



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und
Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE

Jahresbericht 3. Dezember 2009

IWB – Kundenzentrum Steinen

Erfolgskontrolle

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm «Wärmepumpen, WKK, Kälte»
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Kofinanzierung:

IWB Industrielle Werke Basel, CH-4053 Basel
SVGW Schweizerischer Verein für Gas und Wasser, CH-8603 Schwerzenbach

Auftragnehmer:

Fachhochschule Nordwestschweiz
Institut Energie am Bau
HABG
FHNW
St. Jakob-Strasse 84
CH-4132 Muttenz
www.fhnw.ch

Autoren:

Daniel Mollet, FHNW, daniel.mollet@fhnw.ch
Ralf Dott
Prof. Dr. Thomas Afjei, FHNW, thomas.afjei@fhnw.ch

BFE-Bereichsleiter: Andreas Eckmanns

BFE-Programmleiter: Thomas Kopp

BFE-Vertrags- und Projektnummer: 153'221 / 101'527

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Abstract

Im Neubau des Kundenzentrums der Industriellen Werke Basel IWB in der Steinenvorstadt wird eine gasbetriebene Diffusions-Absorptions-Wärmepumpe (DAWP) kombiniert mit einem Gasheizkessel zur Heizung und Warmwassererzeugung eingesetzt. Die Energiezentrale kann im Wechselbetrieb auch kühlen. Die Speisung der Wärmepumpe und die passive Kühlung sollte ursprünglich durch die Nutzung des Grundwasserstromes realisiert werden. Da der Grundwasserstrom nach dem Bau des Gebäudes zum Erliegen kam, wurden zwei Erdwärmesonden gesetzt und an die Energiezentrale angeschlossen. Der Grundwasseranschluss wurde entfernt.

Die Funktion der gasbetriebenen Wärmepumpe soll in der kommenden Heizperiode überprüft und gemessen werden. In den Sommermonaten ist lediglich der Gasheizkessel zur Erwärmung des Warmwassers aktiv.

Die Kühlleistung der Anlage mit den neuen Erdwärmesonden wird zurzeit noch untersucht und optimiert. Die Austrittstemperatur aus den Erdwärmesonden beträgt in den Sommermonaten 18 bis 20 °C. Temperaturmessungen in den Erdwärmesonden sollen zeigen, warum das so ist und wie der Zustand verbessert werden kann.

Mit den bisherigen Messresultaten können die ersten Kennzahlen zur Erwärmung des Warmwassers und zur passiven Kühlung ermittelt werden.

Die Messungen und die Ermittlung der Kennzahlen für die Heizperiode 2009/2010 sind in Bearbeitung,

Summary

The new customer centre of *IWB Industrielle Werke Basel, Steinenvorstadt* contains a gas powered heat-pump-system combined with a condensing gas-boiler for heating and hot water production. This unit is part of an energy system, which on demand can switch between heating and cooling. Originally the ground-water flow should supply the heat-pump and the cooling system. But the ground-water flow failed and a borehole heat exchanger was installed and connected to the energy system instead.

The performance of the gas powered heat-pump-system will be measured during the next heating period. During the summer months only the condensing gas-boiler is active for the production of hot water.

The cooling performance of the system has to be optimized. The outlet temperature of the borehole heat exchanger during the summer months is between 18 °C and 20 °C which is too high. The measurement of the temperature along the borehole heat exchanger shall give an explanation for that.

During the summer months the first index numbers about cooling-performance and hot water production have been evaluated. The measurement system was tested and optimized at that time and is ready for the heating period 2009/2010.

Projektziele

Das Kundenzentrum Steinen der Industriellen Werke Basel (IWB) wurde grundlegend erneuert und soll die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft erfüllen, d.h. im Gebäudebereich den Minergie-P®-Standard. Neu wird erstmals eine Diffusions-Absorptions-Wärmepumpe (DAWP) eingesetzt, die Erdwärme nutzt und im Heizbetrieb von einer Gastherme unterstützt wird. Die Kühlung im Sommer erfolgt passiv mit Erdwärmesonden. Abgabesystem ist ein Thermoaktives Bauteilsystem (TABS).

Im Erdgeschoss ist das Kundenzentrum der *IWB* untergebracht. Darüber sind sechs Stockwerke. Erdgeschoss und erstes Obergeschoss werden für die Energieberatung der *IWB* genutzt, die restlichen werden zur Vermietung angeboten. In den obersten zwei Stockwerken ist eine Wohnung untergebracht, die bereits bewohnt wird.

Im neu erstellten Kundenzentrum werden moderne Technologien zur Erreichung eines optimalen Raumklimas angewendet. In der Gebäudehülle kommen hocheffiziente Dreifach- bzw. Vierfachverglasungen und spezielle Abschattungs-Jalousien zum Einsatz. Für ein angenehmes Raumklima sorgen das Thermoaktive Bauteilsystem (TABS) und die Komfortlüftung. Das Erdgeschoss und das erste Obergeschoss werden mit einer zentralen Lüftungsanlage belüftet. Die weiteren Obergeschosse verfügen über separate Lüftungsanlagen. Die Wärmeerzeugung für die Heizung erfolgt mit einer an zwei Erdwärmesonden gekoppelten gasbetriebenen Diffusions-Absorptions-Wärmepumpe (DAWP) [2] mit integriertem Gas-Brennwertkessel. Die DAWP liefert gemäss Herstellerangaben eine Heizleistung von maximal 19 kW. Dabei liefert die gasbetriebene Wärmepumpe eine Grundversorgung von 3.6 kW, aufgeteilt in die Brennerleistung von 2.4 kW und einen Umgebungswärmebezug von 1.2 kW. Die Warmwasserbereitung erfolgt ausschliesslich mit dem Gas-Brennwertkessel, der eine Nennleistung von 15 kW hat. Die Raumkühlung erfolgt mit der Lüftungsanlage und dem TABS, welches über einen Plattenwärmetauscher mit den beiden Erdwärmesonden verbunden ist (siehe **Fig. 2**). Bei der eingesetzten DAWP handelt es sich um ein Vorseriengerät, mit welchem erste Erfahrungen und Kennzahlen im Betrieb ermittelt werden sollen.

Gemäss Projektauftrag soll das Betriebsverhalten der neuen Gaswärmepumpe in einem Gesamtkonzept gemessen werden. Diese Ergebnisse sollen dazu dienen, das Betriebsverhalten der Wärmepumpe in neuen Anlagen im Voraus besser beurteilen zu können.

Geplantes Vorgehen

Um Effizienz und Regelverhalten zu ermitteln ist eine messtechnische Erfolgskontrolle vorbereitet. Das Messkonzept ist zweistufig aufgebaut:

- Stufe 1: Energieflüsse und Energiebilanz Sommer/Winter. Es handelt sich dabei um Messgeräte, welche *IWB* installierte und periodisch ausliest. Die Daten dieser Geräte werden von *IWB* einerseits für den Effizienznachweis genutzt und andererseits zur Ermittlung der nachfolgend beschriebenen Kennzahlen an die FHNW weitergeleitet.
- Stufe 2: Dynamische Messung von Temperatur, Durchflüssen und elektrischer Leistung. Diese Daten sind teilweise zur Komplettierung für die Berechnung der Kennzahlen notwendig. Insbesondere die Temperaturen werden aber auch zur Darstellung von längerfristigem Verhalten verwendet.

Die bestehenden Wissenslücken über das Betriebsverhalten eines solchen Konzeptes betreffend optimale Regelstrategie und zu erwartende Wirkung in Bezug auf Energieverbrauch und Komfort sollen mit einer messtechnischen Evaluation geschlossen werden.

Eine interessante Erweiterung der Aufgabe ist die genauere Beurteilung des Kühlverhaltens des Systems. Die Anlage wurde zusätzlich so mit Messgeräten ausgestattet, dass Arbeitszahlen und Systemnutzungsgrade sowohl für die Heizung als auch für die Kühlung ermittelt werden können.

Die messtechnische Auswertung und die Optimierung der Energienutzung der Kälte- und Wärmeversorgung des Gebäudes sollen während eines Jahres durchgeführt werden. Untersucht werden dabei die Themenbereiche Wärmeerzeugung (Heizen und Kühlen) und Warmwasserzeugung.

Die Messdaten werden automatisch erfasst und im 15 Minuten Takt abgespeichert. Die Auswertung erfolgt nach Zusammenführen sämtlicher Messwerte.

Der Projektablauf ist in fünf Etappen gegliedert. Aufgrund der Anpassungen der Anlage werden die Termine folgendermassen angepasst:

- Etappe I: Jan. 2008 – Juni 2008: Entwickeln des Messkonzepts; Definition der zu beantwortenden Fragestellungen und Auswertungen sowie Koordination des Messprojektes mit der Erstellung des Gebäudes (erledigt)
- Etappe II: Juli 2008 – Oktober 2009: Einrichtung, Inbetriebnahme und Anpassung des Messsystems (abgeschlossen)
- Etappe III: Oktober 2009 – September 2010: Messperiode: Erfassung und fortlaufende Bestimmung der Kennzahlen sowie Betriebsoptimierungen (in Arbeit)
- Etappe IV: Okt. 2009 – September 2010: Analyse und Auswertung
- Etappe V: Oktober 2010 – November 2010: Erstellen eines Schlussberichts mit Aussagen über die Energieeffizienz und Verbrauchswerte bezüglich der Themenbereiche Wärmeerzeugung (Heizen und Kühlen) und Warmwasser.

Fragestellung

Die folgenden Fragen sollen auf Basis der Messergebnisse untersucht werden:

- Wie viel Elektrizität und Gas wird jeweils für die Erzeugung von Heizwärme, Warmwasser und Kälte aufgewendet?
- Wie viel Nutzenergie wird bereitgestellt?
- Wie viel Wärme wird im Kühlbetrieb abgeführt?
- Mit welcher Effizienz (Arbeitszahl bzw. Nutzungsgrad) werden Heizwärme, Warmwasser und Raumkühlung in Abhängigkeit der gegebenen Randbedingungen erzeugt?

Bisherige Ergebnisse

Verbrauch und Kennzahlen für den Sommer 2009

			Warmwasser Erzeugung	Warmwasser Verbrauch	Kühlung
Energieverbrauch	ΣE_{el}	kWh	75	97	1'058
	ΣQ_{Gas}	kWh	2'870	2'870	0
	ΣQ_{total}	kWh	2'946	2'946	1'058
Nutzenergie	ΣQ_{Nutz}	kWh	2'054	1'440	8'276
Kennzahlen	WNG	[-]	0.7		10.1
	SNG	[-]		0.5	7.8

Tab. 1: Energiewerte und Kennzahlen Messprojekt IWB Steinen für die Periode 1. 5. bis 30. 9. 2009

Obige Tabelle beinhaltet die Nutzungswerte und Kennzahlen für die Warmwassererzeugung und Kühlung. Die Kennzahlen sind im gleichnamigen Kapitel weiter hinten definiert. Auf eine Auswertung der Heizung in den Sommermonaten wurde verzichtet. Sie wäre wenig sinnvoll, da ausser der verbrauchten elektrischen Energie für den Wärmeerzeuger keine nennenswerte thermische Energie für die Heizung erzeugt wurde. Die Nutzungsgrade zur Erzeugung des Warmwassers sind noch verbesserbar. Die tiefen Nutzungsgrade werden damit begründet, dass der Verbrauch sehr niedrig ist und in den Sommermonaten bei jeder Aktivierung der Funktion Warmwasser der ganze Wärmeerzeuger und die mit dem Kreislauf verbundenen Leitungen erwärmt werden müssen. Die Nutzungsgrade der Kühlung weisen sicher noch ein Verbesserungspotential auf. Die laufenden Temperaturmessungen dieses Messprojekts geben über das Verhalten der Erdwärmesonden einen gewissen Aufschluss. Erwartet wird, dass die Erdwärmesonden während der Heizperiode problemlos genügend Energie an die Gaswärmepumpe liefern werden und dass die Kühlleistung noch verbessert werden kann. In der nachfolgenden Darstellung in Fig. 1 wird der Temperaturverlauf am Erdwärmesondeneintritt und –austritt im Sommer 2009 aufgezeigt.

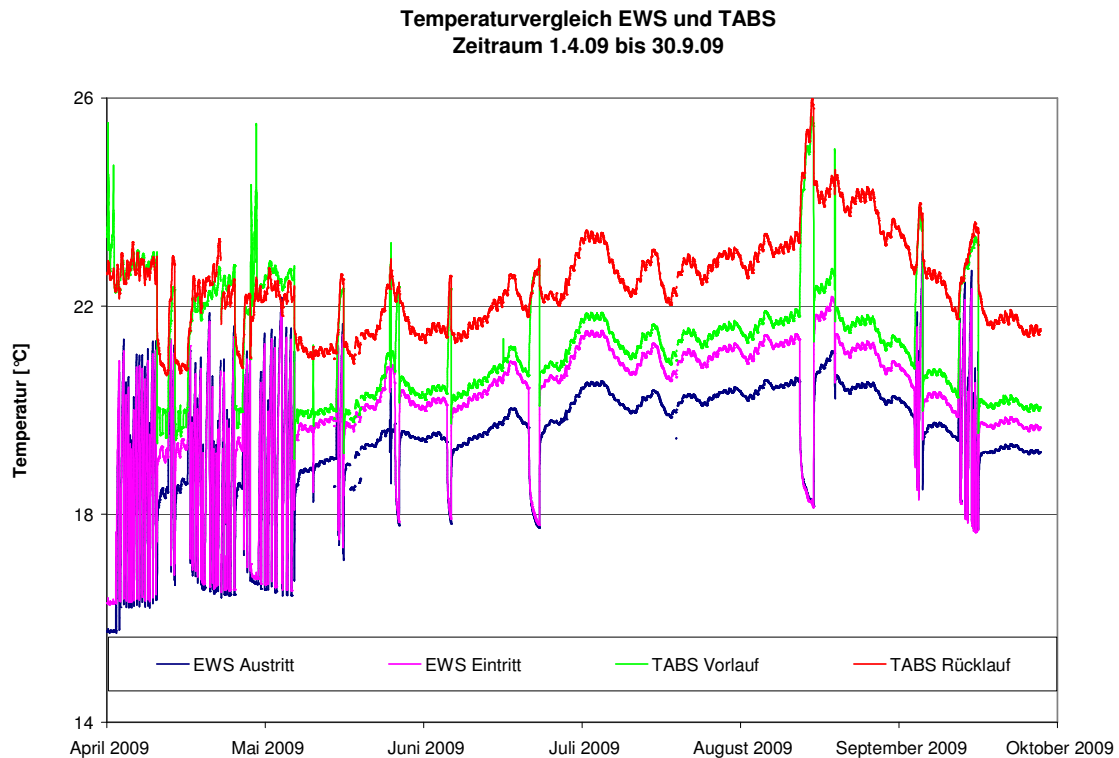


Fig. 1: Temperaturverlauf Erdwärmesondeneintritt und –austritt von April bis September 2009

In Fig. 1 ist der Temperaturverlauf von Erdwärmesondeneintritt und –austritt, sowie TABS-Vorlauf und TABS-Rücklauf im Verlaufe des Sommerhalbjahres 2009 aufgezeigt. Wenn die Kühlung aktiv ist, ergibt sich eine ausgeprägte Temperaturdifferenz zwischen Eintritt und Austritt beziehungsweise Vorlauf und Rücklauf. Die Temperaturdifferenz bei den Erdwärmesonden beträgt ca. 1 Kelvin, jene beim TABS ca. 1.5 Kelvin. Die Grädigkeit des Wärmetauschers ($T_{\text{TABS Rücklauf}} - T_{\text{EWS Eintritt}}$) beträgt im Juli 1.5 bis 2 Kelvin. Gut erkennbar sind der gesamte Anstieg von ca. 3 Kelvin bei allen Temperaturen von April bis Mitte August und die nachfolgende Abnahme von etwa 2 Kelvin bis Ende September. Dort, wo keine Differenz von Eintritt und Austritt bzw. Vorlauf und Rücklauf erkennbar ist, ist die Kühlung nicht aktiv. Dort, wo die Vorlauftemperatur des TABS grösser ist als die Rücklauftemperatur, ist die Heizung aktiv. Auffallend ist, dass die Abkühlung im September schneller verläuft als der Anstieg in den vorhergehenden Monaten. Interessant und aufschlussreich wird das Verhalten in der laufenden Heizperiode sein.

Durchgeführte Arbeiten und Installation der Messtechnik

Nach Fertigstellung und Bezug des Gebäudes im Juli 2008 erfolgte die Installation der Messtechnik gemäss dem vorgängig erarbeiteten Messkonzept. Aufgrund verschiedener Änderungen mussten mehrmals Anpassungen vorgenommen werden.

- Juni 2008: Das Gebäude wurde bezogen. Die DAWP war noch nicht betriebsbereit. Diverse Messgeräte waren vorgesehen aber noch nicht angeschlossen oder montiert.
- Oktober 2008: Die DAWP lieferte Warmwasser und Heizenergie. Die Wärmepumpenfunktion war nicht verfügbar, da vom Grundwasser keine Energie bezogen werden konnte. Für die Messungen in der Energiezentrale wurden Temperatursensoren beschafft und installiert. Diverse Energiemessgeräte und Elektrozähler waren installiert.

Die Datenerfassung erfolgte manuell. Erste Messresultate der Stufe 1 wurden von IWB geliefert.

- November 2008: Anstelle des Grundwassers wurden zwei Erdwärmesonden vorgesehen. Die Gasmessung war komplett. Die Temperatursensoren des Messkonzepts Stufe 2 wurden kalibriert.
- Januar 2009: Der Entscheid für den Einsatz der Erdwärmesonden wurde gefällt. Das Messsystem Stufe 2 (Compact Field Point) wurde installiert.
- Februar 2009: Die Erdsonden wurden gesetzt aber noch nicht angeschlossen. Für die Messdaten der Stufe 2 wurde eine Kommunikation mit DSL-Router vorbereitet. Erste Messresultate der Stufe 2 wurden erfasst, es waren aber noch nicht alle Temperatursensoren richtig montiert.
- April 2009: Die Erdwärmesonden wurden mit der Anlage verbunden und die Regelung für Heizung und Kühlung aktiviert. Die Funktion der Wärmepumpe war noch nicht aktiv, da defekte Steuerelemente der Anlage noch nicht geliefert und ausgetauscht werden konnten. Neue Messgeräte für den Wasser-Glykol Kreislauf wurden bestellt. Die Datenkommunikation der Stufe 2 Compact Field Point konnte über den DSL-Router fertig gestellt und alle Temperaturfühler in der Energiezentrale richtig positioniert und in Betrieb genommen werden.
- Mai 2009: Die Statuserfassung und Energiezähler für die Umwälzpumpen Erdwärmesonden, Warmwasser, TABS und Lüftung wurden installiert und in der Stufe 2 aktiviert (KR111, ER112, KR302, ER304, KR207, ER203, KR208, ER206, siehe Fig. 2)
- Juni 2009: Die Steuerung der DAWP wurde repariert. Die Wärmepumpenfunktion kann daher erst in der folgenden Heizperiode zum Einsatz kommen. Die zwei neuen Energiezähler des Typs Celanec für Wasser-Glykol Gemisch (Terra-Fluid N 20% Volumen) wurden montiert und aktiviert. Die Datenübertragung konnte noch nicht fertig gestellt werden (QIR 124, QIR 125, siehe Fig. 1)
- Juli 2009: Die Aussentemperatur der Energiesteuerung (SAIA) wurde mit der Stufe 2 verbunden.
- August 2009: Man stellte auf Grund erster Messungen fest, dass der Aussenfühler jeweils am Morgen kurzzeitig von der Sonne beschienen wurde, was nicht erwünscht ist. Am 20.8.2009 wurde eine Verschattungsvorrichtung installiert.
- September 2009: Die Datenübertragung der Messstellen (Messwerte Stufe 1) wurden überprüft und wo nötig korrigiert.
- Oktober 2009: Die Erfassung der Raumtemperatur EG, 2.OG und Wohnung ab SAIA Steuerung auf Compact Field Point wurde ausgeführt. Die elektrische Energieaufnahme der Gaswärmepumpe QIR 129, der Steuerung QIR 211 und des Zuluftventilators QIR 305 wurde bisher nicht richtig erfasst. Für diese Messungen wurden neue Energiezähler montiert und ab 2.11.09 eingebunden
-

Datenerfassung und Auswertung

- Alle 15 Minuten erfolgt eine Datenspeicherung. Da die Daten von zwei Systemen bezogen werden, muss die gleiche Zeitbasis verwendet werden und die Systemzeit des Compact Fieldpoint muss über den Time-Server periodisch synchronisiert werden. Die Daten werden immer auf die volle Viertelstunde erfasst und gespeichert, d.h. hh:00, hh:15, hh:30, hh:45.
- Bei den Daten der Messtechnik Stufe 1 handelt es sich ausschliesslich um über die Messperiode aufsummierte Werte. Deshalb werden diese Werte jeweils am Ende der 15 Minuten erfasst und gespeichert.
- Die Daten der Messtechnik Stufe 2 bestehen aus Temperaturen, Schaltzuständen und Impulsen für die Energiemessung. Diese Werte werden jede Minute erfasst. Für die Temperaturen wird der Messwert minütlich erfasst und daraus alle 15 Minuten ein

Mittelwert gebildet und gespeichert. Bei den Schaltzuständen und den Impulsen werden die Summen gebildet.

Kennzahlen

Im Folgenden sind die Definitionen der Kennzahlen angegeben:

- Wärmeerzeugernutzungsgrad (WNG) Heizung (h) & Warmwasser (ww) durch die Wärmepumpe und den Gaskessel erzeugte Wärme für Heizung & Warmwasser dividiert durch den Gasbezug und den elektrischen Energiebezug des Wärmeerzeugers (WE)

$$WNG_{hww} = \frac{\sum Q_{h,WE-TABS} + \sum Q_{ww,WE-ww}}{\left[\sum (V_{hww,WE,Gas} \times Ho) + \sum E_{hww,WE,el} \right]} \quad \text{Gl. 1}$$

- Systemnutzungsgrad (SNG) Heizung (h) & Warmwasser (ww) in den Räumen genutzte Wärme für Raumheizung & Warmwasser dividiert durch den Gasbezug und den elektrischen Energiebezug der Wärmeerzeugung (WE) sowie dem elektrischen Energiebezug der Umwälzpumpen Heizung (TABS) und der Warmwasserzirkulation (ZIRK)

$$SNG_{hww} = \frac{\sum Q_{h,WE-TABS} + \sum (V_{ww,USE} \times \rho \times cp \times \Delta T)}{\left[\sum (V_{hww,WE,Gas} \times Ho) + \sum E_{hww,WE,el} + \sum E_{h,TABS,el} + \sum E_{ww,Zirk,el} \right]} \quad \text{Gl. 2}$$

- Wärmeerzeugernutzungsgrad (WNG) Kühlung (c) Abgeführte Wärme an die Erdsonden (EWS) für Raumkühlung (c) dividiert durch den elektrischen Energiebezug der Umwälzpumpe (EWS) der Erdsonden und der Regeleinrichtung (CTR). Da mit den Erdsonden nur passiv gekühlt wird, entspricht der Wärmeerzeugernutzungsgrad (WNG) einem elektrothermischen Verstärkungsfaktor (ETV).

$$WNG_c = \frac{\sum Q_{c,AC} + \sum Q_{c,TABS}}{\left[\sum E_{c,EWS,el} + \sum E_{c,CTR} \right]} \quad \text{Gl. 3}$$

- Systemnutzungsgrad (SNG) Kühlung (k) über Luftregister und TABS aus den Räumen und der Wohnung abgeführte Wärme dividiert durch den elektrischen Energiebezug der Umwälzpumpen der Erdwärmesonden (EWS), die Wärmeverteilung & -übergabe sowie für die Regelung (nur passive Kühlung)

$$SNG_c = \frac{\sum Q_{c,AC} + \sum Q_{c,TABS}}{\left[\sum E_{c,EWS,el} + \sum E_{c,TABS,el} + \sum E_{c,AC,el} + \sum E_{c,CTR} \right]} \quad \text{Gl. 4}$$

Die Messpunkte wurden so gewählt, dass die Energieflüsse und Zustandsbeschreibungen ermittelt werden können. In **Fig. 2** sind die Messpunkte im Anlagenschema dargestellt.

Legende
Temperatur Registrierung
Durchfluss Registrierung, Summe
Feuchte Registrierung
Wärmemenge Registrierung, Summe
el. Leistung Registrierung
Laufzeit Registrierung

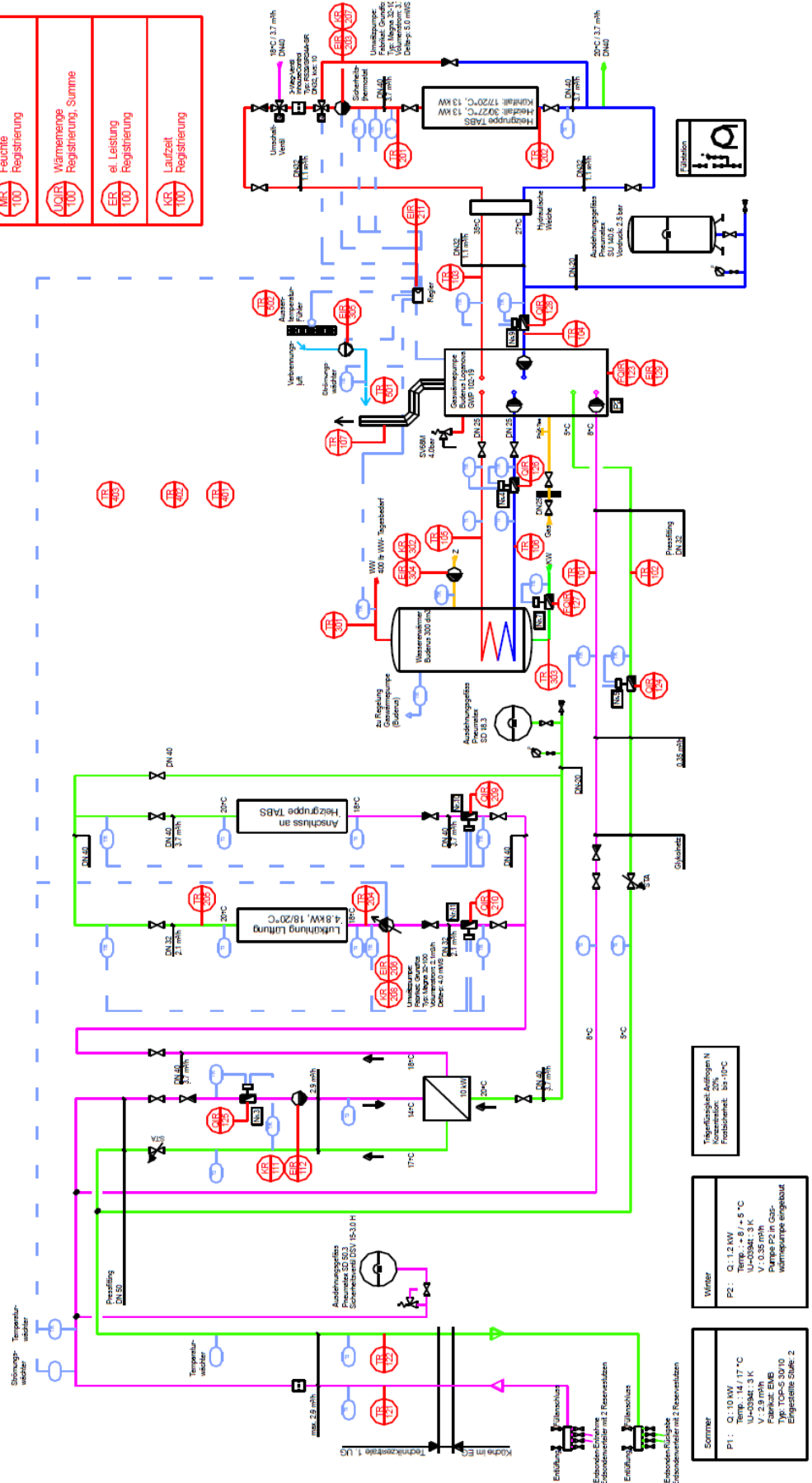


Fig. 2: Messpunkte der Wärme-/Kälteerzeugung dargestellt im Prinzipschema Wärmezeugung und -Verteilung

Variablen- und Symbolverzeichnis

100: Wärme- & Kälteerzeugung 200: Wärmeverteilung & -übergabe 300: Trinkwasser
 400: Gebäude 500: Wetter / Umgebungsbedingungen 600: Lüftung

Tab. 2: Messpunkte aus Messkonzept Stufe 1

Messst. Nr.	Messgrösse	Erfassung	Symbol	Einheit
123	bezogene Energie Gas WE	IWB [1]	$V_{hww,WE,Gas}$	M^3
	bezogene Energie Gas WP	rechn.	$V_{h,WP,Gas}$	M^3
124	bezogene Wärme WE-EWS	IWB [5]	$Q_{h,WE-EWS}$	kWh
	bezogene Energie Gas Heizkessel	rechn.	$Q_{h,Hk,Gas}$	kWh
125	bezogene Energie Erdsonden Kühlen	IWB [3]	$Q_{c,EWS}$	kWh
126	erzeugte Wärme Warmwasser	IWB [4]	$Q_{ww,WE}$	kWh
127	bezogene Wärme Warmwasser total	IWB [7]	$V_{ww,USE}$	M^3
128	bezogene Wärme Heizen total	IWB [9]	$Q_{h,WE-TABS}$	kWh
209	bezogene Wärme Kühlen TABS (Bü/Woh)	IWB [10]	$Q_{c,TABS}$	kWh
210	bezogene Wärme Kühlen Lüftung	IWB [11]	$Q_{c,AC}$	kWh
129	bezogene Energie Elektrizität WE	IWB [19]	$E_{hww,WE,el}$	kWh
211	bezogene Energie Elektrizität Steuerung	IWB [20]	$E_{chww,CTR,el}$	kWh
305	bezogene Energie Elektrizität Zuluftventilator	IWB [21]	$E_{hww,ZL,el}$	kWh

100: Wärme- & Kälteerzeugung 200: Wärmeverteilung & -übergabe 300: Trinkwasser

Tab. 3: zusätzliche Messpunkte Stufe 2, SVGW / IEBau-FHNW

Messst. Nr.	Prinzip	Messgrösse	Erfassung	Symbol	Einheit
101	PT100	Temperatur von Erdsonde zu WE (Vorlauf)	cFP	$\theta_{h,WE-EWS,vl}$	°C
102	PT100	Temperatur von WE zur Erdsonde (Rücklauf)	cFP	$\theta_{h,WE-EWS,rl}$	°C
103	PT100	Temperatur WE Heizen Vorlauf	cFP	$\theta_{h,WE-TABS,vl}$	°C
104	PT100	Temperatur WE Heizen Rücklauf	cFP	$\theta_{h,WE-TABS,rl}$	°C
105	PT100	Temperatur WE WW-Ladekreis Vorlauf	cFP	$\theta_{w,WE-ww,vl}$	°C
106	PT100	Temperatur WE WW-Ladekreis Rücklauf	cFP	$\theta_{w,WE-ww,rl}$	°C
107	PT100	Temperatur Abgas	cFP	$\theta_{hw,WE,ex}$	°C
108	Status	Laufzeit Umwälzpumpe WE-Grundwasserkreis	-	$K_{h,WE-EWS,el}$	0/1
109	Status	Laufzeit Umwälzpumpe WE-Heizkreis	-	$K_{h,WE-TABS,el}$	0/1

110	Status	Laufzeit Umwälzpumpe WE-WW-Ladekreis	-	$K_{w,WE-ww,el}$	0/1
111	Status	Laufzeit Umwälzpumpe Erdsonden	cFP	$K_{c,EWS,el}$	0/1
112	Stromz.	El. Energiebezug Umwälzpumpe Erdsonden	cFP	$E_{c,EWS,el}$	kWh
121	PT100	Temperatur Erdsonden Austritt	cFP	$\theta_{c,EWS,vi}$	°C
122	PT100	Temperatur Erdsonden Eintritt	cFP	$\theta_{c,EWS,ri}$	°C
201	PT100	Temperatur Wärmeübergabe TABS Vorlauf	cFP	$\theta_{ch,TABS,vi}$	°C
202	PT100	Temperatur Wärmeübergabe TABS Rücklauf	cFP	$\theta_{ch,TABS,ri}$	°C
203	Stromz.	el. Energiebezug Umwälzpumpe TABS	cFP	$E_{ch,TABS,el}$	kWh
204	PT100	Temperatur Wärmeübergabe Luft Vorlauf	cFP	$\theta_{c,AC,vi}$	°C
205	PT100	Temperatur Wärmeübergabe Luft Rücklauf	cFP	$\theta_{c,AC,ri}$	°C
206	Stromz.	el. Energiebezug Umwälzpumpe Luftkühler	cFP	$E_{v,AC,el}$	kWh
207	Status	Laufzeit Umwälzpumpe TABS	cFP	$K_{ch,TABS,el}$	0/1
208	Status	Laufzeit Umwälzpumpe Luftkühler	cFP	$K_{v,AC,el}$	0/1
301	PT100	Temperatur Warmwasser	cFP	$\theta_{w,ww-USE}$	°C
302	Status	Laufzeit Umwälzpumpe WW-Zirkulation	cFP	$K_{w,ww,el}$	0/1
303	PT100	Temperatur Kaltwasser	cFP	$\theta_{w,ww}$	°C
304	Stromz.	el. Energiebezug Umwälzpumpe WW-Zirkulation	cFP	$E_{w,ww,el}$	kWh
400	PT100	Raumtemperaturen	dez. Logger	$\theta_{ch,RL}$	°C
401	Ni1000	Raumtemperatur EG (ab SAIA Steuerung)	cFP	$\theta_{ch,RT}$	°C
402	Ni1000	Raumtemperatur 2. OG (ab SAIA Steuerung)	cFP	$\theta_{ch,RT}$	°C
403	Ni1000	Raumtemperatur Wohnung (ab SAIA Steuerung)	cFP	$\theta_{ch,RT}$	°C
501	PT100	Temperatur Zuluft	cFP	$\theta_{ch,ZL}$	°C
502	Ni1000	Temperatur Aussenluft (ab SAIA Steuerung)	cFP	$\theta_{ch,AL}$	°C

Tab. 4 Variablen

Variable	Beschreibung	Einheit
AZ	Arbeitszahl	[-]
C_p	Wärmekapazität	[kWh/kgK]
E	Elektrische Energie	[kWh]

F	Faktor	[-]
F	Durchfluss	[m ³ /h]
Ho	Heizwert	[kWh/m ³]
JAZ	Jahres-Arbeitszahl	[-]
K	Zeitgrösse	[h]
NG	Nutzungsgrad	[-]
Q	Als Erstbuchstabe Wärme-Energie, als Zweitbuchstabe Summe	[kWh], [MJ]
SNG	Systemnutzungsgrad	[-]
V	Volumen	[m ³]
WNG	Wärmeerzeugernutzungsgrad	[-]
ρ	Dichte	[kg/m ³]
ΔT	Temperaturdifferenz	[K]
θ oder T	Temperatur	[°C] oder [K]

Tab. 5: Indizes

Index	Beschreibung
c	Kälte
h	Heizung
p	Primärenergie
v	Lüftung
ww	Warmwasser
AC	Lüftung
AL	Aussenluft
CTR	Regelung
EWS	Erdwärmesonde
HK	Heizkessel
RL	Raumluft
RT	Raumtemperatur
TABS	Thermoaktives Bauteilsystem
USE	Verbrauch
WE	Wärmeerzeuger
WP	Wärmepumpe

Zirk	Zirkulation
ZL	Zuluft
el	Elektrische Energie
ex	Fortluft Wärmeerzeuger
Gas	Gas
vl	Vorlauf
rl	Rücklauf
Tot	Total

Nationale Zusammenarbeit

Die Arbeiten erfolgen in Zusammenarbeit mit den Industriellen Werken Basel IWB (Bauherr) und dem Schweizerischen Verein des Gas- und Wasserfaches SVGW.

Bewertung 2009 und Ausblick 2010

Die Energiezentrale der IWB wurde installiert und in Betrieb genommen. Die Nutzung des Grundwassers konnte nicht durchgeführt werden, da der ursprünglich gemessene Grundwasserstrom nach der Errichtung des Gebäudes nicht mehr in ausreichender Menge vorhanden war. Anstelle des Grundwassers wurden zwei Erdwärmesonden installiert und in Betrieb genommen.

Im ersten Sommer konnte die erwünschte Kühlleistung noch nicht erreicht werden. Die momentane Kühlleistung beträgt lediglich etwa 3 kW. Das sind rund 25% vom geforderten Wert. Die Wassererwärmung erfolgt zufriedenstellend, allerdings kann wegen der Standby-Verluste nur etwa die Hälfte des Energieaufwands auf Stufe Nutzenergie als Warmwasser genutzt werden.

Bisher trat beim Start des Wärmepumpenbetriebs zweimal ein Ausfall auf. Nach Berücksichtigung der ersten Erfahrungen ist unsicher, ob die DAWP im Rahmen des Messprojekts erfolgreich in Betrieb genommen werden kann. In diesem Zusammenhang muss angemerkt werden, dass es sich bei der eingesetzten DAWP um einen Prototypen handelt.

Die Messung und die Auswertung konnten wegen der geschilderten Probleme nicht ganz fristgerecht gestartet werden. Wir erwarten aber zum jetzigen Zeitpunkt nicht, dass eine Verschiebung des Schlusstermins notwendig ist.

Referenzen

- [1] **Reglement zur Nutzung der Qualitätsmarke MINERGIE®**, Verein MINERGIE, Bern, Jan. 2005, <http://www.minergie.ch>
- [2] <http://www.erdgas.ch/de/energietraeger-erdgas/gaswaermepumpe/wie-funktioniert-eine-gaswaermepumpe/diffusions-absorptions-waermepumpe.html>
- [3] **SIA Effizienzpfad Energie, SIA Dokumentation D 0216**, Zürich, Juni 2006; <http://www.sia.ch>