

**Schlussbericht** November 2005

# **Erfolgskontrolle**

## **Wärmepumpe mit Grundwasser für die Wohnüberbauung Mosermatte Münsingen**

ausgearbeitet durch

Stefan Lanz  
Dr.EICHER+PAULI AG  
Zinggstrasse 1, 3007 Bern

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

## Zusammenfassung

Im Jahre 2004 sind rund 80 % der insgesamt 49 Gebäude der Überbauung Mosermatte ausgeführt worden. Die letzten Gebäude sind noch im Bau und werden nächstes Jahr fertig gestellt. Die Wärmeversorgung der Überbauung erfolgt zentral mit einer Wärmepumpenanlage für Heizung und Warmwasser. Die Anlage ist bivalent. Ein Ölkessel deckt den Spitzenbedarf ab. Die BKW Energie AG als Contractor hat die Wärmeerzeugungsanlage erstellt und übernimmt die Betriebsführung.

Grundwasser-Wärmepumpe für grössere Wohnüberbauung

Mit der vom Dezember 2004 bis Oktober 2005 durchgeführten Erfolgskontrolle wurde der Betrieb der Wärmepumpe überprüft und kleinere Optimierungen wurden vorgenommen. Die Auswertung der Wochenwerte zeigt folgende Kennwerte:

|                                                                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Anteil Wärmeabdeckung durch Grundwasser-Wärmepumpe:                               | ~ 85 %     |
| Mittlerer Zentralen-Nutzungsgrad <small>Wärmeoutput / (Öl- u. Strominput)</small> | > 206 %    |
| Mittlere WP-Arbeitszahl ohne Hilfsbetriebe                                        | > 3.42 [-] |
| Mittlere WP-Arbeitszahl inkl. WP-Hilfsbetriebe                                    | > 3.17 [-] |

Der Anteil der Umweltwärme, die durch die Wärmepumpe genutzt wird, ist über 25 % höher als erwartet.

Die WP-Arbeitszahlen (Wärmeoutput/Strominput ohne Hilfsbetriebe) liegen unter Berücksichtigung des Sommerbetriebs mit ausschliesslich Warmwassererzeugung und entsprechend hohen Kondensationstemperaturen von über 60°C rund 11% über dem prognostizierten Wert.

Diese Anlage zeigt deutlich, dass Grundwasserwärmepumpen einen massgeblichen Beitrag zur erneuerbaren Energieversorgung von Gebäuden leisten können.

## Summary

In 2004 around 80 % of the total number of 49 buildings in the Moser-matte building project had been completed. The last buildings are still in construction and will be completed next year. The heat supply to the site for heating and hot water is provided from a central heat pump system. The system is bivalent. An oil-fired boiler covers the peak requirements. The contractor BKW Energie AG planned the heat generation plant and took on the task of managing the operation.

Groundwater heat pumps  
for major house building  
project

By means of checks carried out between December 2004 and October 2005 the operation of the heat pumps was tested and minor optimizing tasks were carried out. The evaluation of the annual values showed the following characteristic values:

|                                                              |                                                             |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Proportion of heat coverage from the groundwater heat pumps: | ~ 85 %                                                      |
| Average central utilization coefficient                      | <small>Heat output / (oil and elect. input)</small> > 206 % |
| Average HP work number without auxiliary operations          | > 3.42 [-]                                                  |
| Average HP work number including auxiliary operations        | > 3.17 [-]                                                  |

The proportion of environmental heat used via the heat pumps is higher than expected at over 25 %.

The HP work numbers (heat output/power input without auxiliary operations) at around 11% are above the forecast values taking account of the summer operation with exclusive hot water generation and corresponding with the high condensation temperatures of over 60°C.

This system clearly demonstrates that groundwater heat pumps can make a significant contribution to the supply of renewable energy to buildings.

# Inhaltsverzeichnis

|                                              |           |
|----------------------------------------------|-----------|
| <b>Zusammenfassung</b>                       | <b>1</b>  |
| <b>Summary</b>                               | <b>2</b>  |
| <b>Inhaltsverzeichnis</b>                    | <b>3</b>  |
| <b>1 Wohnüberbauung Mosermatte Münsingen</b> | <b>4</b>  |
| 1.1 Projektübersicht                         | 4         |
| 1.2 Konzept Wärmeversorgung                  | 5         |
| <b>2 Chronologie und Planungsdaten</b>       | <b>8</b>  |
| 2.1 Grobübersicht                            | 8         |
| 2.2 Planungsdaten                            | 8         |
| <b>3 Anlagedaten</b>                         | <b>9</b>  |
| 3.1 Wärmepumpe                               | 9         |
| 3.2 Grundwassererschliessung                 | 10        |
| <b>4 Erfolgskontrolle 2003-2004</b>          | <b>11</b> |
| 4.1 Jahreswerte                              | 11        |
| 4.2 Wochenwerte                              | 12        |
| 4.3 Kurzeitauswertungen                      | 13        |
| 4.4 Betrieb der Anlage                       | 14        |
| <b>5 Kostenbetrachtungen</b>                 | <b>16</b> |
| 5.1 Investitionen                            | 16        |
| 5.2 Energiekosten                            | 16        |
| 5.3 Wärmegestehungskosten                    | 17        |
| <b>6 Anhang</b>                              | <b>17</b> |

## © Copyright

Bundesamt für Energie, 3003 Bern  
Vervielfältigung auszugsweise oder des gesamten Inhaltes  
nur unter Quellenangabe erlaubt.

## Impressum

Verfasser: Stefan Lanz  
Projektnummer: 05.3036  
Telefon: 031 370 14 14  
E-Mail: stefan.lanz@eicher-pauli.ch  
Freigabe: Eric Mühlemann

Stand: 1. Fassung vom 04.11.2005:15:00  
2. Fassung vom 02.12.2005 13:21

G:\2005\3036-BKW\_Erfolgskontrolle\_Mosermatt\4-Dok\BE-  
Schlussbericht-Nov-2005-Definitiv02.doc

# 1 Wohnüberbauung Mosermatte Münsingen

## 1.1 Projektübersicht

Die Überbauung Mosermatte Münsingen wird von der Mosermatte AG als Investor erbaut. Die BKW Energie AG erstellt und betreibt die Wärmeerzeugungsanlage. Der Contractor liefert die Wärme bis zum Fussbodenheizungsverteilkasten in den Wohnungen und dem Wasserpumpe im Gebäude.

**BKW Energie AG erstellt  
Wärmepumpe als  
Contractor**

Die Realisierung erfolgte in mehreren Etappen mit folgenden Kenndaten:

| Bezeichnung             | realisiert                | Pers.       | Wohnungen       | EBF*                       |
|-------------------------|---------------------------|-------------|-----------------|----------------------------|
| Mehrfamilienhaus A      | 2001                      | 39          | 12 Stk.         | 1'781 m <sup>2</sup>       |
| Mehrfamilienhaus B      | 2004                      | 22          | 7 Stk.          | 927 m <sup>2</sup>         |
| Mehrfamilienhaus C      | 2001                      | 35          | 11 Stk.         | 1'870 m <sup>2</sup>       |
| Einfamilienhaus D1      | 2001                      | 3           | 1 Stk.          | 336 m <sup>2</sup>         |
| Einfamilienhaus D2      | 2002                      | 3           | 1 Stk.          | 336 m <sup>2</sup>         |
| Reihenhäuser E1 - E4    | 2001                      | 12          | 4 Stk.          | 688 m <sup>2</sup>         |
| Reihenhäuser E5 - E8    | 2002                      | 12          | 4 Stk.          | 688 m <sup>2</sup>         |
| Reihenhäuser E9 - E12   | folgt                     | 12          | 4 Stk.          | 688 m <sup>2</sup>         |
| Reihenhäuser E13-E16    | folgt                     | 12          | 4 Stk.          | 688 m <sup>2</sup>         |
| <b>Total Überbauung</b> | <b>2000 bis<br/>~2006</b> | <b>~150</b> | <b>48 Wohn.</b> | <b>8'002 m<sup>2</sup></b> |



**Tabelle 1** Daten zur Überbauung \*EBF=Energiebezugsfläche

Von Beginn an war vorgesehen, der Energieeffizienz und dem Wohnkomfort einen hohen Stellenwert zu geben. Es wurde deshalb eine zentrale Wärmeversorgung auf der Basis einer Grundwasserwärmepumpe gewählt.



**Bild 1** Ansicht der Siedlung

## 1.2 Konzept Wärmeversorgung

### Heizung/ Warmwasser -Grundkonzept

Die Überbauung wird von einer Heizzentrale über eine Fernwärmeleitung ganzjährig mit Heizwärme versorgt. In jedem Gebäude übernimmt eine Unterstation mit integriertem Wassererwärmer auch die Raumheizung.

Zentrale Wärmeversorgung mit Wärmepumpe

### Wärmequelle

Nach den Angaben des Geologie-Büros Kellerhals+Häfeli AG wurde das Grundwasser gemäss dem folgenden Plan gefasst. Bei der installierten Heizleistung ist eine Fördermenge von rund 1'350 l/min erforderlich.

Gute Grundwasserverhältnisse mit kleinem Flurabstand

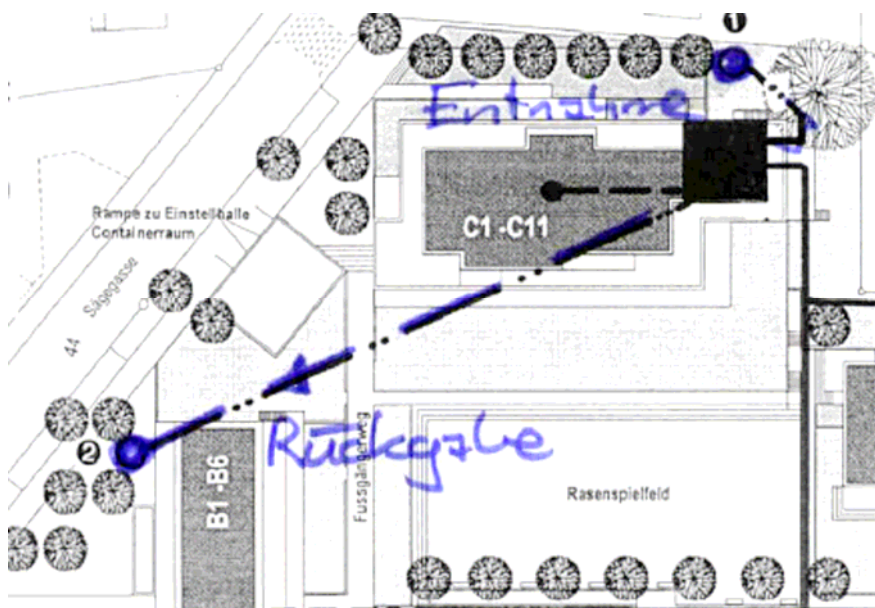


Bild 2 Situation mit Grundwasser-Erschliessung

Die Erschliessungsleitungen wurden entlang dem Parzellenrand und durch die Einstellhalle geführt, damit die Bauarbeiten für die weiteren Etappen nicht beeinträchtigt werden (siehe auch Anhang). Infolge geringer Grundwasser-Fließgeschwindigkeit sind die Schächte maximal versetzt.

### Elektrischer Anschluss

Mit der Erschliessung der Parzelle erfolgte auch die Erschliessung der Heizzentrale mit der entsprechenden Kapazität.

### Wärmeerzeugung

Mit dem Bau der ersten Etappe im Jahr 2000/2001 wurde vorerst nur der Spitzenheizkessel ausgeführt. Erst als rund 80% der Überbauung zur Fertigstellung gelangten, wurde die Wärmepumpe realisiert.

Wärmepumpe für Heizung und Warmwasser

|                                                       |                 |
|-------------------------------------------------------|-----------------|
| Total Wärmeleistungsbedarf (gemittelt inkl. Verluste) | <b>425 kW</b>   |
| davon Heizung (-8°C) ohne Verteilverluste             | 322 kW          |
| davon Warmwasser-Spitzenbezug (Aufheizzeit 1.5h)      | 336 kW          |
| Heizkessel Heizleistung                               | 425 kW          |
| Laststufen                                            | 2-stufig        |
| Brennstoff                                            | Heizöl EL       |
| Wärmepumpe Heizleistung                               | 100-135 kW      |
| Anzahl Verdichter + Stufen                            | je 2            |
| Kältemittel (So. max. VL-Temp. 65°C)                  | R134a           |
| Systemtemperaturen VL Heiz. / WW                      | max. 55 / 65 °C |

### Prinzipschema Energiezentrale

G:\2000\020.3\DOKU\P1HEI6.DRW  
D:23.8.00/EM

**Grundwasserentnahmehrunnen**  
Q=83.7kW  
T=8/4°C  
V=18m³/h  
DN 80

**EWP**  
Q=125kW  
T(Kond)=7K  
Vmax=15.4m³/h  
DN 80

**Speicher HT 2'600l**  
F4  
F5  
F6  
F7

**Speicher NT 2'600l**  
F8  
F9  
F10  
F11

**Ölkessel**  
Q=400kW  
T=75/60°C  
V=22.9m³/h  
DN 80

**Hauptvorlauf**  
Y3  
P3  
F12  
F13  
F14

**Hauptrücklauf**  
Y4  
P4  
F15  
FP1

**Notschaltung**

**Expansion u. Entgasung**  
E1

**Abnehmer (siehe sep. Prim)**

**Aussenfühler**  
FA1

**Temperaturangaben:**  
T(HE)=55°C  
T(WW)=65°C  
T(HE+WW)=40°C

**Volumenstromangaben:**  
V=17.8m³/h  
V=17.8m³/h

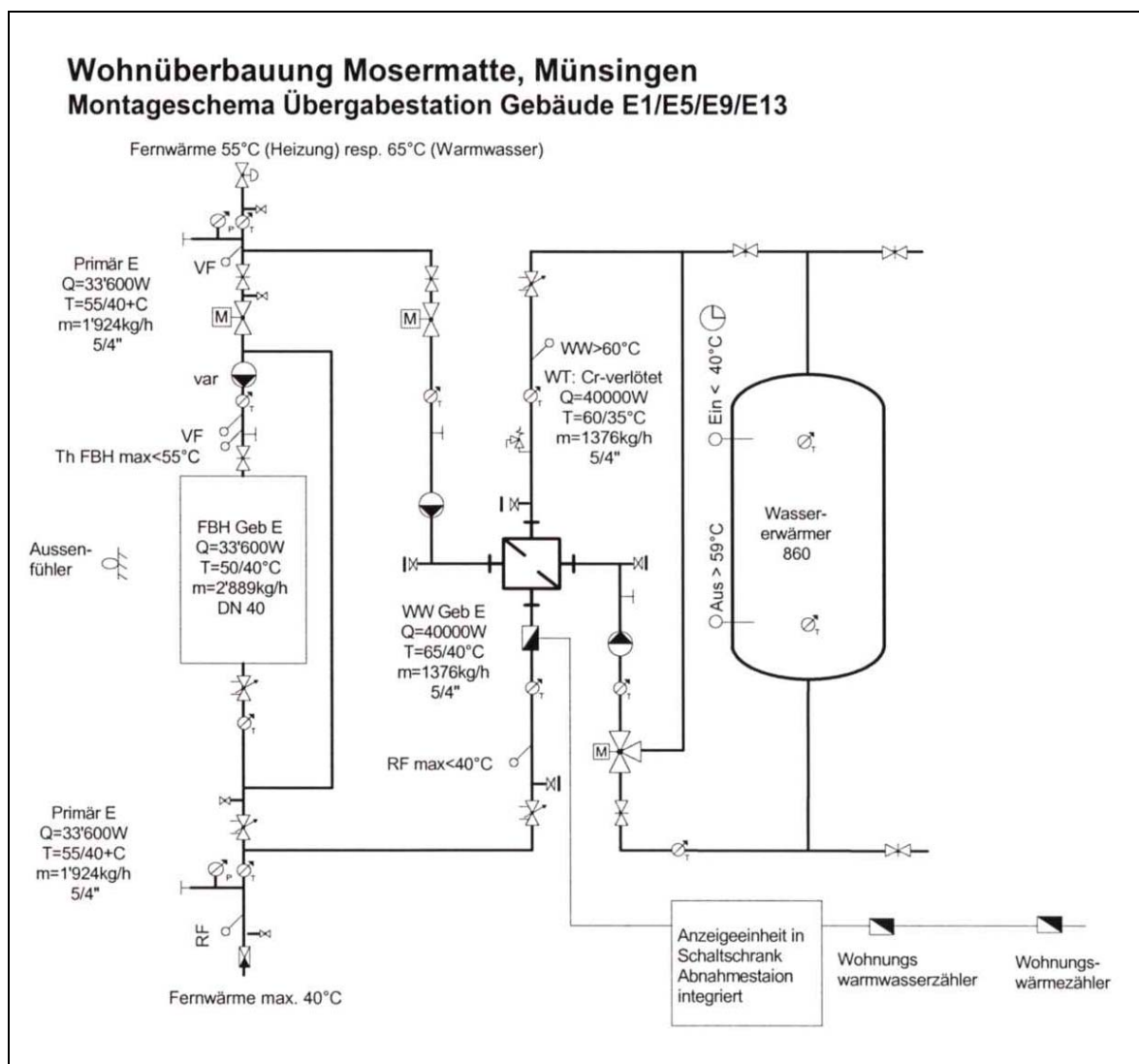
**Bild 3    Prinzipschema Einbindung Wärmepumpe**

<sup>1</sup> Stufenladung bedeutet, dass das WP-Regelventil Y1 voll offen ist und damit die WP auf möglichst tiefen VL-Austrittstemperaturen arbeiten kann. Der/die Speicher werden dann bei WP-Leistungsreserve in mehreren Durchgängen immer auf eine höhere Temperatur geladen.

<sup>2</sup> Bei der Schichtladung regelt das WP-Ventil Y1 so, dass die Austrittstemp. der WP mindestens der benötigten WW-Ladetemperatur entspricht (zur Zeit ca. 63°C).

## Wärmeverteilung / Unterstationen

Die Wärme wird bedarfsabhängig und mit variabler Wassermenge mittels Fernleitung zu den 9 Unterstationen geführt. Das Warmwasser wird pro Unterstation mit unterschiedlich grossen Wassererwärmern mit externen Plattentauschern ab der Heizung aufbereitet. Die Wassererwärmer werden über ein Zeitschaltprogramm 2 mal am Tag aufgeladen. Zum sicheren Verhindern von Legionellen wird die Fernleitung während der definierten Warmwasserladezeit auf über 60°C gefahren. Nachfolgendes Prinzipschema zeigt ein Beispiel einer realisierten dezentralen Unterstation:



**Bild 4** Prinzipschema Einbindung Wärmepumpe

## 2 Chronologie und Planungsdaten

### 2.1 Grobübersicht

Die Umsetzung des Bauvorhabens ist in folgender Tabelle ersichtlich:

|                     |              |                                                    |
|---------------------|--------------|----------------------------------------------------|
| 1999                | Oktober      | Projekt mit Kostenvoranschlag                      |
| 2000                | ab Januar    | Planung                                            |
| 2000                | 10. März     | Wärme-Contractingvertrag unterzeichnet             |
| 2000<br>bis<br>2006 | ab Herbst    | Baubeginn 1. Etappe<br>weitere Etappen fortlaufend |
| 2001                | 28.11.01     | Erster Wohnungsbezug                               |
| 2002                | 30.04.02     | Erste Heizkostenabrechnung                         |
| 2004                | 21.10./ Nov. | Prov. u. definitive Inbetriebnahme Wärmepumpe      |
| 2004                | Dezember     | Beginn der Erfolgskontrolle                        |
| 2005                | Herbst       | Abschluss der Erfolgskontrolle                     |

**Tabelle 2 Chronologie des Projektes**

Der Verkauf der Wohneinheiten gestaltete sich schwieriger als erwartet. Trotzdem konnten die weiteren Bauetappen in Angriff genommen werden. Die Fertigstellung hat sich vom Jahr 2003 bis ins Jahr 2006 für die letzten REFH E9 bis E16 verzögert.

### 2.2 Planungsdaten

In der Konzeptphase ist für die rund 8'000 m<sup>2</sup> Energiebezugsfläche (EBF) ein Wärmebedarf von 490 MWh und zusätzlich für das Warmwasser 100 MWh prognostiziert worden. Heute sind 6'600 m<sup>2</sup> EBF ausgeführt. Davon sind über 80% verkauft. Bei den verbleibenden 20 % liegt praktisch kein Verbrauch vor, da diese Wohnungen nur temperiert werden. Wird diese Ausgangslage berücksichtigt, entspricht der tatsächliche Energieverbrauch den Planungswerten.

Die Ausführung der Anlage erfolgte ohne nennenswerte Projektänderungen.

**Der Vergleich Planung mit der effektiven Realisierung zeigt nur minimale Änderungen mit Ausnahme der viel längeren Bauzeit.**

### 3 Anlagedaten

#### 3.1 Wärmepumpe

Die installierte Wärmepumpe weist folgende Kennwerte auf:

Fabrikat / Typ: CTA / WP 21/180 – W/W – 134 - SD

Kältemittel / -öl: R134a (32 kg) / B5.2

Heizwassertemp. Vorlauf: max. 65°C

Grundwassertemp. 8°C – 12 °C

|               |                                                                  |
|---------------|------------------------------------------------------------------|
| Planungswerte | 32 kW <sub>el</sub> ; 119 kW <sub>th</sub> (W10 / W50) → COP 3.7 |
|---------------|------------------------------------------------------------------|



**Bild 5** Ansicht der Wärmepumpe geschlossen



**Bild 6** Ansicht der Wärmepumpe unten geöffnet (Betonsockel ersichtlich)

### 3.2 Grundwassererschliessung

Das Grundwasser reichte im Fassungsschacht Ende Sommer 2004 während der Ausführungsarbeiten Wärmepumpe rund 30cm unter den Schachtdeckel. Da der Grundwasserspiegel sich nur sehr langsam senkte, musste eine „Unterwasserinstallation“ der Fassungspumpe und deren Aufhängung vorgenommen werden.

Das kantonale Amt bewilligte ein ungedecktes Brunnenrohr mit dichtem Schachtdeckel. Die Messapparaturen für das Grundwasser konnten einfach in der Heizzentrale ausgeführt werden und sind in untenstehendem Bild ersichtlich:



**Bild 7** Ansicht Grundwassereinbindung (diverse Spülstutzen)

## 4 Erfolgskontrolle 2003-2004

### 4.1 Jahreswerte

Mit wöchentlichen Ablesungen wurde der Betrieb der Anlage erfasst. Eine Bilanz zwischen dem 31.12.2004 und 02.11.2005 (10 Monate) zeigt folgende Werte:

| Energieart                                                           | Zählerablesungen                                                                   | 31.12.04 bis 2.11.05                                  |                       |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------|
| Wärmeproduktion                                                      | - total Wärmepumpe<br>- total Heizkessel                                           | 277'317 kWh<br>59'977 kWh                             | 85%<br>18%            |
| Wärmeabgabe                                                          | - total an Fernleitung<br>Diff. WP+HK-Fernleit.-<br>= Zentralenverluste            | 326'928 kWh<br>10'366 kWh                             | 100%<br>3%            |
| Ölverbrauch                                                          | - Ölzähler                                                                         | 6'617 ltr                                             |                       |
| Heizkesselbetrieb                                                    | - Laufzeit HK St. 1+2<br>- Starts HK St. 1+2                                       | 212 + 5 h<br>151 + 90 [-]                             | ~50 min<br>pro Start  |
| Wärmepumpen-<br>betrieb                                              | - Laufzeit Verd. 1+2<br>- Starts Verd. 1+2                                         | 2'360+2'337 h<br>2'240+2'116 [-]                      | ~1 Std<br>pro Start   |
| Grundwasser                                                          | - Wasserzähler                                                                     | 70'191 m <sup>3</sup>                                 |                       |
| Strombezug                                                           | - total Heizzentrale<br>davon Hochtarif<br>davon Niedertarif                       | 92'682 kWh<br>49'572 kWh<br>43'110 kWh                | 100%<br>53%<br>47%    |
|                                                                      |                                                                                    | berechnete Grössen                                    |                       |
| <i>Stromverbrauch<br/>(berechnet aus Be-<br/>triebsstunden, ...)</i> | - Wärmepumpe<br>- WP-Hilfsbetriebe<br>- Heizkessel kompl.<br>- Restl. Heizzentrale | ~81'100 kWh<br>~6'500 kWh<br>~1'350 kWh<br>~3'850 kWh | 87%<br>7%<br>2%<br>4% |

**Tabelle 3 Jahreswerte Wärmepumpenbetrieb**

#### AUSWERTUNGEN

Der Zentralennutzungsgrad<sup>3</sup> über die Messperiode beträgt >206 %

Wenn die elektrische Energie 3-fach wertvoller gewichtet wird  
als die thermische Energie, beträgt der Nutzungsgrad noch > 95 %

Die Leistungsziffer<sup>4</sup> der Wärmepumpe exkl. Hilfsbetrieb beträgt 3.42 [-]

Die Arbeitszahl<sup>5</sup> der Wärmepumpe inkl. WP-Hilfsbetrieb ist 3.17 [-]

Diese Zahlenwerte werden sich leicht verbessern, wenn die  
Siedlung fertig erstellt ist und sämtliche Wohnungen bewohnt sind.

Abgeleitet aus den Sommerverbrauchsdaten beträgt der Wär-  
mebedarf für das Warmwasser am Gesamtbedarf zur Zeit ca. 25%

<sup>3</sup> Zentralennutzungsgrad = Wärmeoutput an Fernleitung / Energie-Input an Öl u. Strom

<sup>4</sup> Leistungsziffer = WP-Wärmeoutput / WP-Verdichterstromverbrauch

<sup>5</sup> Arbeitszahl = WP-Wärmeoutput / (WP-Verdichterstrom+WP-Hilfsbetriebsstrom inkl. Grundwasser)

## 4.2 Wochenwerte

Wie die folgende Abbildung zeigt, ist beim Strombezug der Anteil Niedertarif mit rund 45% erheblich. Die Fussbodenheizungen dienen als Wärmespeicher und werden über Nacht mit günstigem Niedertarifstrom aufgeladen.

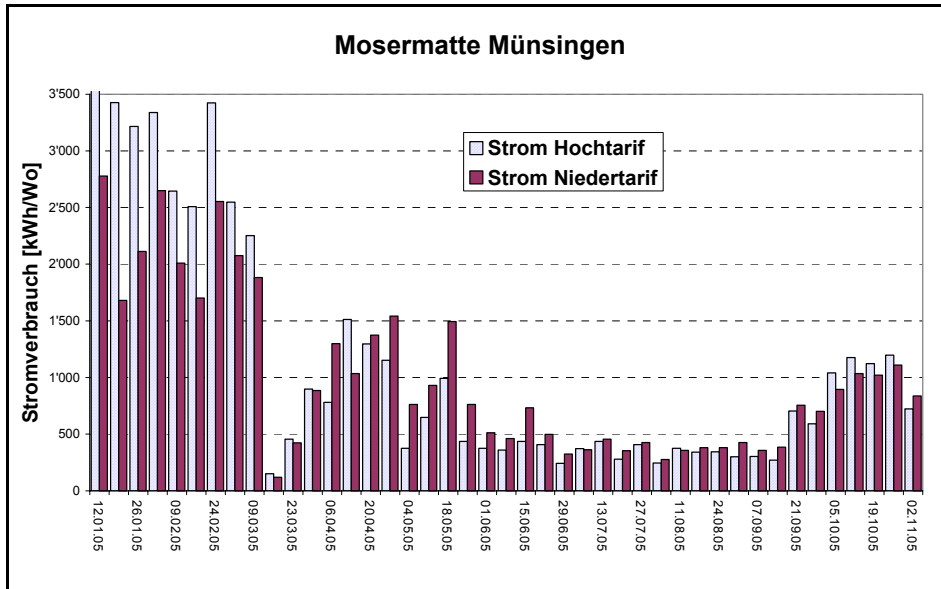


Bild 8 Strombezug Hochtarif / Niedertarif (Wochenwerte)

Die mittlere wöchentliche Leistungszahl der WP lag während der Heizsaison mit über 3.5 in einem guten Bereich. Im Sommer fielen diese Werte infolge der kurzen Laufzeiten und den hohen Austrittstemperaturen für die Wassererwärmung teilweise auf unter 3.0.

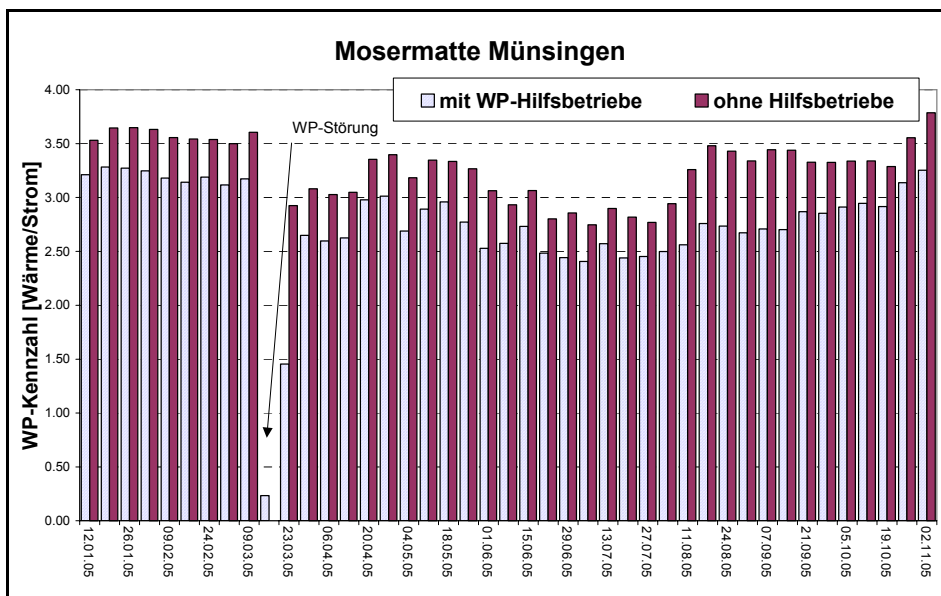


Bild 9 WP-Arbeitszahlen mit und ohne Hilfsbetriebe (Wochenwerte)

### 4.3 Kurzzeitauswertungen

Für etwas mehr als 2 Monate (vom 28.02. bis 19.05.05) wurden diverse Daten direkt über das MSR-Leitsystem digital abgelegt. Die Auswertung dieser Daten erwies sich als ausserordentlich zeitintensiv, da die Software keine zuverlässige Aufzeichnung erlaubte. Insbesondere liess sich kein periodisch einheitliches Aufzeichnungsintervall realisieren! Folgende Erkenntnisse konnten daraus gewonnen werden:

#### Systemtemperaturen

Diese interessieren, um die erzielten WP-Arbeitszahlen besser interpretieren zu können. Man erkennt aus nachstehender Tabelle, dass die kalte Fernleitungs-Rücklauftemperatur (Hp-RL) nicht bis zum Wärmepumpen-Eintritt (WP-RL) „gerettet“ werden konnte. Diese musste noch zu oft Ihre Austrittstemperatur (WP-VL) anheben, um den Warmwasserbedarf decken zu können. Das dazu benötigte Wärmepumpen-Regelventil war während rund 40% der Zeit nicht voll geöffnet und musste die Eintrittstemperatur "hochmischen" um eine genügend hohe Austrittstemperatur zu erreichen.

| Temperaturen | WP-RL    | WP-VL    | Hp-RL    | Hp-VL    | WP-Ventil |
|--------------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Minima       | 20.28 °C | 21.44 °C | 22.09 °C | 28.14 °C | -1.00 %   |
| Maxima       | 65.77 °C | 68.92 °C | 57.81 °C | 76.11 °C | 100.00 %  |
| Mittelwert   | 43.12 °C | 48.84 °C | 35.37 °C | 50.84 °C | 39.73 %   |

Tabelle 4 Systemtemperaturen während Wärmepumpenbetrieb

Da die Mittelwerte nicht exakt laufzeitengewichtet werden konnte, sind diese mit Vorsicht zu interpretieren.

Nachfolgende Grafik verdeutlicht besser, dass die Wärmepumpe oft bis auf die eingestellte maximale Austrittstemperatur von 63-68°C arbeiten musste. Aufgrund dieser Erkenntnisse wurden die Wassererwärmerlaufszeiten der Unterstationen aufeinander abgestimmt.

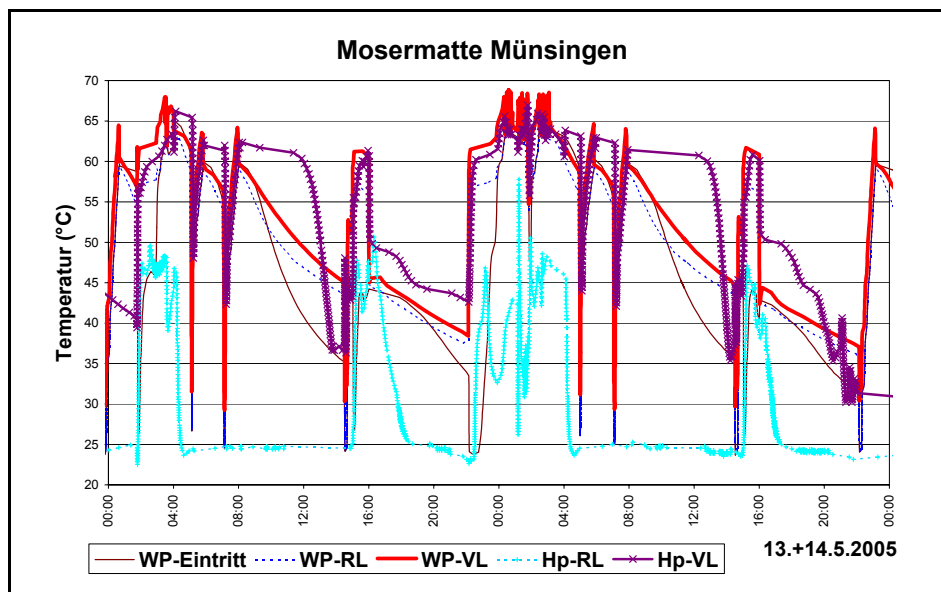


Bild 10 Systemtemperaturen

Den Übertragungs-Temperaturverlusten von Fernwärmeleitung und Unterstation muss zukünftig auch mehr Beachtung geschenkt werden.

## 4.4 Betrieb der Anlage

Der Anteil der Wärmepumpenabdeckung am Gesamtenergieverbrauch liegt bei 85% und kann noch gesteigert werden. Der längere Betriebsausfall der Wärmepumpe Ende März verursachte alleine 25% des gemessenen Ölverbrauches. Im Sommer kann auf den Spitzenkessel für die Brauchwarmwassererzeugung verzichtet werden. Die Wärmeproduktion Heizkessel + Wärmepumpe (Flächen) liegt zusammengezählt leicht höher als die Wärmeabgabe an die Fernleitung (ausgezogene Linie). Die daraus resultierende Differenz zeigt die Zentralenverluste auf.

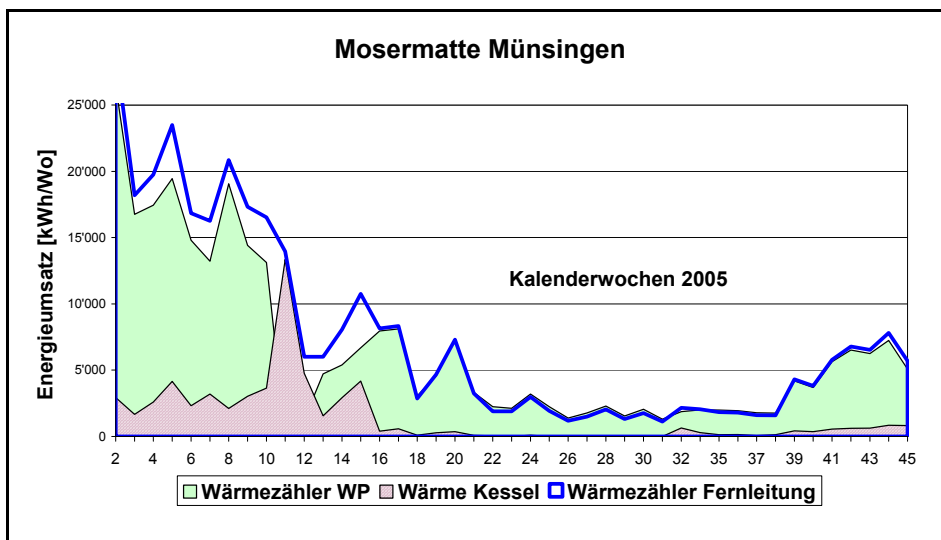


Bild 11 Wärmeproduktion sowie Wärmeabgabe

### 4.4.1 Logbuch - Störungen

Der Betrieb der Wärmepumpe verlief ohne nennenswerte Störung bis auf die MSR - Störung im März/April 2005.

- 21.10.04 Provisorische Inbetriebnahme der WP
- 20.11.04 WP-Hochdruckstörung
- 26.12.04 Störung Verdichter 1, Ursache unbekannt
- 04.03.05 Störung WP, Ursache unbekannt
- 17.03.05 Störung Verdichter 1 Thermorelais
- 23.3.-12.4.05 diverse Störung Strömung  
div. Interventionen bis defektes MSR-Element aufgefunden wurde
- 03.08.05 Störung Öldruck Kompr. 1 und 2 ungeklärt einmalig

Der längere Unterbruch im März/April 05 wurde durch ein defektes Steuerungselement verursacht. Dieses schadhafte Element hat Falschalarme abgesetzt und Abschaltungen verursacht. Es brauchte mehrere Interventionen von verschiedenen Unternehmern, bis diese Ursache gefunden werden konnte.

Die Fernüberwachung der BKW Energie AG als Contractor hat sich bewährt. Probleme, mit Ausnahme der erwähnten längeren Störung, wurden rasch erkannt und die Lösungen können entsprechend umgesetzt und überwacht werden.

#### **4.4.2 Betriebs-Optimierungen**

Die Anlageoptimierung erfolgte sowohl im Winter als auch im Sommer:

- 06.12.04      Programmkorrektur (Speicherladung)
- 03.02.05      Erneute Leistungsmessung nach Kältemittelnachfüllung
- 14.04.05      Digi Eingangsboard Honeywell neu  
                  und kleine Programmänderung.
- 03.-12.08.05    3x Programmoptimierungen
- 19.10.05      Programmänderung

Im wesentlichen betrafen die MSR-Optimierungen die Warmwasserladerfreigaben, welche zeitlich besser gestaffelt wurden sowie Schicht- und Stufenladungssollwertanpassungen. Die Programmanpassungen im Sommer sind auf Fehlprogrammierungen der MSR-Firma zurückzuführen.

Der Betrieb der Anlage ist heute sehr gut. Die Rücklauftemperaturen im Heizbetrieb sind gemäss Betreiber tief und steigen beim Wassererwärmerladungsvorgang am Ende auf niedrige 48°C an.

## 5 Kostenbetrachtungen

### 5.1 Investitionen

Die Investitionen der Gesamtsiedlung betragen rund CHF 30 Mio. Der Anteil der Wärmeversorgung kann wie folgt aufgeteilt werden (Preisbasis 2005 inkl. MWSt):

|                                                   |                  |                    |
|---------------------------------------------------|------------------|--------------------|
| <b>Heizzentrale konventionell (Öl komplett)</b>   | <b>total CHF</b> | <b>301'000.-</b>   |
| BKP 21/22 + 25-28 Raum inkl. Ausbau               | CHF              | 73'000.--          |
| BKP 23 Elektro-/MSR-Installationen                | CHF              | 62'000.--          |
| BKP 24 Heizungsinstallationen inkl. Kamin         | CHF              | 83'000.--          |
| BKP 25 Sanitär/Grundwasser                        | CHF              | 3'000.--           |
| BKP 29 Honorare (alle Planer)                     | CHF              | 80'000.--          |
| <b>Mehrinvestitionen Wärmepumpenanlage</b>        | <b>total CHF</b> | <b>352'000.-</b>   |
| - Raummehrbedarf 25 m <sup>2</sup> oder + 30%     | ~CHF             | 30'000.--          |
| - Elektro-/MSR-Installationen                     | ~CHF             | 50'000.--          |
| - Heizung: Wärmepumpenmodul (CTA)                 | CHF              | 84'000.--          |
| Speicher+Einbindung                               | CHF              | 22'000.--          |
| - Grundwassererschliessung inkl. Leitung          | CHF              | 89'000.--          |
| - davon WP-Honoraranteile (inkl. Hydrologie)      | CHF              | 61'000.-           |
| - Anschlussgebühren Elektrizitätswerk             | CHF              | 16'000.-           |
| <b>Weitere Contractor-Invest. Wärmeverteilung</b> | <b>~ CHF</b>     | <b>300'000.-</b>   |
| <b>Abzüglich BFE-Finanzbeitrag</b>                | <b>CHF</b>       | <b>- 106'000.-</b> |

Umgerechnet auf die kW installierte Wärmepumpenheizleistung ergeben sich netto Mehrinvestitionen von CHF 2'700.- bis 3'500.-/kW WP-Leistung

### 5.2 Energiekosten

Auf die Energiekosten haben neben den Einkaufspreisen der Primärenergie auch die verschiedenen Systemwirkungsgrade sowie die Produktionsaufteilung zwischen Wärmepumpe und Heizkessel einen Einfluss. Bei der Festlegung des Contractor-Wärmeliefervertrages wurde von folgenden Annahmen ausgegangen:

|                             |                       |                         |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Aufteilung Wärmeproduktion: | 70% WP                | 30% Öl                  |
| Teil-Systemwirkungsgrad:    | JAZ 3.0               | WKGD 85%                |
| Energiepreise Einkauf:      | Strom HT: 21.0 Rp/kWh | Öl: CHF 40.-/100 ltr    |
|                             | Strom NT: 10.5 Rp/kWh | (heute CHF 80.-!)       |
| Konzession Grundwasser:     | 1 Fr. pro ltr/m       | + 0.5 Rp/m <sup>3</sup> |

Aufgrund Contractor-interner Überlegungen über Strommarktliberalisierung<sup>6</sup> u.a. mehr wurde den Bezügern eine ausserordentlich günstige Wärmeenergie von 6.7 Rp/kWh gewährt. Dieser Grundpreis kann nicht verglichen werden mit den effektiv zu zahlenden Wärmegestehungskosten.

<sup>6</sup> Annahme Strommarktliberalisierung: Strommix-Einkaufspreis von nur 9.5 Rp/kWh!

### **5.3 Wärmegestehungskosten**

Bei den Wärmegestehungskosten sind neben den Energiekosten zusätzlich die Kapital- und Betriebskosten einzubeziehen.

Die Kapitalkosten lassen sich aufgrund der diversen, nicht für die Öffentlichkeit bestimmten Annahmen über Nutzungsdauer, Kapitalzinssätze, Abschreibungskurven etc. nicht beziffern und somit können die Wärmegestehungskosten nicht berechnet werden.

## **6 Anhang**

|            |                                |           |
|------------|--------------------------------|-----------|
| <b>A1.</b> | <b>Gesamtübersicht Heizung</b> | <b>18</b> |
| <b>A2.</b> | <b>Prinzipschemata</b>         | <b>19</b> |
| <b>A3.</b> | <b>Grundriss Heizzentrale</b>  | <b>20</b> |

## **A1. Gesamtübersicht Heizung**



### A3. Grundriss Heizzentrale

