



IWB – KUNDENZENTRUM NEUBAU STEINEN

ERFOLGSKONTROLLE DER ERDGEKOPPELTEN DIFFUSIONS-ABSORPTIONS-WÄRMEPUMPE ZUM HEIZEN UND KÜHLEN

Jahresbericht 2008

Autor und Koautoren	Daniel Mollet, Ralf Dott, Prof. Dr. Thomas Afjei
beauftragte Institution	Institut Energie am Bau, HABG, FHNW
Adresse	St. Jakob-Strasse 84, 4132 Muttenz
Telefon, E-mail, Internetadresse	061 / 467 43 86, daniel.mollet@fhnw.ch, www.fhnw.ch/hls/icb/ 061 / 467 43 49, thomas.afjei@fhnw.ch, www.fhnw.ch/iebau/
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	101'527 / 153'221
BFE-Projektbegleiter	Th.Kopp, externer F&E-Programmleiter Ressortforschungsprogramm Wärmepumpen, WKK, Kälte
Dauer des Projekts (von – bis)	15. Februar 2008 bis 30. November 2010
Datum	18. November 2008

ZUSAMMENFASSUNG

Im Neubau des Kundenzentrums der Industriellen Werke Basel IWB in der Steinenvorstadt wird eine gasbetriebene Wärmepumpe kombiniert mit einem Gasheizkessel zur Heizung und Warmwassererzeugung eingesetzt. Das Gerät ist Bestandteil einer Energiezentrale, welche im Wechselbetrieb auch kühlen kann. Die Speisung der Wärmepumpe und der Kühlung sollte durch die Nutzung des Grundwasserstromes realisiert werden. Zur Unterstützung soll der Einsatz einer Erdsonde realisiert werden. Dieser Entscheid ist jedoch noch hängig. Mit den beschriebenen Massnahmen soll eine möglichst hohe Energieeffizienz erreicht werden. Im hier laufenden Messprojekt wird die Effizienz der Wärmeerzeugung und Verteilung untersucht. Das Gebäude wurde im MINERGIE-P®-Standard erstellt und unter BS-005-P registriert. Es wurde im Juli 2008 dem Betrieb übergeben.

Die Arbeiten im Berichtsjahr 2008 konnten entsprechend der Planung und dem Ausführungsstand ausgeführt werden. Das Messkonzept wurde erstellt. Die Implementierung der Messwerterfassung ist in Arbeit und wird demnächst abgeschlossen. Die Installation des Messsystems ist teilweise realisiert und soll noch im laufenden Jahr abgeschlossen werden. Anschliessend erfolgt die Betriebsoptimierung, damit ab Frühjahr 2009 die geplante Messperiode gestartet und die Resultate ausgewertet werden können.

Projektziele

In der Steinenvorstadt 14 in Basel wurde das neue Kundenzentrum der *IWB Industrielle Werke Basel* erstellt und im Juli 2008 in Betrieb genommen (siehe Fig. 1). Das Gebäude wurde im MINERIGE-P®-Standard [1] erstellt und ist unter BS-005-P registriert. Im Erdgeschoss ist das Kundenzentrum der *IWB* untergebracht. Darüber sind vier Stockwerke. Eines davon (durch eine interne Treppe mit dem EG verbunden) wird für die Energieberatung der *IWB* genutzt, die restlichen werden vermietet. In den obersten zwei Stockwerken ist eine Wohnung untergebracht.

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 sollen die thermische Bauteilaktivierung (TABS) und die Komfortlüftung sorgen. Das Erdgeschoss und 1. Obergeschoss werden mit einer zentralen Lüftungsanlage belüftet. Die weiteren Obergeschosse verfügen über separate Lüftungsanlagen. Die Wärmeenergie für Heizung erfolgt mit einer an das Grundwasser gekoppelten gasbetriebenen Diffusions-Absorptions-Wärmepumpe (DAWP) [2] mit integriertem Gas-Brennwertkessel (siehe Fig. 2). Dabei handelt es sich um eine Buderus Loganova GWP 102-19. Das Gerät 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 19 kW hat. Zur Raumkühlung können die Lüftungsanlage und das TABS an den Grundwasserkreis angekoppelt werden (siehe Fig. 3 & Fig. 4).



Fig. 1: Ansicht des Gebäudes Kundenzentrum IWB 2008

Ziel dieser Arbeit ist die messtechnische Auswertung der Kälte- und Wärmeversorgung des Gebäudes „Kundenzentrum IWB“ während einer einjährigen Messdauer. Die Energiebilanzen für die Kälte- und

Wärmeerzeugung werden mittels Temperaturen, Energiezählern und Laufzeiten in der Energiezentrale berechnet. Untersucht werden dabei die Themenbereiche Wärmeerzeugung (heizen und kühlen) und Warmwasser.

Die Messdaten werden automatisch erfasst und alle 15 Minuten abgespeichert. Die Auswertung erfolgt nach zusammenführen sämtlicher Messwerte.

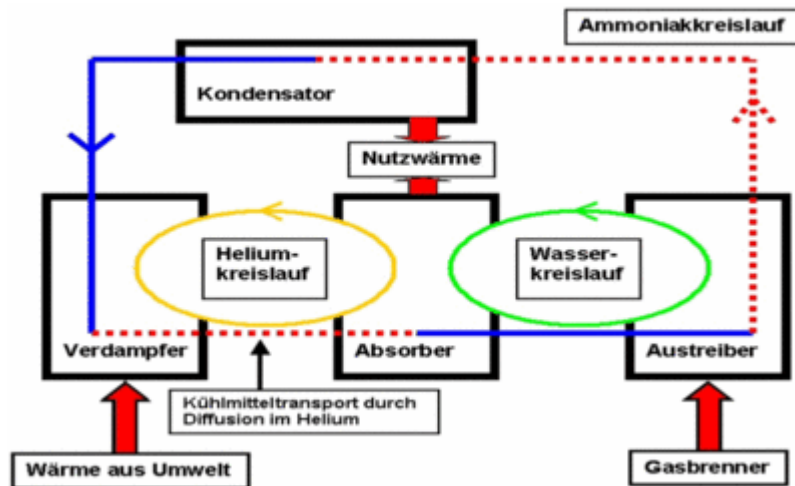


Fig. 2: Schema der Funktionsweise der Diffusions-Absorptions-Wärmepumpe DAWP [2]

Der Projektablauf ist in folgende fünf Etappen gegliedert:

- 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
- Etappe II: Juli 2008 – März 2009: Einrichtung und **Inbetriebnahme** des Messsystems & Betriebsoptimierung
- Etappe III: April 2009 – Juni 2010: **Messperiode**: Erfassung und fortlaufende Aufbereitung der Messdaten sowie eventuelle Anpassungen der Messzyklen.
- Etappe IV: Okt. 2009 – Juli 2010: Analyse und **Auswertung** der Messdaten
- Etappe V: Juli 2010 – Sept. 2010: Erstellen eines technischen **Berichtes** mit Aussagen über die Energieeffizienz und Verbrauchswerte bezüglich der Themenbereiche Wärmeerzeugung und Warmwasser. Öffentlichkeitsarbeit in Form einer Publikation in einer technischen Fachzeitschrift.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Nach Fertigstellung und Bezug des Gebäudes im Juli dieses Jahres erfolgt die Installation der Messtechnik gemäss dem vorgängig erarbeiteten Messkonzept. Diese ist zur Zeit der Berichtsverfassung teils realisiert teils noch in der Umsetzung.

Die folgenden Fragestellungen sollen auf Basis der Messergebnisse untersucht werden:

- Welche Verbraucherzahlen werden mit der installierten Energiezentrale erreicht?
- Wie viel Heizwärme wird insgesamt erzeugt? Wie viel Wärme wird im Kühlbetrieb abgeführt?
- Wie viel Wärme wird für die Erzeugung des Warmwassers benötigt?
- Wie viel Elektrizität und Gas wird jeweils für die Erzeugung von Heizwärme, Warmwasser und Kälte aufgewendet?
- Mit welcher Effizienz (Arbeitszahl bzw. Nutzungsgrad) werden Heizwärme, Warmwasser, Raumkühlung in Abhängigkeit der gegebenen Randbedingungen erzeugt?

Kennzahlen

- Arbeitszahl der Wärmepumpe (JAZ) Heizung (h)
durch die Wärmepumpe erzeugte Wärme für Heizung dividiert durch den elektrischen Energiebezug und den Gasbezug der Wärmepumpe (WP) inklusive der Umwälzpumpen (UWP) für die Wärmequelle Grundwasser (GW + GWK)

$$AZ_h = \frac{Q_{hWP}}{[E_{gasWP} + E_{elWP} + E_{WP-UWP-GWK} + E_{UWP-GW}]_h} \quad \text{Gl. 1}$$

- Wärmeerzeugernutzungsgrad (WNG) Heizung (h) & Warmwasser (ww)
durch die Wärmepumpe und den Gaskessel erzeugte Wärme für Heizung & Warmwasser dividiert durch den Gasbezug von Wärmepumpe (WP) und Gaskessel (GK) und den elektrischen Energiebezug der Wärmepumpe und der Umwälzpumpen (UWP) für die Wärmequelle Grundwasser (GW + GWK)

$$WNG_{hww} = \frac{Q_{hWP+GK} + Q_{wwGK}}{[E_{gas} + E_{elWP} + E_{WP-UWP-GWK} + E_{UWP-GW}]_{hww}} \quad \text{Gl. 2}$$

- Systemnutzungsgrad (SNG) Heizung (h) & Warmwasser (ww)
in den Räumen genutzte Wärme für Raumheizung & Warmwasser dividiert durch den Gasbezug und den elektrischen Energiebezug von Wärmepumpe (WP) und Gaskessel (GK) mit den Umwälzpumpen (UWP) für Wärmequelle Grundwasser (GW + GWK), Heizkreis (HK), Wärmeverteilung und -übergabe (WVÜ) und Warmwasser-Zirkulation (ZIRK)

$$SNG_{hww} = \frac{Q_h + Q_{ww}}{[E_{gas} + E_{elWP} + E_{WP-UWP-GWK} + E_{UWP-GW} + E_{UWP-HK} + E_{WVÜ-UWP-TABS} + E_{wwZIRK}]_{hww}} \quad \text{Gl. 3}$$

- Wärmeerzeugernutzungsgrad (WNG) Kühlung (k)
über Luftregister und TABS an das Grundwasser (GW) abgeführte Wärme für Raumkühlung (k) dividiert durch den elektrischen Energiebezug der Umwälzpumpe (UWP) für Grundwasserfassung und den elektrischen Verbrauch für die Regelung (RGL).
Da mit der Grundwasserkälte nur passiv gekühlt wird, entspricht der Wärmeerzeugernutzungsgrad (WNG) einem elektrothermischen Verstärkungsfaktor (ETV).

$$WNG_k = \frac{Q_{kLü} + Q_{kTABS}}{[E_{UWP-GW} + E_{RGL}]_k} \quad \text{Gl. 4}$$

- Systemnutzungsgrad (SNG) Kühlung (k)
über Luftregister und TABS aus den Wohnungen abgeführte Wärme dividiert durch elektrischen Energiebezug der Umwälzpumpen für die für Grundwasserfassung (GW), die Wärmeverteilung & -übergabe und den Aufwand für die Regelung.

$$SNG_k = \frac{Q_{kLü} + Q_{kTABS}}{[E_{UWP-GW} + E_{WVÜ-UWP-TABS} + E_{WVÜ-UWP-Lü} + E_{RGL}]_k} \quad \text{Gl. 5}$$

Die Messpunkte wurden so gewählt, dass die Energieflüsse und Zustandsbeschreibungen der erwähnten Bilanzgrenzen ermittelt werden können. In Fig. 3 und Fig. 4 sind die Messpunkte im Anlagenschema der Wärmeversorgung dargestellt. Die detaillierten Beschreibungen der Messpunkte befinden sich in den Tab. 1 und Tab. 2 im Anhang.

Ein Teil der Messgrößen wird dabei über speziell installierte Sensoren und einen Datenlogger aufgezeichnet (Compact Field Point, Tab. 1). Der andere Teil über eine Abfrage und Protokollierung bestehender Energiezähler in einem M-Bus Netzwerk der IWB (Tab. 2), die auch für ein separates Messprojekt zur Überprüfung der Energieflüsse nach der Struktur des SIA Effizienzpfades Energie [3] verwendet werden.

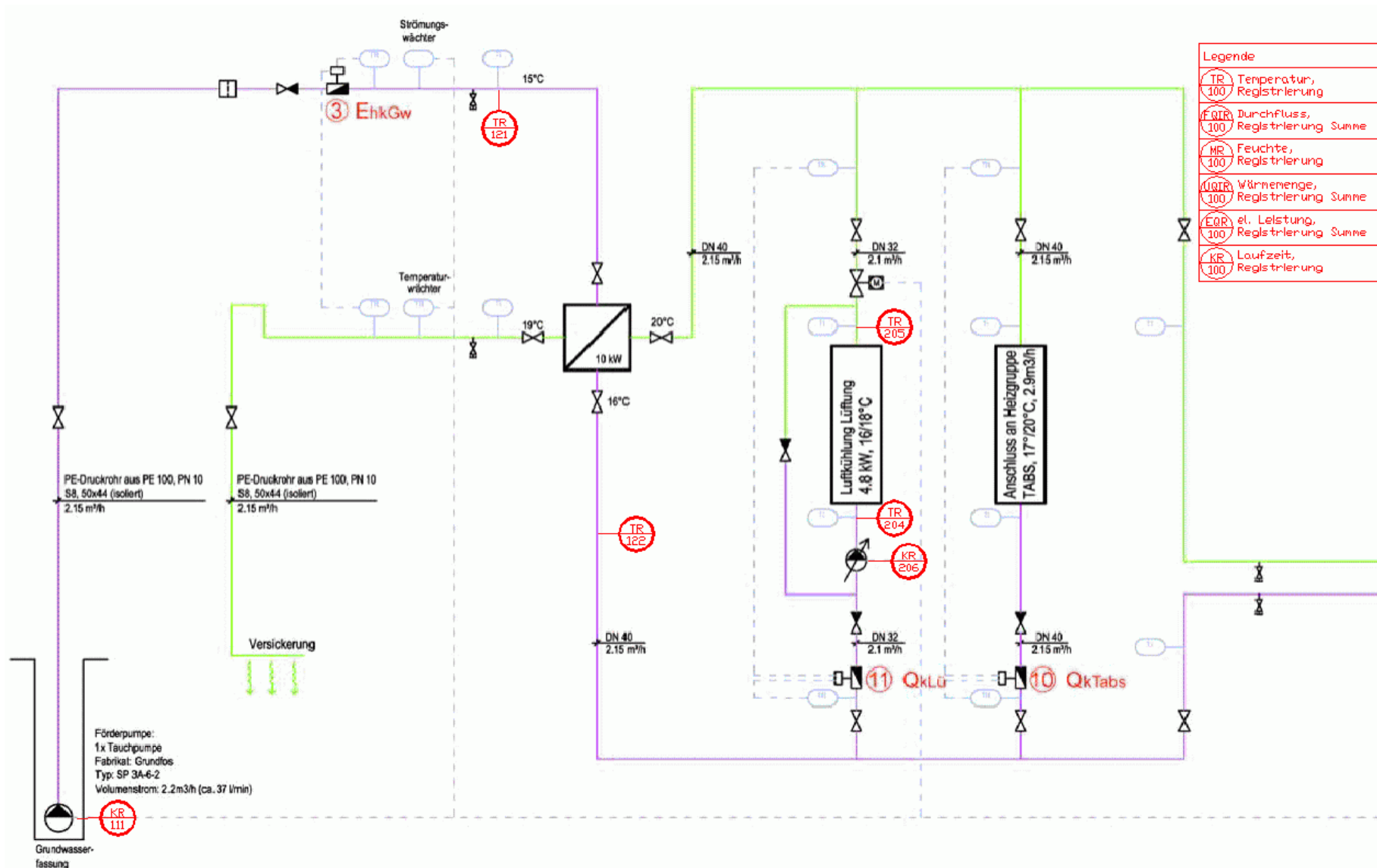


Fig. 3: Messpunkte der Wärme- / Kälterzeugung dargestellt im Prinzipschema – Wärmequelle Grundwasser und Kälteanbindung

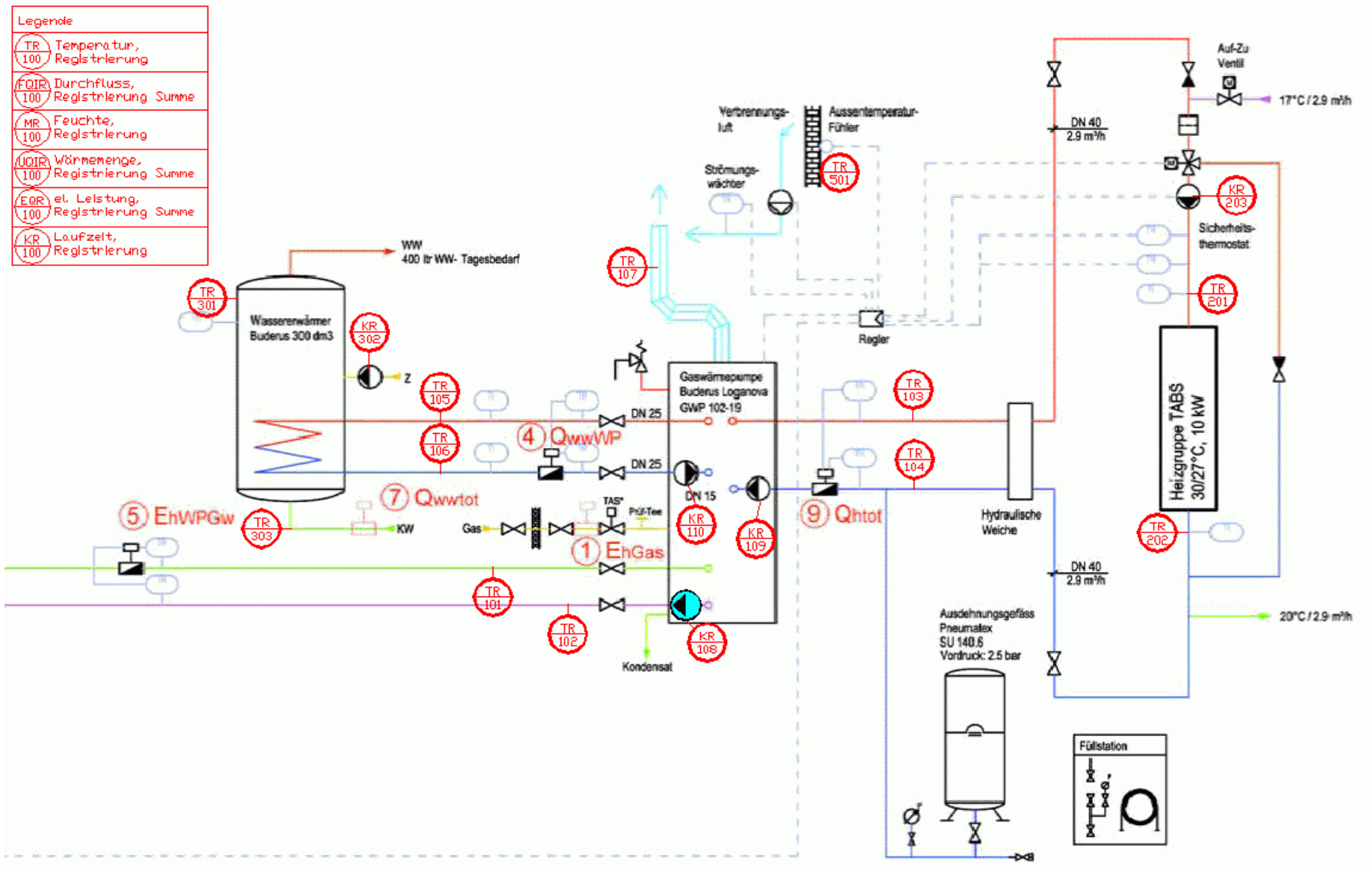


Fig. 4: Messpunkte der Wärme- / Kälteerzeugung dargestellt im Prinzipschema – Wärmeerzeugung und -verteilung

Nationale Zusammenarbeit

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

Internationale Zusammenarbeit

Keine.

Bewertung 2008 und Ausblick 2009

Die Energiezentrale der IWB wurde installiert und in Betrieb genommen. Die Nutzung des Grundwassers konnte nicht vollumfänglich durchgeführt werden, da der ursprünglich gemessene Strom nach der Errichtung des Gebäudes nicht mehr vorhanden war. Da dadurch zu wenig Kühlleistung zur Verfügung steht, muss voraussichtlich eine Erdsonde eingesetzt werden. Die Installation soll bis Frühjahr 2009 erfolgen.

Das Messprojekt wird dennoch mit den ursprünglichen Zielen weiter verfolgt, da davon ausgegangen werden darf, dass die Erdsonde als Ersatz für das Grundwasser realisiert wird und die gesamte Anlage gemäss ihrer ursprünglichen Planung funktionieren wird.

Referenzen

- [1] **Reglement zur Nutzung der Qualitätsmarke MINERGIE®**, Verein MINERGIE, Bern, Jan. 2005, <http://www.minergie.ch>
- [2] <http://www.erdgas.ch/de/energetraeger-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>

Anhang

Tab. 1: zusätzliche Messpunkte Stufe2, SVGW / IE Bau-FHNW

Messst. Nr.	Prinzip	Messgrösse	Erfassung	Symbol	Einheit
101	PT100	Temperatur WP Grundwasserkreis Vorlauf	cFP	$\theta_{WP-GWK-VL}$	°C
102	PT100	Temperatur WP Grundwasserkreis Rücklauf	cFP	$\theta_{WP-GWK-RL}$	°C
103	PT100	Temperatur WP Heizen Vorlauf	cFP	$\theta_{WP-VL-h}$	°C
104	PT100	Temperatur WP Heizen Rücklauf	cFP	$\theta_{WP-RL-h}$	°C
105	PT100	Temperatur WP WW-Ladekreis Vorlauf	cFP	$\theta_{WP-VL-ww}$	°C
106	PT100	Temperatur WP WW-Ladekreis Rücklauf	cFP	$\theta_{WP-RL-ww}$	°C
107	PT100	Temperatur Abgas	cFP	θ_{WP-ABG}	°C
108	Status	Laufzeit Umwälzpumpe WP Grundwasserkreis	cFP	$Z_{WP-UWP-GWK}$	0/1
109	Status	Laufzeit Umwälzpumpe WP Heizkreis	cFP	$Z_{WP-UWP-h}$	0/1
110	Status	Laufzeit Umwälzpumpe WP WW-Ladekreis	cFP	$Z_{WP-UWP-ww}$	0/1
111	Status	Laufzeit Umwälzpumpe Grundwasserfassung	cFP	Z_{UWP-GW}	0/1
121	PT100	Temperatur Grundwasserfassung Austritt	cFP	θ_{GW-Aus}	°C
122	PT100	Temperatur Grundwasserkreis Kühlvorlauf	cFP	$\theta_{GWK-VL-k}$	°C
201	PT100	Temperatur Wärmeübergabe TABS Vorlauf	cFP	$\theta_{WVÜ-TABS-VL}$	°C
202	PT100	Temperatur Wärmeübergabe TABS Rücklauf	cFP	$\theta_{WVÜ-TABS-RL}$	°C
203	Stromz.	el. Energiebezug Umwälzpumpe TABS	cFP	$E_{WVÜ-UWP-TABS}$	kWh
204	PT100	Temperatur Wärmeübergabe Luft Vorlauf	cFP	$\theta_{WVÜ-Lü-VL}$	°C
205	PT100	Temperatur Wärmeübergabe Luft Rücklauf	cFP	$\theta_{WVÜ-Lü-RL}$	°C
206	Stromz.	el. Energiebezug Umwälzpumpe Luftkühler	cFP	$E_{WVÜ-UWP-Lü}$	kWh
301	PT100	Temperatur Warmwasser	cFP	θ_{ww}	°C
302	Status	Laufzeit Umwälzpumpe WW-Zirkulation	cFP	$Z_{ww-UWP-Zirk}$	0/1
303	PT100	Temperatur Kaltwasser	cFP	θ_{kw}	°C
40i	PT100	Raumtemperaturen	dez. Logger	θ_{RL-i}	°C
501	PT100	Temperatur Aussenluft	cFP	θ_{AUL}	°C

100: Wärme- & Kälteerzeugung

200: Wärmeverteilung & -übergabe

300: Trinkwasser

400: Gebäude

500: Wetter / Umgebungsbedingungen

600: Lüftung

Tab. 2: Messpunkte aus Messkonzept Stufe1

Messst. Nr.	Messgrösse	Erfassung	Symbol	Einheit
1	bezogene Energie Gas total	IWB	$E_{h\ gas}$	m ³
2	bezogene Energie Gas WP	IWB	E_{hWPgas}	m ³
5	bezogene Wärme WP Grundwasser	IWB	E_{hWPGW}	kWh
[-]	bezogene Energie Gas Heizkessel	rechn.	E_{hGKgas}	kWh
3	bezogene Energie Grundwasser Heizen	IWB	E_{hGW}	kWh
4	erzeugte Wärme Warmwasser	IWB	Q_{wwWP}	kWh
[6]	bezogene Wärme Warmwasser Wohnung	IWB	V_{wwWoh}	m ³
7	bezogene Wärme Warmwasser total	IWB	V_{wwtot}	m ³
[-]	bezogene Wärme Warmwasser Büro	rechn.	$V_{wwBü}$	m ³
[8]	bezogene Wärme Heizen Wohnen	IWB	Q_{hWoh}	kWh
9	bezogene Wärme Heizen total	IWB	Q_{htot}	kWh
[-]	bezogene Wärme Heizen Büro	rechn.	$Q_{hBü}$	kWh
10	bezogene Wärme Kühlen TABS (Bü/Woh)	IWB	Q_{kTABS}	kWh
11	bezogene Wärme Kühlen Lüftung	IWB	$Q_{kLü}$	kWh
19	bezogene Energie Elektrizität Wärmepumpe	IWB	E_{elWP}	kWh
20	bezogene Energie Elektrizität Hilfsbetr. Klima	IWB	$E_{elHiLü}$	kWh
21	bezogene Energie Elektrizität Hilfsbetr. WW	IWB	E_{elHiWW}	kWh

[]: optionale Messpunkte

Tab. 3: Variablen

Variable	Beschreibung	Einheit
θ	Temperatur	°C
Z	Zustand	-
Q	Wärmemenge	kWh
E	Energiemenge	kWh
V	Volumen	l
AZ	Arbeitszahl	-
WNG	Wärmeerzeugernutzungsgrad	-
SNG	Systemnutzungsgrad	-

Tab. 4: Indices

Index	Beschreibung
ABG	Abgas
AUL	Aussenluft
Aus	Austritt
Bü	Büros
el	Elektrizität
gas	Gas
GK	Gasheizkessel
GW, Gw	Grundwasser
GWK	Grundwasserkreis
H	Heizung
Hil	Hilfsbetriebe
HK	Heizkreis
k	Kühlung
kw, KW	Kaltwasser
Lü	Lüftungsanlage
RAL	Raumluft
RGL	Regelung
RL	Rücklauf
TABS	Thermisch aktives Bauteilsystem
tot	total
UWP	Umwälzpumpe
Verl	nicht nutzbare Verluste
VL	Vorlauf
Woh	Wohnung
WP	Wärmepumpe
WVÜ	Wärmeverteilung & -übergabe
ww, WW	Warmwasser
Zirk	WW-Zirkulation