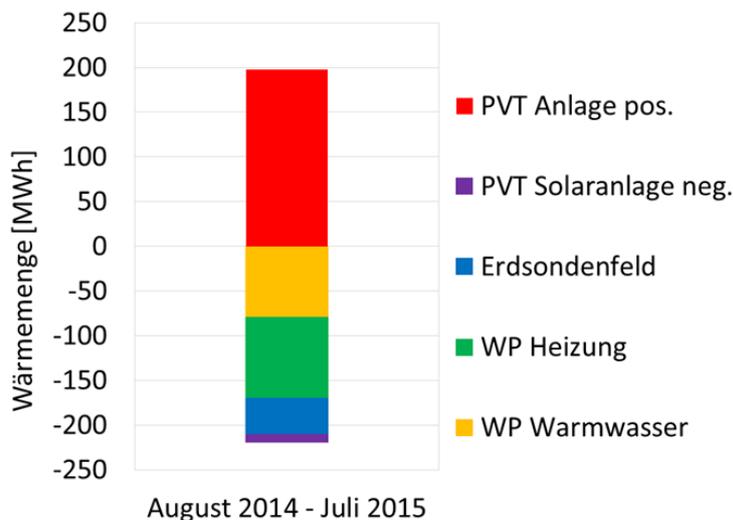


Abb. 12 jährliche Wärmemenge der Quellen und Senken

Diskussion

Wie Anfangs des Berichtes erwähnt wurde, werden hier mögliche Alternativen zur Behebung der Druckstörung bei der Wärmepumpe aufgezeigt. Wird davon ausgegangen, dass die Begrenzung der Eintrittstemperatur in das Erdsondenfeld aufgehoben oder auch auf 30°C angehoben wird, so wird auch die Austrittstemperatur beim Erdsondenfeld während der Regenerationsphase häufig über 20°C oder sogar 25°C liegen. Damit muss von häufig auftretenden Druckstörungen ausgegangen werden. Um die Kombination von Erdsondenregeneration mit Eintrittstemperaturen bis zu 30°C und gleichzeitig den Betrieb der Warmwasser-Wärmepumpe zu ermöglichen muss das System angepasst werden um die erwähnte Druckstörung zu vermeiden.

Rücklaufbeimischung

Eine mögliche Anpassung ist eine Rücklaufbeimischung (Einspritzschaltung) beim Verdampfer der Wärmepumpe. Dies erfordert jedoch eine Änderung der Hydraulik, was nach der Inbetriebnahme des Systems mit höherem Aufwand verbunden ist.

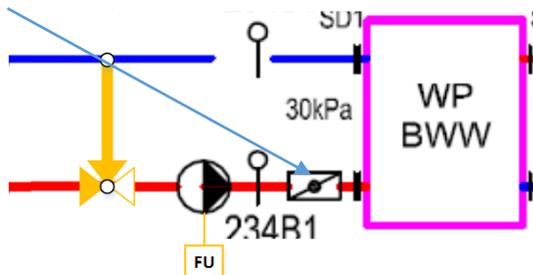


Abb. 13 Prinzipskizze mögliche Rücklaufbeimischung bei der Wärmepumpe, frequenzgesteuerte Umwälzpumpe.

Die Rücklaufbeimischung ist in der Abb. 13 schematisch aufgezeigt. Mit der Beimischung kann der Vorlauf der Wärmepumpe beispielsweise unter 20°C gehalten werden, obschon die Austrittstemperatur des Erdsondenfeldes höher als 20°C liegt. D

Frequenzgesteuerte Umwälzpumpe

Eine weitere Möglichkeit wäre eine leistungsgeregelte Umwälzpumpe einzusetzen. Dies ist ebenso in Abb. 13 dargestellt, die Pumpe ist dabei mit FU gekennzeichnet. Mit einer frequenzgesteuerten Pumpe kann die mittlere Temperatur beim Verdampfer ebenso verringert werden. Die Vorlauftemperatur in die Wärmepumpe bleibt dabei unverändert und entspricht der Temperatur beim Austritt der Erdsonde. Mit einem geringeren Sole Durchfluss beim Verdampfer und bei gleicher Übertragungsleistung muss das Delta T beim Wärmetauscher grösser werden. Damit ist also die Austrittstemperatur beim Verdampfer tiefer und die mittlere Temperatur beim Verdampfer verringert sich. Dies kann das Auftreten der Druckstörung in den meisten Fällen vermeiden. Liegt die Eintrittstemperatur jedoch länger über 25°C und soll dabei eine mittlere Temperatur von 20°C erreicht werden, muss das Delta T 10°C betragen. Dies ist für den Betrieb der Wärmepumpe ungeeignet, da die Spreizung bei der Wärmepumpe zu hoch ist.

Kältemittelkreis-Wärmetauscher verkleinern → Lösung Anlage Oberfeld

Bei der Anlage Oberfeld ist die Lösung wärmepumpenintern umgesetzt worden. Der Wärmetauscher beim Verdampfer wird partiell umgangen und dadurch «verkleinert»

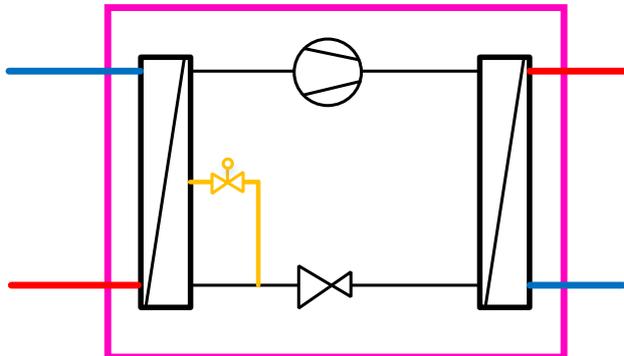


Abb. 14 Prinzipskizze Kältemittelkreis Wärmetauscher mit Teil-Bypass

In Abbildung 14 ist dies schematisch dargestellt. Umgesetzt werden kann dies mit einem Einspritzventil, welches den Eintritt des Kältemittels in die Mitte des Wärmetauschers versetzt. Damit wird die Wärmetauscherfläche verkleinert. Bei kleinerer Wärmetauscherfläche und gleicher Übertragungsleistung verdoppelt sich damit die Temperaturspreizung und die mittlere Temperatur beim Verdampfer sinkt damit. Bei der Anlage Oberfeld wird das in dieser Weise umgesetzt, da die Wärmepumpe technisch bereits dazu vorbereitet ist und nur noch die Steuerung angepasst werden muss.

Bei allen drei Varianten wird die mittlere Temperatur im Wärmetauscher reduziert und damit auch die Effizienz der Wärmepumpe leicht beeinflusst. Da die Verdampfertemperatur dann jedoch ohnehin im oberen Bereich liegt, kann dies vernachlässigt werden. Der Nutzen überwiegt hier klar, da bei dieser Anlage damit die Regenerationstemperatur beim Erdsondenfeld auf 30°C erhöht werden kann ohne dass die Druckstörung bei der WP auftritt. Weiter kann damit die Leistungsaufnahme des Erdsondenfeldes nochmals erheblich gesteigert und dadurch der thermische Ertrag der PVT Anlage.

Ausblick

Nach einem recht positiven ersten Betriebsjahr wird der Abschluss der zweiten Messperiode, die im Herbst 2016 abgeschlossen sein wird, mit Spannung erwartet.

Die Anhebung der Erdsonden-Eintrittstemperatur und die damit verbundenen Massnahmen seitens der Wärmepumpe, sowie die Vermeidung von Verlusten durch das ungewollte beheizen der PVT Module, lassen höhere Solarerträge erwarten.

Die Messung des Stromverbrauches durch den Betreiber soll im nächsten Zwischenbericht eine Bewertung der Jahresarbeitszahl der Wärmepumpen ermöglichen. Somit lässt sich ein Vergleich der Jahresarbeitszahl mit Wärmepumpen ohne regenerierte Erdwärmesonden anstellen.

Danksagung

Dieses Projekt wird unterstützt vom eidgenössischen Bundesamt für Energie, sowie vom Industriepartner Meyer Burger AG und dem Energieversorgungsunternehmen Energie Wasser Bern. Bei diesen möchten wir uns an dieser Stelle bedanken.

Literaturverzeichnis

- [1] <http://www.bfe.admin.ch>
- [2] <http://pvsystems.meyerburger.com>
- [3] <http://www.ewb.ch/de.html>
- [4] <http://wohnenimoberfeld.ch/web/>
- [5] http://www.wohnen-im-oberfeld.ch/Genossenschaft_F.htm
- [6] <http://pvsystems.meyerburger.com/produkte/hybrid/>
- [7] <http://www.spf.ch>