

Schlussbericht April 2007

Erfolgskontrolle

Wärmekollektiv Bremgarten

Sanierung und Erweiterung

ausgearbeitet durch

Bernhard Eggen
und Jean-Fred Zweiacker
Dr.EICHER+PAULI AG
Zinggstrasse 1, 3007 Bern

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Zusammenfassung

Mit dem seit 1984 betriebenen Wärmekollektiv Bremgarten wurde den Bezugern ab der ARA Region Bern in einem hydraulisch offenen System gereinigtes Abwasser zur Nutzung mit Wärmepumpen zur Verfügung gestellt. Dies führte immer wieder zu Problemen wie Verschmutzung der Wärmetauscher und unkontrollierten Wassermengen durch Druckprobleme infolge Gegensteigungen. Mit einer Anlagesanierung wurde im Jahr 2005 ein geschlossener Zwischenkreislauf geschaffen. In der ARA Region Bern wird über zwei Rohrbündeltauscher mit je 700 kW Leistung Wärme ausgekoppelt und als kalte Fernwärme über ein Verteilnetz von über 2'200 m Länge den heute 10 Bezugern zugeführt.

Während der Heizsaison 2005/2006 wurden die neuen Wärmepumpen in Betrieb genommen. Infolge Restverschmutzungen im Verteilsystem und anlagespezifischen Problemen lagen die Betriebszeiten der Wärmepumpen anfänglich massiv unter den Planungswerten. Einzelne Anlagen haben den geplanten Betrieb bis März 2007 nicht erreicht. Der Betrieb des sanierten Systems hat sich jedoch auch bei nicht idealen Temperaturverhältnissen bewährt. Vor allem infolge lange andauernder Schneeschmelze lagen die Systemtemperaturen des Verteilnetzes während längerer Zeit sogar unter 10°C. Die Verschmutzung des zentralen Wärmetauschers hielt sich in Grenzen und es wurde entschieden, auf eine automatische Reinigung zu verzichten. Mit Messungen konnten verschiedene Anlagemängel und Optimierungspotentiale aufgedeckt werden. Weitere Optimierungen an den einzelnen Wärmepumpen sind während der zweiten Heizperiode noch durchzuführen. Es wird davon ausgegangen, dass mit dem aktuell geplanten Ausbau in 11 Anlagen 4'982 MWh/a Heizwärme erzeugt und damit über 3'000 MWh/a Umweltwärme aus der ARA Region Bern genutzt wird. Unter Berücksichtigung des Pumpenstroms für das Verteilnetz wird mit dem Gesamtsystem eine Arbeitszahl von knapp 3.0 erreicht.

Résumé

Avec le collectif de chauffage de Bremgarten exploité depuis 1984, on a mis à la disposition de ses utilisateurs des eaux usées épurées provenant d'une station d'épuration de la région de Berne via un système hydraulique ouvert, pour une utilisation avec des pompes à chaleur. Cela a cependant sans cesse causé des problèmes tels que des contaminations des échangeurs thermiques et des débits d'eau incontrôlés en raison de variations de pression provoquées par des montées. Un circuit intermédiaire fermé a été créé en 2005 à l'occasion d'un assainissement de l'installation. Dans la station d'épuration de la région de Berne, deux échangeurs à faisceau de tuyaux de 700 kW de capacité récupèrent la chaleur et la transportent comme chauffage urbain "froid" par un réseau de distribution d'une longueur de 2200 m aux 10 utilisateurs actuels.

Pendant la saison de chauffage 2005/2006, on a mis en service de nouvelles pompes à chaleur. En raison des contaminations résiduelles initiales dans le système de distribution et de problèmes propres à l'installation, les durées d'utilisation des pompes à chaleur sont restées au début très en dessous des valeurs planifiées. Certaines installations n'avaient pas atteint l'exploitation planifiée jusqu'en mars 2007. L'exploitation du système assaini a toutefois fait ses preuves, même dans des conditions de températures loin d'être idéales. En raison principalement d'une longue fonte des neiges, les températures-système du réseau de distribution sont même restées en dessous de 10°C pendant de longues périodes. La contamination de l'échangeur de chaleur central est restée dans des limites supportables et il a été décidé de renoncer à un nettoyage automatique. Diverses faiblesses de l'installation et potentiels d'optimisation ont été découverts par des mesures dynamiques. Des optimisations supplémentaires doivent encore être faites sur les diverses pompes à chaleur au cours de la seconde période de chauffage. On part de l'idée qu'avec l'extension actuelle planifiée à 11 installations, on va générer 4'982 MWh/a de puissance de chauffage et qu'on utilisera 3'000 MWh/a de chaleur environnementale de la station d'épuration de la région de Berne. Compte tenu du courant d'alimentation, le système global atteindra un coefficient de performance de juste 3.0.

Inhaltsverzeichnis

1.	Ausgangslage.....	4
2.	Anlagenbeschrieb	4
3.	Chronologie des Projektes.....	8
4.	Wirtschaftlichkeit	12
5.	Erfolgskontrolle 2006.....	13
5.1	Betrieb der Anlagen	13
5.2	Monatswerte.....	17
5.3	Jahresbilanz	19
5.4	Kurzzeit-Messungen	21
5.5	Optimierungen nach Inbetriebsetzung	22
6.	Erfahrungen und Empfehlungen	23
7.	Anhang	24



Impressum

Projekt: 05.4047.1

Verfasser: Bernhard Eggen, Jean-Fred Zweicker

Telefon: 031 370 14 28

E-Mail: bernhard.eggen@eicher-pauli.ch

Stand: 2. Fassung vom 05.04.2007 09:09

G:\2005\3047-WKB-Erfolgskontrolle\4-Dok\BE-BFE-02.doc

1. Ausgangslage

Mit dem seit 1984 betriebenen Wärmekollektiv Bremgarten wurden den Bezügern ab der ARA Region Bern in einem hydraulisch offenem System gereinigtes Abwasser zur Nutzung mit Wärmepumpen zur Verfügung gestellt. Dies führte immer wieder zu Problemen: Wärmetauscher wurden mit Restpartikeln im Abwasser verschmutzt und bei den obersten Bezügern war die Wassermenge nicht immer gesichert.

Wärmekollektiv seit 1984
mit hydraulisch offenem
Verteilsystem

2. Anlagenbeschrieb

Mit der Schaffung eines Zwischenkreislaufes konnten die Probleme des alten offenen Systems wie Verschmutzung der Wärmetauscher und unkontrollierte Wassermengen durch Druckprobleme infolge Gegensteigungen gelöst werden.

Sanierung:
Zwischenkreislauf mit
sauberem Wasser

In der ARA Region Bern wird das gereinigte Abwasser über zwei Wärmetauscher geführt und anschliessend in die Aare geleitet.

Der in den Wärmetauschern aufgewärmte Sekundärkreis mit sauberem, unbehandeltem Wasser versorgt dezentrale Wärmepumpen in verschiedenen Siedlungen, die alle bivalent betrieben werden.

Im Oberstufenzentrum besteht eine Unterstation mit einem Wärmetauscher zum Tertiärnetz. Diese Netzteilung wurde aus hydraulischen Gründen (statischer Druck auf die unteren Netzteile) ausgeführt. Auch erlaubt dieses Konzept das Einbinden eines Notkessels zur Sicherung der Wärmeversorgung der drei monovalenten Wärmepumpen im Tertiärnetz.

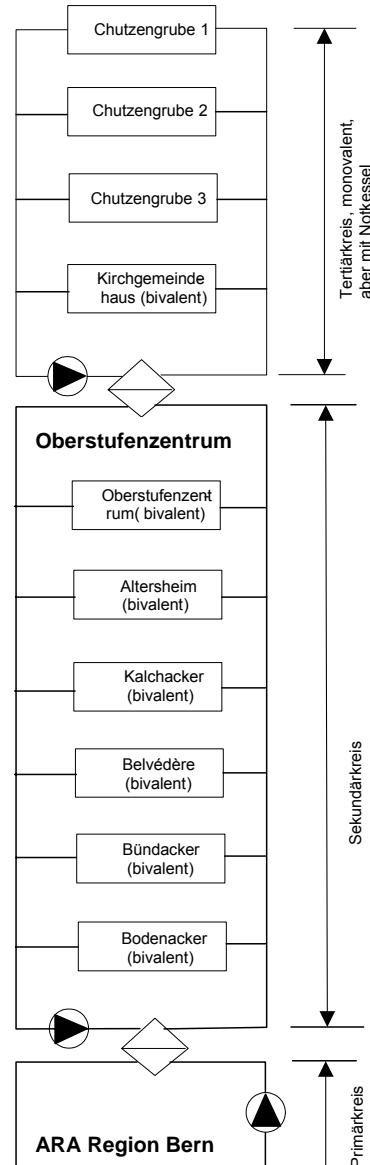


Bild 1: Verteilnetz Wärmekollektiv

Wärmetauscherstation ARA

In den Räumlichkeiten der ARA wurde eine neue Station mit Wärmetauschern und einer neuen Pumpstation geschaffen.

Im Primärkreislauf wird das gereinigte Abwasser wie bisher im Auslauf der ARA gefasst, neu nun über zwei 10 Meter lange, im ehemaligen Maschinenraum (1. Obergeschoss) gelegene Rohrbündel-Wärmetauscher geleitet und wieder in den Auslauf zurückgegeben.

Nach den Wärmetauschern wird das Wasser des Sekundärkreislaufes durch die im gleichen Raum aufgebaute Förderstation den Bezügern zugeführt.

Rohrbündelwärmetauscher in ARA



Bild 2: Wärmetauscherstation in ARA

Wärmetauscher	Chromstahl Rohrbündeltauscher	2 x 700 kW
	Auslegungstemperaturen - primärseitig - sekundärseitig	13°C/9°C 11°C/7°C
Primärpumpen		3 x 120 m ³ /h 27 m WS

Dem Wärmekollektiv steht eine Wärmeentzugsleistung von 1'400 kW aus dem gereinigten Abwasser zur Verfügung. Mit einer durchschnittlichen COP von 3.5 beträgt die totale Wärmeleistung der angeschlossenen Wärmepumpen somit rund 2'000 kW.

Wärmeentzugsleistung
1'400 kW

Die Pumpen des Primärsystems haben eine elektrische Leistung je 18.5 kW, was für den Gesamtwirkungsgrad von einiger Bedeutung ist. Um die Verunreinigungen der Wärmetauscher möglichst klein zu halten, muss auch bei Teillast mit der vollen Wassermenge gefahren werden.

Verteilnetz

Das Verteilnetz wurde seit 1984 in mehreren Etappen erstellt. Mehrheitlich besteht das System aus gestossenen Faserzementrohren mit Innendurchmessern von 158 bis 310 mm. Neuere Leitungsteile und die Aarequerung bestehen aus Kunststoff. Die teilweise knapp dimensionierten Hauszuleitungen haben Innendurchmesser von bis zu 80 mm.

Leitungen aus Faserzement und Kunststoff

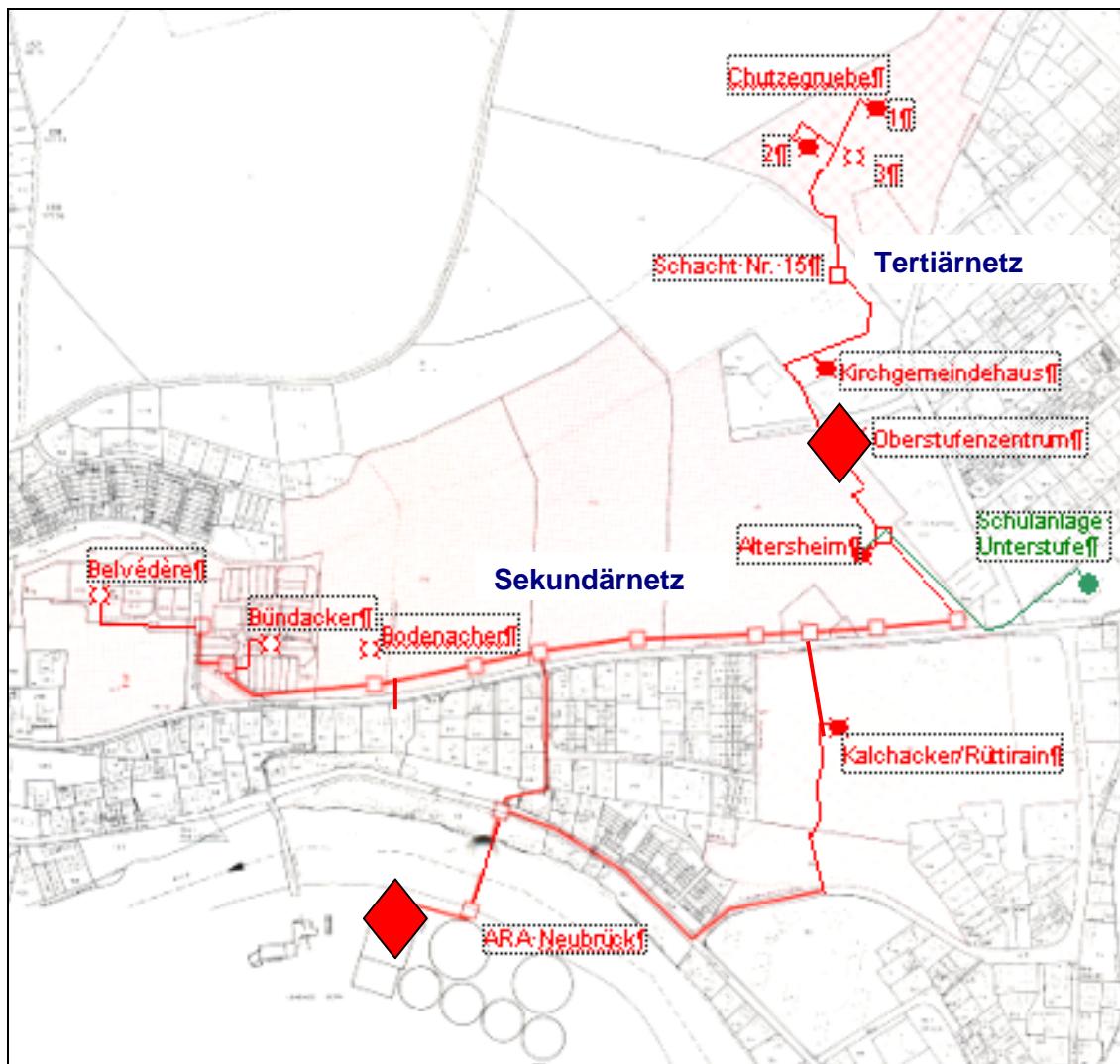


Bild 3: Verteilnetz Wärme-Kollektiv

Mit der Sanierung wurde im Oberstufenzentrum eine weitere Wärmetauscherstation eingebaut und ein Tertiärnetz geschaffen. Damit konnte der statische Druck auf die unteren Leitungsteile verringert und die bestehende Heizkesselanlage als Sicherheit für die monovalenten Anlagen in der Überbauung Chutzen eingebunden werden. Fällt die Vorlauftemperatur des Tertiärkreises unter 8°C hebt die Heizkesselanlage diese automatisch über einen zweiten Wärmetauscher um 3 K an. Im Normalbetrieb ist dies höchstens ein paar Stunden pro Jahr der Fall.

Wärmetauscherstation in Oberstufenzentrum für Tertiärnetz

Im Oberstufenzentrum stehen neben der Förderstation des Tertiärnetzes, die Expansionsanlagen der beiden Netze mit automatischen Entgasungs- und Nachfüllseinheiten.

Leitungslänge (Längen VL+RL)	WKB priv. Zuleitungen	3'750 m 800 m
Materialien	Faserzement Kunststoff	.
Innendurchmesser		80 - 310 mm
Höhendifferenz	tiefster Punkt (Aareboden) höchster Punkt (Chutzen 2) max. Höhendifferenz	477 m.ü.M. 550 m.ü.M. 73 m
Sekundärpumpen	drehzahlgesteuert	2 x 240 m ³ /h 41.5 mWS
Tertiärpumpen	drehzahlgesteuert	2 x 44 m ³ /h 42.0 mWS
Wärmetauscher	Chromstahl Plattentauscher	204 kW
	Auslegungstemperaturen - sekundärseitig - tertiärseitig	11°C/7°C 10°C/6°C
Wassermengen- steuerung	Differenzdruck/ Durchflussregler pro Bezüger	

Die Pumpen der Verteilnetze werden abhängig vom Bezug stufenlos geregelt.

Bezüger

Folgende Bezüger waren im Herbst 2006 am Wärmekollektiv angeschlossen:

Tabelle 1: Bezüger Wärmekollektiv

Bezüger	Anschluss an WKB	Abonnierte Nutzmenge	Heizleistung EWP	
Belvédère	1984/2005	11.8 m ³ /h	60 kW	
Bündacker	1984/2005	11.8 m ³ /h	60 kW	
Bodenacker	2006	13.5 m ³ /h	98 kW	
Kalchacker	1999/2005	56.0 m ³ /h	(350 od.) 480 kW	
Altersheim/Unterstufe	1987/2005	28.5 m ³ /h	2x105 kW	
Oberstufenzentrum	1999	17.2 m ³ /h	125 kW	
Kirchgemeindehaus	1998	12.0 m ³ /h	78 kW	
Chutzen 1	1998/2005	11.5 m ³ /h	70 kW	
Chutzen 2	2001	11.4 m ³ /h	60 kW	
Chutzen 3	2003	10.9 m ³ /h	60 kW	
TOTAL 2006/2007		184.6 m³/h		2006/2007 werden 184.6 m³/h von 240 m³/h genutzt.

Die Förderpumpen sind auf max. 240 m³/h ausgelegt. Somit besteht noch eine Ausbaureserve von 30%.

3. Chronologie des Projektes

Der Gemeinderat Bremgarten beauftragte im Jahr 2000 Dr.Eicher+Pauli AG die Situation zu analysieren und Verbesserungsvorschläge auszuarbeiten. Diese erste Beurteilung wurde im Bericht "Zustandsanalyse und Lösungsvorschläge" im Juni 2001 zusammengestellt. In der Folge wurde ein Projekt mit einer Wärmetauscherstation in der ARA Region Bern und einem Zwischenkreislauf mit sauberem Wasser ausgearbeitet. Es brauchte dann zwei Anläufe an Gemeindeversammlungen, bis der Kredit für eine Realisierung angenommen wurde.

Analyse und
Sanierungskonzept 2001

Dies führte zu einer Verzögerung gegenüber der ursprünglichen Terminplanung, wie diese in der Verfügung für einen Bundesbeitrag (25.08.02) vorgesehen war. Die Realisierung musste auf das Jahr 2005 verlegt werden. Dies brachte den Vorteil mit sich, dass die Umbauarbeiten der biologischen Stufe in der ARA - was eine massiv bessere Wasserqualität brachte - abgeschlossen waren, die ARA damit den Raum für die Wärmetauscher- und Pumpstation zur Verfügung stellen konnten sowie teure Provisorien entfielen.

Verzögerungen infolge
politischen Diskussionen

Während den Planungsarbeiten zeigten sich im Jahr 2004 zudem Probleme, die für eine gute Funktion des Wärmekollektivs gelöst werden mussten:

- Die Leitung der Aareunterquerung wies im steilen Uferbereich einen Schaden auf, der nur mit Inlinern behoben werden konnte. Dafür musste die Gemeindeversammlung einen Zusatzkredit sprechen.
- Der Betrieb der neuen biologischen Stufe der ARA führte zu bis einstündigen Unterbrüchen im Zulauf des gereinigten Abwassers. Dank guter Zusammenarbeit mit den Verantwortlichen von ARA und Gemeinde wurde eine Lösung gefunden, indem Becken des Sandfangs eine gewisse Pufferung sicherstellen.
- Damit allfällige Lieferunterbrüche oder zu tiefe Wassertemperaturen bei Schneeschmelzen bei den monovalenten, im obersten Netzteil gelegenen Wärmepumpen nicht zu Unterbrüchen in der WärmeverSORGUNG führen, wurde das Sanierungskonzept des Wärmekollektivs noch leicht geändert. Im Oberstufenzentrum wurde eine weitere Netztrennung eingebaut und damit ein Tertiärnetz abgekoppelt. Dieses Netzteil kann im Notfall mit der zu gross dimensionierten Ölkkesselanlage nachgeheizt werden.

Nach Projekt und Bei-
tragsverfügung BFE ver-
teuerten unvorhersehbare
Probleme die Sanie-
rung.

Im Sommer 2004 wurde das Verteilnetz mit Druckproben getestet und die Tauglichkeit für die Nutzung als geschlossenes System überprüft. Die Leckagen der teilweise gestossenen Leitungen erwiesen sich als klein. Mit den baulichen Massnahmen zum Schliessen des Leitungssystems wurde das Netz soweit möglich von den Rückständen des ARA-Abwassers gereinigt.

Mit Druckproben Dichtig-
keit des Verteilnetzes
überprüft

Parallel mit der Ausführungsplanung hat die Gemeinde die Betriebsführung geklärt. Nach einer Ausschreibung wurde Energie Wasser Bern als Betriebscontractor verpflichtet.

Die Lösungssuche der oben aufgeführten Probleme sowie die damit verbundenen Entscheide erforderten einige Zeit. Die Inbetriebsetzung des Sekundärnetzes wurde dann zusätzlich durch Lieferprobleme der Inliner für die Aarequerung verzögert.

Wärmekollektiv-Verteilnetz

Ende September 2005 konnte mit den Inbetriebsetzungen der Anlageteile begonnen werden. Als erstes wurde das Tertiärnetz betrieben, damit die monovalenten Wärmepumpen der Siedlung Chutzengruebe in Betrieb genommen werden konnten. Die für Notfälle vorgesehene Nachheizung des Tertiärnetzes hat sich in dieser Phase bewährt. Im Oktober 2005 wurde dann der Betrieb der Primär- und Sekundärnetze schrittweise aufgenommen.

**Beginn Inbetriebsetzung
Ende Sept. 2005**

Mit dem Betrieb 2005/2006 zeigte sich, dass trotz der intensiven mechanischen Reinigung die Verschmutzung durch Rückstände des ARA-Betriebes nicht vollumfänglich entfernt werden konnte.

Bezüger

Chutzengruebe 1 (monoivalent)

Mit der Sanierung des Wärmekollektivs wurde die Wärmepumpe aus dem Jahre 1998 ausgewechselt, die für den Betrieb im Wärmekollektiv nicht geeignet war und die erforderliche Leistung nicht erbrachte. Anfangs Oktober 2005 erfolgte die Inbetriebsetzung der neuen Anlage. Für einen korrekten hydraulischen Abgleich des Tertiärnetzes wurde die Abnahmestation mit einem Einstellventil (STA) ergänzt. Mit den oben beschriebenen Problemen durch die Verschmutzung des Tertiärnetzes konnte die Anlage erst im Herbst 2006 den geplanten Betrieb aufnehmen. Die Abnahme der Wärmepumpe erfolgte deshalb erst im November 2006.

Ersatz der EWP

Chutzengruebe 2 (monoivalent)

Diese Anlage konnte weitgehend unverändert belassen werden. Der Wärmetauscher wurde gereinigt und die Abnahmestation für einen korrekten hydraulischen Abgleich des Tertiärnetzes mit einem Einstellventil (STA) ergänzt.

Kleine Anpassungen

Chutzengruebe 3 (monoivalent)

Diese Anlage konnte weitgehend unverändert belassen werden. Der Wärmetauscher wurde gereinigt und die Abnahmestation für einen korrekten hydraulischen Abgleich des Tertiärnetzes mit einem Einstellventil (STA) ergänzt.

Kleine Anpassungen

Kirchgemeindehaus (bivalent)

Diese Wärmepumpe aus dem Jahre 1998 musste nach einem Leck im Plattenwärmetauscher (Wasser im Kältekreis) überholt und wieder in Betrieb gesetzt werden. Für einen korrekten hydraulischen Abgleich des Tertiärnetzes wurde die Abnahmestation leicht geändert. Der Bezüger liess zudem Anpassungen an der Hydraulik des Verteilsystems vornehmen, um

Sanierung EWP

einen optimierten Betrieb mit tieferen Rücklauftemperaturen und längeren Wärmepumpen-Laufzeiten zu erreichen.

Oberstufenzentrum (bivalent)

Diese Anlage aus dem Jahr 1999 konnte weitgehend unverändert belassen werden. Der Wärmetauscher wurde gereinigt und die Abnahmestation entsprechend den technischen Anschlussbedingungen mit einem automatischen Druckregulierventil ergänzt.

Kleine Anpassungen

Altersheim (bivalent)

Im Jahr 2002 fiel die Gasmotor-Wärmepumpe aus dem Jahr 1987 mit einem Getriebebeschaden aus. Im Herbst 2005 wurde mit der Sanierung des Wärmekollektivs eine Elektrowärmepumpe eingebaut und die Gasheizkessel erneuert. Die Inbetriebsetzung erfolgt Anfang Dezember 2005. Gleichzeitig wurde die Abnahmestation entsprechend den technischen Anschlussbedingungen mit einem automatischen Druckregulierventil ergänzt.

Neue EWP nach Defekt
GWP 2002

Kalchacker (bivalent)

Diese Siedlung wird seit 1999 mit einer Wärmepumpe ab dem Wärmekollektiv und zwei Gasheizkesseln beheizt. Ausgelöst durch eine weitere Bauetappe mit MINERGIE-Bauten wurde im Herbst 2005 eine zweite Wärmepumpe eingebaut. Die Inbetriebsetzung erfolgte ab dem 7. November 2005. Gleichzeitig wurde die Abnahmestation entsprechend den technischen Anschlussbedingungen mit einem automatischen Druckregulierventil ergänzt. Diese Wärmepumpe war im Beitragsgesuch (2002) nicht vorgesehen, da die Realisierung erst im Jahr 2006 oder später geplant war. Mit dem Anschluss von neuen Bezügern haben zu hohe Rücklauftemperaturen den Betrieb der Wärmepumpen massiv beeinträchtigt. Einmal mehr wurde die Warmwasserladung nicht richtig gelöst. Die entsprechenden Korrekturmassnahmen sollen bis im Frühjahr 2007 erfolgen. Im weiteren gelangte Schmutz beim Erweitern dieses Nahwärmeverbundes in das heizungsseitige Verteilsystem und verstopfte die Wärmetauscher der Wärmepumpen. Aus diesem Gründen lagen die Laufzeiten und Anlageleistungen bisher massiv unter den Erwartungen.

Zweite EWP mit Neubau-
ten

Belvédère (bivalent)

Eine Gasmotor-Wärmepumpe versorgte diese Siedlung mit Wärme aus dem Wärmekollektiv von 1984 bis 1994. Der Betrieb war sehr störungsanfällig und teuer, was zur Ausserbetriebnahme führte. Anschliessend wurde die Siedlung nur noch über einen Gasheizkessel mit Wärme versorgt. Mit der Sanierung des Wärmekollektivs erfolgte gemäss Vereinbarung mit der Gemeinde der Einbau einer neuen Wärmepumpe. Deren Inbetriebsetzung wurde leicht verzögert, da der Wasserdurchfluss durch Verschmutzungen des Schmutzfängers zu Beginn stark schwankte. Die definitive Inbetriebsetzung erfolgte Ende November 2005. Die Abnahmestation wurde auch entsprechend den technischen Anschlussbedingungen mit einem automatischen Druckregulierventil ergänzt.

Neue EWP und Demonta-
ge defekte GWP

Bündacker (bivalent)

Eine Gasmotor-Wärmepumpe versorgte auch diese Siedlung mit Wärme aus dem Wärmekollektiv von 1984 bis 1994. Der Betrieb war sehr störungsanfällig und teuer, was zur Ausserbetriebnahme führte. Anschliessend wurde die Siedlung nur noch über einen Gasheizkessel mit Wärme versorgt. Mit der Sanierung des Wärmekollektivs erfolgte gemäss Vereinbarung mit der Gemeinde der Einbau einer neuen Wärmepumpe. Die definitive Inbetriebsetzung erfolgte Ende November 2005. Die Abnahmestation wurde auch entsprechend den technischen Anschlussbedingungen mit einem automatischen Druckregulierventil ergänzt. Mit den dynamischen Messung dieser Erfolgskontrolle wurden noch Mängel in der Hydraulik festgestellt, die in der Folge behoben wurden.

**Neue EWP und Demonta-
ge defekte GWP**

Bodenacker 1 (bivalent)

Mit der Realisierung der zweiten Bauetappe dieser Siedlung und der Sanierung des Wärmekollektivs sollte der bestehende Gasheizkessel mit einer Wärmepumpe ergänzt und die Abnahmestation entsprechend der technischen Anschlussbedingungen realisiert werden. Die Installation dieser Anlage verzögerte sich aber durch die Entscheide der Besitzer. Nach der Wahl des ewb als Contractor konnte die Anlage im November 2006 in Betrieb genommen werden.

Neue EWP mit Neubauten

Eine weitere, im Beitragsgesuch vorgesehene Wärmepumpe für die Siedlung Bodenacker 2 konnte noch nicht umgesetzt werden.

4. Wirtschaftlichkeit

In Tabelle 2 sind die Eckdaten der Wirtschaftlichkeit zusammengestellt. Aufgeführt ist auch der Restwert des ab 1984 erstellten und 1998 in der Buchhaltung komplett abgeschriebenen Leitungsnetzes (Neuwert ca. 2.5 Mio. Fr.).

Tabelle 2: Investitionen, Jahreskosten und spez. Wärmegestehungskosten

Investitionen		
<u>Wärmekollektiv</u>		
- Pumpstation ARA	900'000.-	
- Pumpstation Oberstufenzentrum	125'000.-	
- Fernleitungen	510'000.-	
- Sanierung Aaredüker	270'000.-	
- Restwert Netz	1'125'000.-	2'930'000.-
<u>Wärmepumpen der Bezüger (1'300 kW)</u>		1'500'000.-
Jahreskosten		
- Kapitalkosten 15-20 Jahre, 4% Zins	345'579.-	
- Stromverbrauch (EWP, Förderpumpen WKB)	199'000.-	
- Unterhalt/Betrieb (Budget und %-Werte) (Contractor, Unterhalt WKB + EWP)	75'000.-	
Spezifische Wärmegestehungskosten bei Wärmeproduktion: 4'982 MWh/a		(Tarife 2006)
- Totalkosten	13.4 Rp./kWh	
- ohne Restwert Netz	11.8 Rp./kWh	
- mit Bundesbeitrag	10.6 Rp./kWh	
Spez. Wärmekosten Bezüger (2006/07) ohne einmalige Anschlussgebühr		
- inkl. Gebühren, Elektro, Amortisation, und Unterhalt	8.3 Rp./kWh	
		Wärmegestehungskosten in einem nahezu wirtschaftlichen Bereich

Unter Berücksichtigung des abgeschriebenen Verteilnetzes und des Bundesbeitrages liegen heute die Wärmegestehungskosten des Wärmekollektivs in einem nahezu wirtschaftlichen Bereich. Über einen jährlichen Beitrag der Gemeinde von rund Fr. 50'000.- wird eine ausgeglichene Rechnung erreicht.

Mit dem aktuellen Gebührenreglement der Gemeinde liegen die Wärmegestehungskosten der Bezüger ohne Berücksichtigung der einmaligen Anschlussgebühren unter den Vollkosten einer konventionellen Anlage.

5. Erfolgskontrolle 2006

Die Inbetriebsetzung des Wärmekollektivs verzögerte sich infolge Lieferproblemen der Inliner zur Sanierung der Aarequerung. Wegen einer Restverschmutzung konnten Wärmepumpen im Sekundärsystem erst Ende November 2005 in Betrieb genommen werden. Auch schafften es verschiedene Bezüger nicht, ihre Wärmepumpenanlagen auf den Beginn der Heizsaison 2005/2006 fertig zu stellen. Aus diesem Grunde wurde das Messprogramm erst auf Anfang 2006 gestartet.

Erfolgskontrolle
Jan. bis Dez. 2006

5.1 Betrieb der Anlagen

Wassertemperaturen

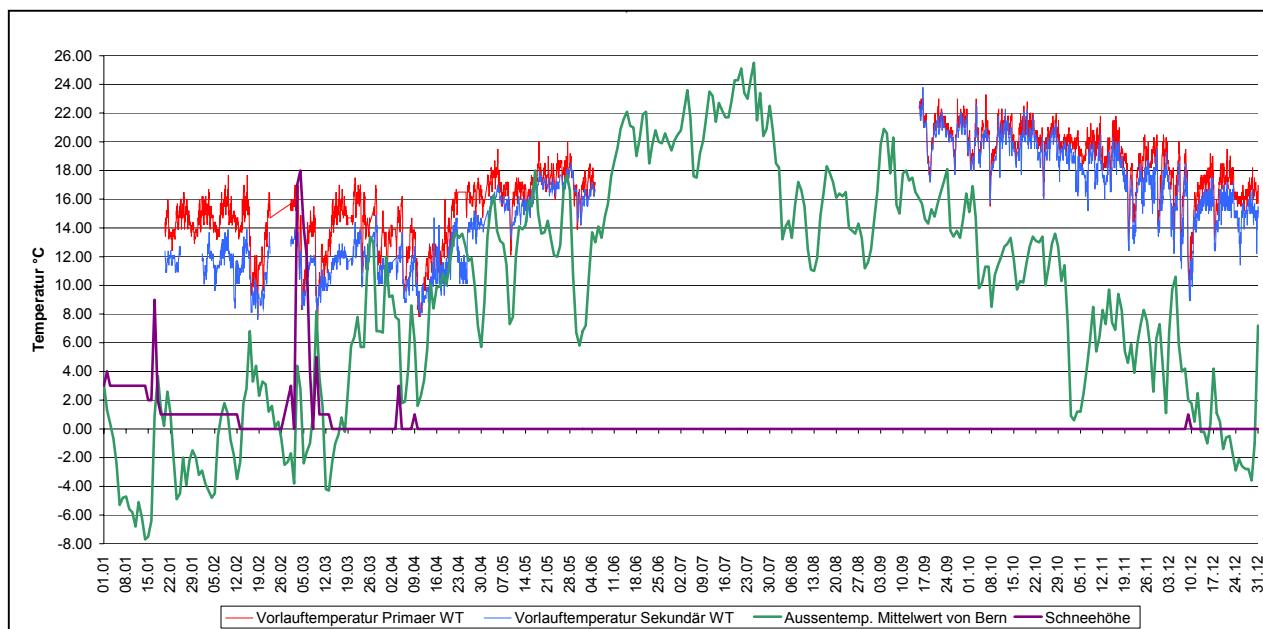


Bild 4: Wassertemperaturen Primär- und Sekundärnetz (20.01.-31.12.06)

Der strenge Winter anfangs 2006 widerspiegelt sich auch in den Systemtemperaturen. Mit unterdurchschnittlichen Temperaturen und vor allem immer wieder auftretenden Schneeschmelzen mit Niederschlägen brach die ARA-Wassertemperatur über Tage und Wochen zusammen, teilweise sogar unter 10°C (Minimum 7°C). Diese tiefen Temperaturen traten bis gegen Ende April 2006 auf. Zu Beginn der neuen Heizsaison lagen die Temperaturen über 20°C, um dann langsam bis Ende Jahr auf ca. 15°C zu fallen.

Unterdurchschnittliche
Systemtemperaturen bis
April 2006

Die Temperaturdifferenz über die Wärmetauscher betragen maximal 2-3°C. Wie die Ganglinien in Bild 4 zeigen, übernimmt bei grossen Temperaturstürzen das Sekundärnetz kurzzeitig eine Pufferfunktion. Gleichzeitig stellen bei tiefen Systemtemperaturen die Wärmepumpen ab und die Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf sinkt gegen 0. Dies ist beispielsweise am 10.4. erkennbar.

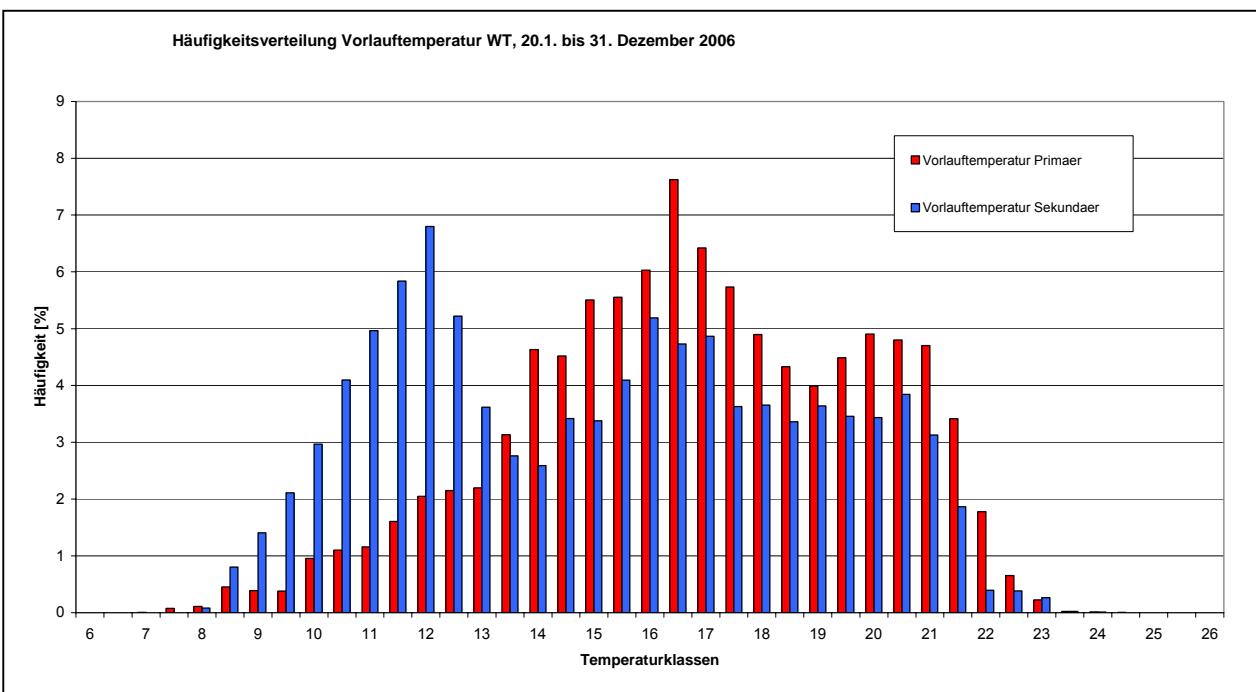


Bild 5: Häufigkeitsverteilung Wassertemperatur Primär- und Sekundärnetz (20.01.-31.12.2006)

Diese Häufigkeitsverteilung ist wegen den kalten Monaten anfangs Jahr mit überdurchschnittlich langen Perioden mit Schneeschmelze nicht repräsentativ. Auch ist eine Interpretation wegen der Überlagerung von klimatischen und betrieblichen Einflüssen nicht einfach.

Wärmetauscherstation ARA

Im Projekt war eine automatische Reinigung vorgesehen. Mit der Inbetriebnahme der neuen biologischen Stufe der ARA im Jahr 2004 zeigte sich, dass sich die Verschmutzung von Wärmetauschern massiv reduzierte. Deshalb wurde vorerst auf eine automatische Reinigung verzichtet.

Wie dem Bild 4 entnommen werden kann, hat sich die Temperaturdifferenz über den Wärmetauscher während der Heizsaison nicht signifikant verschlechtert. Die Temperaturdifferenz wird stark von der bezogenen Leistung bestimmt. Am Anfang und gegen Ende der Heizsaison sind die Temperaturdifferenzen entsprechend kleiner.

Verschmutzung führt zu keiner signifikanten Verschlechterung der Leistung der Wärmetauscher.

Nach der Heizsaison konnte der Betriebscontractor ewb die Wärmetauscher mit einem Hochdruckreiniger recht einfach reinigen.



Bild 6: Wärmetauscher vor und nach der Reinigung

Sekundärnetz

Im Sekundärnetz musste mit der Inbetriebsetzung der Wärmepumpen Belvédère und Bündacker ein Monat zugewartet werden, bis über die Schmutzfänger eine Restverschmutzung ausgeschieden werden konnte. Seither ist der Betrieb des Sekundärnetzes problemlos. Dies haben auch Wasseranalysen bestätigt.

Nach dem Ausfiltern von kleinen Restverschmutzungen ist der Betrieb problemlos.

Mit der Optimierung der leistungsabhängigen, gestuften Zuschaltung der Wärmetauscher konnte der Stromverbrauch der Primärpumpen reduziert werden. Der Anteil dieser Pumpen am Stromverbrauch ist aber erheblich und kann nur beschränkt weiter gesenkt werden. Um die Verschmutzung der Wärmetauscher möglichst klein zu halten, muss mit der vollen Wassermenge gefahren werden.

Das System ist dichter als die im Sommer 2004 durchgeführten Druckproben vermuten liessen. Während der Heizsaison musste die automatische Nachspeisung Wasser nachfüllen. Im Sommer blieb der Wasserdruk unverändert, ein Nachfüllen erübrigte sich. Dies bestätigte die Vermutung, dass Installateure der Bezüger nach Eingriffen Netzwasser zum Nachfüllen benutzten.

Kleinere Wasserverluste im Verteilsystem als erwartet

Störungen traten nur wenige auf. Wie es sich herausstellte wurden einige durch eine nicht automatische Umstellung von Winter- auf Sommerzeit in den Steuerungen verursacht. Dieser Mangel wurde behoben.

Tertiärnetz

Die Restverschmutzung des Tertiärnetzes erwies sich schon bald nach der Inbetriebsetzung als gravierend. Trotz Zwischensspülungen vermehrten sich Bakterien laufend weiter, verfärbten das Wasser schwarz und verstopften vor allem den Schmutzfänger vor der Wärmepumpe der Siedlung Chutzen 1. Infolge der Verschmutzung des Schmutzfängers und grösseren Ablagerungen an schwer zugänglichen Stellen des Leitungsnets konnte die vertraglich festgelegte Wassermenge in der Siedlung Chutzen 1 mehrheitlich nicht geliefert werden. Da ein längerer Unterbruch bei den monovalenten Wärmepumpen während dem Heizbetrieb nicht möglich ist, musste der Heizbetrieb mit folgenden Massnahmen sichergestellt werden:

Restbakterien aus dem ARA-Prozess führen zu einem aufwändigen Betrieb.

- Regelmässiges Reinigen des Schmutzfängers
- Intensive Spülung des Systems vor Weihnachten
- Einbau eines Magnetflussfilters, da in Analysen der Ablagerungen Eisenbestandteile festgestellt wurden. Diese Massnahme zeigte aber kaum Wirkung und bestätigte die Annahme, dass die Probleme durch einen Bakterienstamm verursacht wurden.
- Damit die Wärmepumpe Chutzen 1 wegen Wassermangel sicher keinen Schaden nahm, wurde der dritte Kompressor gesperrt und an dessen Stelle der Notelektro Einsatz im Speicher frei gegeben. Da die dritte Stufe nur 10-15% der Laufzeit der Wärmepumpe zugeschaltet werden muss, hielt sich der Strom-Mehrverbrauch in Grenzen.

Mit diesen Massnahmen konnte die Wärmeversorgung der Bezüger ohne merkbare Einschränkung während der ganzen Heizsaison aufrecht erhalten werden.

Nach der Heizsaison wurde das Tertiärrnetz in Schritten mechanisch gespült. Wegen den Leitungslängen und engen Bögen konnten verschiedene Leitungsteile nicht mit einem Spülkopf gereinigt werden. Mit einer Spezialspülung mit Beigabe von Kunststoffkügelchen konnte ein gutes Resultat erreicht werden. Damit sich die noch im Wasser vorhandenen Bakterien nicht wieder vermehrten, erfolgte aufgrund von chemischen Analysen eine Spülung mit Wasserstoffperoxid. Mit der Wiederinbetriebnahme des Systems im Herbst 2006 konnten die abonnierten Wassermengen eingestellt und der ordentliche Betrieb auch im Tertiärrkreis aufgenommen werden.

Mit Spezialreinigung und Spülung mit Wasserstoffperoxid konnten Probleme gelöst werden.

Bezüger

Wie bereits in Kap. 4 aufgezeigt, ergaben sich bei den Bezügern verschiedenen Verzögerungen bei der Inbetriebsetzung der Wärmepumpe:

- Die Restverschmutzung des Sekundärnetzes war erst Ende November 2005 abgeklungen.
- Finanzierungs- und andere Entscheide brachten Verzögerungen bis zu fast einem Jahr.
- Mängel bei der Einbindung in die hydraulischen Systeme reduzierten zudem teilweise die Laufzeiten der Wärmepumpen massiv.

Vom Wärmekollektiv her waren die Inbetriebsetzungen der Anlagen problemlos. Die Wassermengen wurden mit den nach den technischen Anschlussbedingungen vorgegebenen Differenzdruck/Durchflussregler vor eingestellt und gegen Ende der Heizsaison die abonnierte Wassermenge eingestellt und plombiert.

Verzögerung bei den Inbetriebsetzungen und verschiedene Mängel reduzierten die Laufzeiten im 1. Betriebsjahr.

Die ersten Erfahrungen zeigen, dass in der ersten Heizsaison die Ziele aus folgenden Gründen noch nicht erreicht werden konnten:

- Die mit 480 kW Heizleistung grösste Anlage (Kalchacker) konnte infolge von neuen falsch gelösten Warmwasserladungen und verschmutzten Wärmetauschern den Betrieb nur sehr beschränkt aufnehmen.
- Im Kirchgemeindehaus verhinderte eine alte Programmierung der Steuerung den Betrieb unter 0°C bis im Frühjahr 2006.
- Die Wärmepumpe im Oberstufenzentrum wurde über die Steuerung mehrmals gesperrt.
- Die Anlage Bündacker wies noch hydraulische Mängel auf, die im Sommer 2006 behoben wurden.
- Die Anlage Bodenacker wurde erst im November 2006 in Betrieb gesetzt.
- Bei der Wärmepumpe Chutzen 1 musste wegen zu kleinen Wassermengen die dritte Stufe gesperrt und der Elektro Einsatz betrieben werden.

- Bei praktisch allen Anlagen können die Laufzeiten der Wärmepumpen mit dem Verhindern von grossen Leistungsspitzen (Morgenaufheizung) noch vergrössert werden.

Mit dem Beheben der noch vorhandenen Mängel und entsprechenden Betriebsoptimierungen wird die zweite Heizsaison zu einer wesentlich höheren Umweltwärmenuutzung führen.

Die Messdaten haben fast bei allen Anlagen gezeigt, dass die mit den technischen Anschlussbedingungen vorgegebenen 4K Temperaturnutzung der Wärmepumpen nicht erreicht werden. Teilweise sind es nur 2.5K. Eine Ursache dürfte von den eingesetzten Standardanlagen kommen. Diese können schlechter auf andere Randbedingungen angepasst werden. Der Preis ist aber ein massiv höherer Stromverbrauch der Förderpumpen des Wärmekollektivs.

5.2 Monatswerte

Mit monatlichen Ablesungen wurden die wichtigsten Daten erfasst. In Tabelle 3 wurden die Wärmeproduktionen und Betriebsstunden der Anlagen zusammengestellt.

Tabelle 3: Wärmeproduktion und Betriebsstunden der Wärmepumpen 2006

Bezüger		Jan	Febr.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Belvédère	MWh	21.5	24.8	27.6	22.0	15.2	0	0	0	2.9	28	37	34
	Bh	447	472	549	444	272	0	0	0	45	441	617	567
Bündacker	MWh	18.46	7.9	19.3	19.0	8.3	0	0	0	2.5	19.5	34.4	33.0
	Bh	383	160	403	398	148	0	0	0	40	315	573	550
Bodenacker	MWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	19.5
	Bh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	199
Kalchacker	MWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	174
	Bh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	316
Altersheim/Unterstufe	MWh	77.0	87.2	67.9	22.5	5.6	0	0	0	3.8	0	51.5	81.6
	Bh	531	463	359	126	28	0	0	0	38	0	245	389
Oberstufenzentrum	MWh	26.72	41.1	45.2	20.7	4.96	0	0	0	2.1	7.43	34.1	52.3
	Bh	242	431	394	176	81	0	0	0	17	94	273	419
Kirchgemeindehaus	MWh	0	0	3.4	8.5	4.9	0	0	0	0	8.3	18.6	29.4
	Bh	1	1	51	129	74	0	0	0	0	126	238	377
Chutzen 1	MWh	25.1	21.9	21.3	10.9	7.0	0	0	0	3.7	6.7	14.5	25.7
	Bh	629	585	564	368	130	0	0	0	56	92	207	368
Chutzen 2	MWh	25.5	21.13	20.4	10.9	5.3	0	0	0	4.0	5.0	11.4	23.8
	Bh	406	335	326	173	84	0	0	0	63	80	190	396
Chutzen 3	MWh	26.0	22.3	21.2	11.7	7.5	0	0	0	16.0	6.1	17.2	31.7
	Bh	541	465	441	245	157	0	0	0	335	127	287	529

Aus Tabelle 3 und insbesondere aus Bild 8 ist gut ersichtlich, dass ausser den drei monovalenten Anlagen "Chutzen" (fette Linien) die Anlagen erst gegen Ende der Heizsaison 2005/2006 den ordentlichen Betrieb aufnehmen konnten. Die Anlage "Kalchacker" lief bis Ende der Heizsaison kaum und die Wärmepumpe "Bodenacker" wurde erst im August 2006 in Betrieb gesetzt. Vor allem bei den Anlagen "Bodenacker", "Kalchacker" und "Altersheim" sind die Laufzeiten der Wärmepumpen noch zum Teil massiv zu steigern.

**Erst gegen Ende der
Heizperiode ordentlicher
Betrieb**

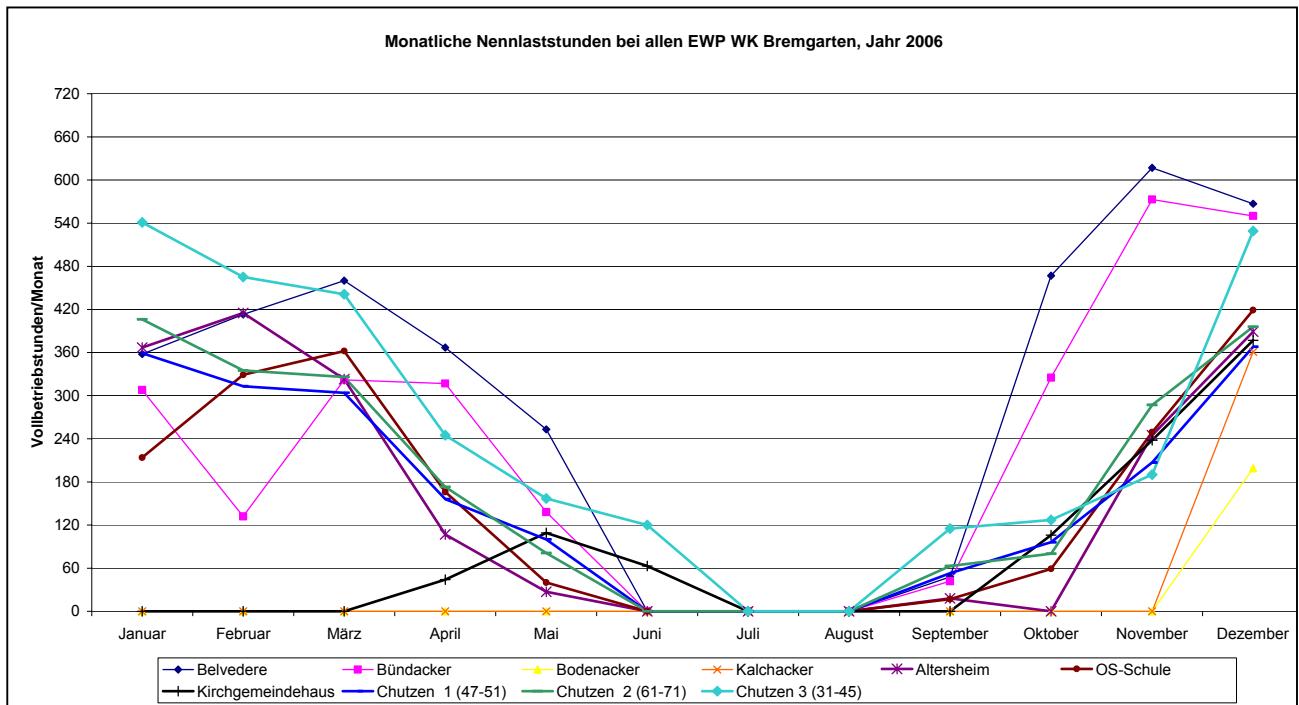


Bild 7: Monatliche Nennlaststunden der Wärmepumpen 2006

5.3 Jahresbilanz

Mit den Monatswerten ergibt sich für das Jahr 2006 die folgende Bilanz:

Tabelle 4: Energiebilanz der ersten Heizsaison vom 1.1.06 bis 31.12.06

Anlage	Wärmeproduktion der Wärmepumpe kWh	Stromaufnahme der Wärmepumpe kWh	Betriebs- stunden h	Arbeits- zahl	mittlere VL Temperatur °C
Belvedere	212'590	61'275	3'854	3.47	13.9
Bündacker	129'260	35'435	2'427	3.65	13.9
Bodenacker					
Kalchacker	259'100	75'099		3.45	13.9
Altersheim	320'109	91'544	4'361	3.50	13.9
OS-Schule	277'590	66'932	2'307	4.15	13.9
Kirchgemeindehaus	74'100	23'127	1'001	3.20	11.7*
Chutzen 1 (47-51)	148'855	45'994	3'289	3.24	11.7*
Chutzen 2 (61-71)	151'700	47'430	2'225	3.20	11.7*
Chutzen 3 (31-45)	145'900	45'447	2'840	3.21	11.7*
TOTAL	1'719'204	492'283		3.49	
ARA Bern Primär-/Sekundärnetz		257'273			
OS-Schule Tertiärnetz		53'149			
TOTAL	1'719'204	802'705		2.14	
<i>Werte in kusiv: errechnete Werte</i>					
*) mittlere VL-Temp. Tertiärnetz					
") Nettowert ohne elektrische Nachheizung mit Strom					

Die Tabelle 4 zusammengestellten Jahreswerte sind wie folgt zu beurteilen:

Daten sind noch nicht re-präsentativ.

- Trotz unterdurchschnittlichen Temperaturen des ARA-Abwassers bis im April 2006 und verschiedenen betrieblichen Anfangsproblemen der Wärmepumpen konnte im Mittel die prognostizierte Arbeitszahl erreicht werden.
- Mit den verzögerten Inbetriebsetzungen und aufgezeigten Anfangsproblemen liegt die totale Wärmeproduktion der Wärmepumpen erst bei ca. 1/3 des Sollwertes.

- Da die Pumpen des Primärnetzes auch bei kleinen Wärmebezügen die volle Wassermenge über die Wärmetauscher fördern müssen und die Systeme erst im Verlaufe des Jahres optimiert werden konnten, ergibt sich in diesem ersten Betriebsjahr ein ungünstiges Verhältnis zwischen Förderstrom und genutzter Umweltwärme.
- Die Pumpenergie des Sekundärkreises liegt über der Prognose, weil die Wärmepumpen im Mittel nur ca. 3 K anstelle von 4 K von der Wärmequelle nutzen. Mit der kleineren genutzten Temperaturdifferenz erhöht sich der Durchfluss um einen Drittel, was zu einem Mehrverbrauch der Förderpumpen von ca. 65% führt.
- Wegen den oben aufgeführten Gründen betrug die Arbeitszahl des Gesamtsystems während der Beobachtungsperiode nur 2.14.

Mit dem heute erwarteten Ausbau sollte bei Normalbetrieb eine Arbeitszahl des Gesamtsystems von knapp 3.0 und eine Umweltwärmemenutzung von über 3'000 MWh/a erreicht werden. Der entsprechende Energiefluss ist in Bild 8 dargestellt.

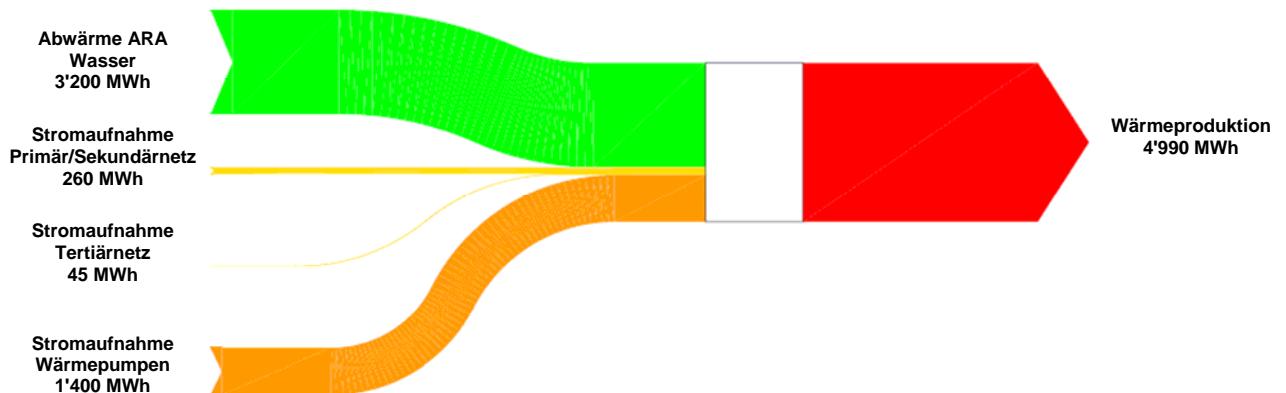


Bild 8: Geplante Jahresbilanz des WKB

5.4 Kurzzeit-Messungen

Um den Betrieb der Wärmepumpen detailliert zu erfassen, wurden die Anlagen im Frühjahr 2006 und Januar 2007 ausgemessen. Die Tabelle 5 zeigt die wichtigsten Ergebnisse und im Anhang sind zwei Messungen zur Illustration aufgeführt.

Tabelle 5: Messdaten der Wärmepumpen

Bezüger	Messdatum	Heizleistung		Arbeitszahl	Temperatur		$\Delta \text{Temp. WKB}^1)$
		Messung [kW]	Auslegung [kW]		VL Heizung [C°]	VL Quelle [C°]	
Belvédère	24.3.06	53.1	60	3.38	50.8	9.8	2.5
Bündacker	31.3.06	41.6	60	2.65	52.6	9.4	2.2
Bodenacker	12.1.07	103.6	96	4.49	45.6	15.2	3.3
Kalchacker (neue WP)	9.4.06	294.4 ⁴⁾	480	2.61	58.1	8.9	2.5
	9.3.07	453	480	3.35	49.3	12.3	4.7
Altersheim/Unterstufe	4.4.06	(2x) 92.3	2x105	4.07	44.9	10.1	3.4
Oberstufenzentrum	5.4.06	108.2	125	3.43	50.1	7.8 ²⁾	3.1
Kirchgemeindehaus	8.4.06	78.0	78	3.55	50.4	10.3	4.6
Chutzen 1	17.5.06	70	70	4.3	47.7	14.3	3.5
Chutzen 2	15.4.06	66.2	60	3.7	44.0	8.9	3.6
Chutzen 3 ³⁾	13.4.06	34.8	60	3.45	40.9	9.4	1.9

¹⁾ Spreizung zwischen Vor- und Rücklauf

²⁾ Zwischenkreislauf nach internem Wärmetauscher

³⁾ Betrieb nur mit einem Kompressor (50% Leistung), da Außentemperatur >10°C

⁴⁾ Betrieb wegen hohen Rückläufen u. Verschmutzung gestört, Messung wurde wiederholt

Mit diesen Messungen konnten bei den Anlagen Bündacker und Kalchacker wesentliche Mängel aufgedeckt werden, die in der Folge behoben wurden. Auch bei anderen Anlagen zeigten sich Ansätze zum Optimieren des Betriebes.

Ausser bei den beanstandeten Anlagen erfüllen die erreichten Arbeitszahlen die Erwartungen. Während den Messperioden in den Monaten März und April waren die Temperaturen des Wärmekollektivs stark unterdurchschnittlich. Nach den technischen Anschlussbedingungen sollte das Wasser des Wärmekollektivs um 4K abgekühlt werden. Wie die Messungen zeigen, wird dies mehrheitlich nicht erreicht, was zu einer schlechteren Effizienz des Gesamtsystems führt.

Mit dynamischen Messungen Leistungen nachgewiesen und Mängel erkannt

5.5 Optimierungen nach Inbetriebsetzung

Das Wärmekollektiv konnte neben den Restverschmutzungen im Tertiärnetz ohne wesentliche Probleme in Betrieb genommen werden. Wie oben aufgezeigt wird, entspricht der Betrieb des ersten Betriebsjahres infolge verspäteten Inbetriebsetzungen und anlagenspezifischen Problemen noch nicht den Erwartungen. Verbesserungen müssen vor allem bei den einzelnen Anlagen vorgenommen werden. Nach der Intensivreinigung des Tertiärnetzes im Sommer 2006 entspricht der Betrieb des Versorgungsnetzes weitgehend der Planung.

Nach intensiven Reinigungen der Leitungen entspricht Betrieb der Planung.

Im ersten Betriebsjahr wurden verschiedene Optimierungen zur Erhöhung der Laufzeiten der Wärmepumpen und der Systemeffizienz vorgenommen.

Verschiedene Optimierungen vorgenommen.

Primärkreis

- Nach den Betriebserfahrungen der ersten Monate wurde zur Senkung des hohen Stromverbrauchs der Primärpumpen die Zuschaltung des zweiten Wärmetauschers bei einer Durchflussmenge des Sekundärnetzes von 140 m³/h anstelle von 120 m³/h festgelegt.

Sekundär- und Tertiärkreis

- Gegen Ende der Heizsaison - nachdem die Anlagen den ordentlichen Betrieb aufgenommen hatten - wurden die Wassermengen bei den Bezügern fein eingestellt und plombiert.

Bezüger

- Oberstufenzentrum: Bei tiefen Temperaturen des Verteilnetzes sperrte die alte Steuerung den Betrieb der Anlage zum Schutze vor Frost. Mit entsprechenden Nacheinstellungen konnte die Laufzeit der Wärmepumpe entsprechend verlängert werden.
- Kirchgemeindehaus: Die bestehende Steuerung sperrte die Wärmepumpe bei Außentemperaturen unter 0°C. Diese Sperre konnte nach der Optimierung des Verteilnetzes (Rücklauftemperaturen) aufgehoben werden. Gleichzeitig wurden die EIN/AUS-Befehle der Wärmepumpe und des Heizkessels optimiert.
- Bündacker: Mit der dynamischen Messung wurde - wie erwähnt - ein Mangel in der Hydraulik festgestellt. Dieser wurde in der Folge behoben.

Im Heizbetrieb 2006/2007 müssen weitere Optimierungen vorgenommen werden. Dies gilt vor allem für die grosse Wärmepumpe in der Siedlung Kalchacker.

6. Erfahrungen und Empfehlungen

In den Analysen und Abklärungen des langjährigen Betriebes des Wärmekollektivs haben sich einige wichtige Erkenntnisse ergeben:

- Die Betriebsführung eines komplexen Wärmeverbundes muss von einer professionellen Firma oder Organisation übernommen werden. Diese Aufgabe der Gemeindeverwaltung im Nebenamt aufzubürden, ist kaum ideal.Professionelle Betriebs-führung wichtig
- Die Beratung von neuen Bezügern und die Kommunikation mit deren Planern ist sehr wichtig. Bei einer guten Kommunikation hätten verschiedenen aufgetretene Betriebsmängel der unsanierten Anlage frühzeitig vermieden werden können.
- Beim Anhängen von neuen Leitungen gelangte mehrmals Schmutz ins System des Wärmekollektivs. Im Sekundärnetz ist es deshalb ratsam einen groben Schmutzfilter zum Schutze der Wärmetauscher einzubauen. Zudem dürfen nach den neuen technischen Anschlussbedingungen Eingriffe nur in Absprache mit dem Betreiber des Wärmekollektivs durchgeführt werden.

Wie die ersten Betriebserfahrungen mit dem sanierten System zeigen, hat sich das neue Konzept bewährt. Den Bezügern steht sauberes Wasser zur Verfügung und mit den eingesetzten Druck- und Durchflussteuerungen kann der Durchfluss konstant gehalten werden.

Konzept hat sich be-währt.

Mit dem geschlossenen Zwischenkreislauf wurde der Einsatz von standardisierten Wärmepumpen möglich. Von dieser kostengünstigen Lösung wurde Gebrauch gemacht. Wie es sich nun zeigte, nutzen diese nur eine Temperaturdifferenz des Wärmekollektivs von 2.5 bis 3.5 K. Damit reduziert sich die Kapazität des Wärmekollektivs bei gleich bleibenden Energieaufwand der Förderpumpen.

Zur Reduktion des Förderstroms ist auf eine möglichst grosse Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf der Verteilsystems zu achten. Auch sollte das gereinigte Wasser möglichst wenig angehoben werden müssen. Die Primär-Wärmetauscher sind deshalb möglichst tief und in der Nähe des ARA-Auslaufes zu platzieren.

Optimierung Förderstrom

Es hat sich einmal mehr gezeigt, dass für eine gut funktionierende Anlage entsprechende Erfolgskontrollen und Optimierungen erforderlich sind. Ob die beschriebenen Mängel ohne diese Erfolgskontrolle erkannt worden wären, ist nicht sicher. Eine Erfolgskontrolle sollte idealerweise während den ersten zwei Heizperioden durchgeführt werden. Dies hat sich auch im vorliegenden Fall bestätigt: Einige Anlagen konnten den Betrieb erst gegen Ende der Heizsaison aufnehmen und es dauerte einige Zeit bis alle wichtigen Mängel erkannt wurden. Aus diesem Grunde wird mit der Gemeinde und EnergieWasser Bern, dem Betreiber des Wärmekollektivs, geklärt wie die Bezüger bei den weiteren Optimierungen unterstützt werden können.

Optimierungen über 2 Heizperioden zweckmäs-sig

7. Anhang

Auswertungen der Kurzzeitmessungen

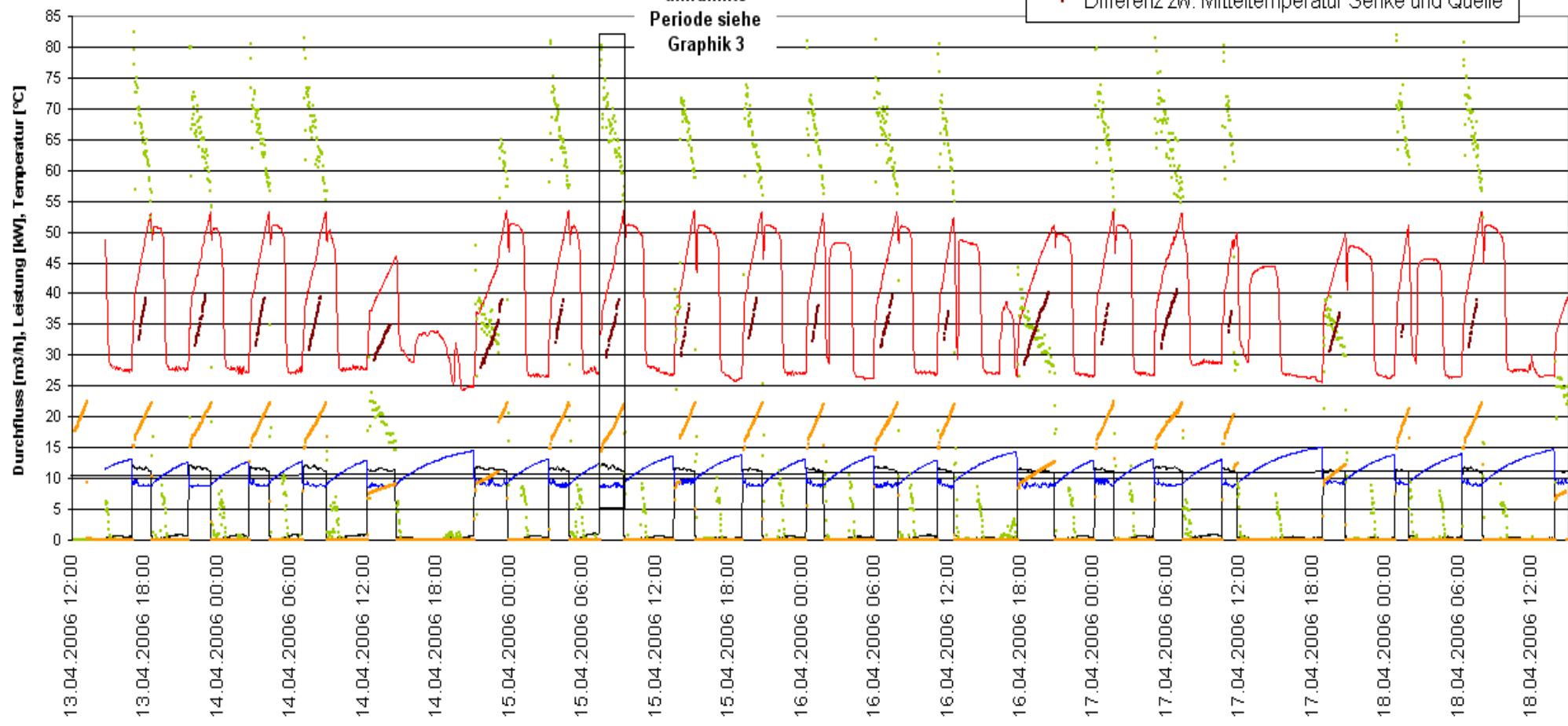
WK Bremgarten Erfolgskontrolle

Energiemessung Wärmepumpen: Übersicht, Graphik 1/3

Chutzen 2, 13.4. bis 18.4.2006

Details für
umrahmte
Periode siehe
Graphik 3

- Durchfluss WP-Senke [m³/h]
- Wärmeleistung Wärmepumpe [kW]
- Stromaufnahme aller Kompressoren [kW]
- Vorlauftemperatur WP-Quelle
- Vorlauftemperatur WP-Senke
- Differenz zw. Mitteltemperatur Senke und Quelle



WK Brengarten Erfolgskontrolle

Energiemessung Wärmepumpen: Übersicht, Graphik 1/3

Altersheim, WP links, 3.4. bis 6.4.2006

- Durchfluss Heizkreis WP links [m³/h]
- Wärmeleistung Wärmepumpe [kW]
- Stromaufnahme aller Kompressoren [kW]
- Vorlauftemperatur WP-Quelle
- Vorlauftemperatur WP-Senke
- Differenz zw. Mitteltemperatur Senke und Quelle
- Rücklauftemperatur WP-Senke

