

Schlussbericht November 2004

Erfolgskontrolle

Wärmepumpe mit Grundwasser für eine MINERGIE-Siedlung

Bärenmatte Utzenstorf

ausgearbeitet durch

Bernhard Eggen
und Martin Stöckli
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

Die erste Etappe der Siedlung Bärenmatte Utzenstorf mit 18 Eigentumswohnungen wurde im MINERGIE-Standard realisiert. Eine zentrale, von der BKW Energie AG als Contractor erstellte und betriebene Wärmepumpenanlage sichert die Wärmeversorgung für Heizung und Warmwasser. Für das Bundesamt für Energie besitzen Anlagen in dieser Grösse mit Grundwasser als Wärmequelle Demonstrationscharakter.

**Grundwasser-
Wärmepumpe für
MINERGIE-Siedlung**

Mit der vom November 2003 bis Oktober 2004 durchgeführten Erfolgskontrolle wurde der Betrieb der Wärmepumpe überprüft und kleinere Optimierungen vorgenommen. Da die Wärmepumpe für den Endausbau dimensioniert wurde und zudem die erste Bauetappe erst teilweise belegt ist, weist die Anlage noch kurze jährliche Laufzeiten auf. Der Heizenergiebedarf liegt im Bereich der Erwartungen, der Warmwasserbedarf mit der tiefen Belegung aber noch weit darunter. Insgesamt resultiert eine Energiekennzahl E_w von 35 MJ/m²a.

Mit weniger als einem Start pro Kompressor und Tag sowie Heizwassertemperaturen unter 40°C ist der Betrieb der Anlage gut. Entsprechend hoch sind die Jahresarbeitszahlen: 5.76 ohne Hilfsbetriebe und 3.83 mit Hilfsbetrieben. Mit einer besseren Auslastung dürften diese Werte sogar noch ansteigen.

**JAZ-Ziel von 3.6 wurde
überschritten.**

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
Inhaltsverzeichnis	2
1 MINERGIE-Siedlung Bärenmatt	3
1.1 Überbauungsprojekt	3
1.2 Konzept Wärmerversorgung	4
2 Chronologie des Projektes	6
3 Anlagedaten der Wärmepumpe	7
4 Erfolgskontrolle 2003-2004	8
4.1 Jahreswerte	8
4.2 Wochenwerte	9
4.3 Betrieb der Anlage	10
4.4 Optimierungen	10

© Copyright

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

Impressum

Verfasser: Bernhard Eggen
Martin Stöckli
Projektnummer: 01.3.051
Telefon: 031 370 14 28
E-Mail: bernhard.eggen@eicher-pauli.ch
Freigabe: Bernhard Eggen, Geschäftsleitung

Stand: 1. Fassung vom 15.12.2004 16:17

G:\2001\051\4-Dok\BE-Schlussbericht-Nov-2004_1.doc

1 MINERGIE-Siedlung Bärenmatt

1.1 Überbauungsprojekt

Die Überbauung Bärenmatt Utzenstorf wird von Architekt Moritz Jenni als Investor und Architekt realisiert und soll dem Eigentumsstandard entsprechen. Die BKW Energie AG hat die Wärmeerzeugung als Contractor erstellt und übernimmt die Betriebsführung.

BKW Energie AG erstellte
Wärmepumpe als
Contractor

Die Realisierung erfolgt in zwei Etappen.

Anzahl Gebäude	1.+2. Etappe	je 2
Anzahl Wohneinheiten	1.+2. Etappe	je 18
Energiebezugsfläche	1. Etappe	2'960 m ²

Tabelle 1 Daten zur Überbauung

Von Beginn weg war vorgesehen, der Energieeffizienz und dem Wohnkomfort einen hohen Stellenwert zu geben. Im Verlaufe der Projektierung wurde entschieden, mindestens die erste Bauetappe im MINERGIE-Standard umzusetzen. Beiträge des Kantons an eine MINERGIE-Lösung haben diesen Entscheid mitbestimmt.

Siedlung im MINERGIE-
Standard von Architekt
Jenni



Bild 1 Ansicht der Siedlung

Im Herbst 2003 konnte die 1. Etappe mit 18 Wohnungen (Baufelder A und B) bezogen werden. Der Verkauf läuft etwas harzig. So konnten bis November 2004 erst 11 Wohnungen verkauft werden, sieben stehen noch leer.

Eigentumswohnungen
erst teilweise verkauft

1.2 Konzept Wärmversorgung

HEIZUNG/ WARMWASSER

Die Überbauung wird von einer Heizzentrale mit Heizwärme und Warmwasser versorgt. Pro Haus ist eine Unterstation vorgesehen, wo die Feinregulierung der Heizung erfolgt. Mit der gewählten Contractor-Schnittstelle (Austritt Heizzentrale) ist die Steuerung der Wärmeabgabe im Besitz der Eigentümer.

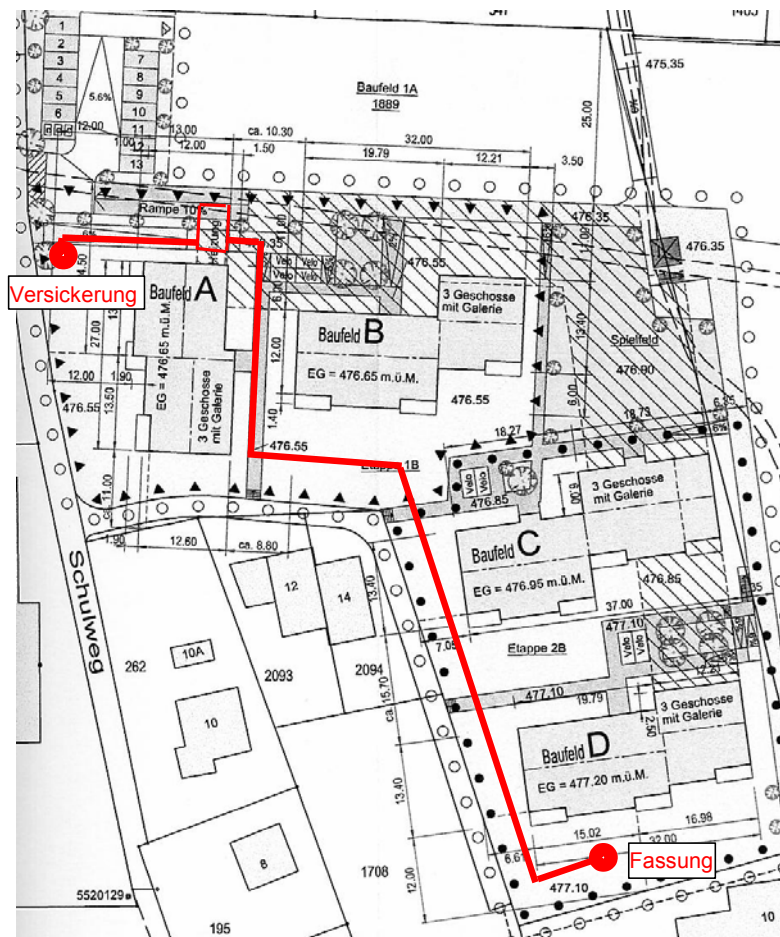
Zentrale Wärmeversorgung mit Wärmepumpe

WÄRMEQUELLE

Nach den Angaben des Geologen Kellerhals+Häfeli AG wurde das Grundwasser gemäss dem folgenden Plan gefasst. Bei der installierten Heizleistung ist eine Fördermenge von 400 l/min erforderlich.

Gute Grundwasserverhältnisse mit kleinem Flurabstand

Bild 2 Situation mit Grundwasser-Erschliessung



WÄRMEERZEUGUNG

Mit dem Bau der ersten Baustufe wurde eine Wärmepumpe eingebaut, welche die Wärmezeugung für Heizung und Warmwasser sicherstellt. Die Anlage weist folgende Grunddaten auf:

Wärmepumpe für Heizung und Warmwasser

Total Wärmeleistungsbedarf	148 kW
Wärmepumpe Heizleistung	142-168 kW
halbhermetische Verdichter	4
Stufen	4
Vorlauf Heizung	max. 37°C
Vorlauf Warmwasser	60°C
Kältemittel	R134a

Für die erste Etappe ist die Wärmepumpe rund 100% überdimensioniert.

Die Wärmepumpe arbeitet auf zwei Heizspeicher von 2000 l Inhalt mit einer maximalen Vorlauftemperatur von 42°C. Im Heizspeicher wird gleichzeitig mit einem innenliegenden Warmwasser-Speicher das Warmwasser vorgewärmt. Anschliessend wird in einem Warmwasserspeicher (2000l) mit der Überhitzung der Wärmepumpe eine Temperatur von bis zu 60°C erreicht. Zum sicheren Verhindern von Legionellen erwärmt ein Heizstab das Warmwasser periodisch auf 62°C.

Nutzung der Überhitzung und Heizeinsatz für Sicherheit gegen Legionellen

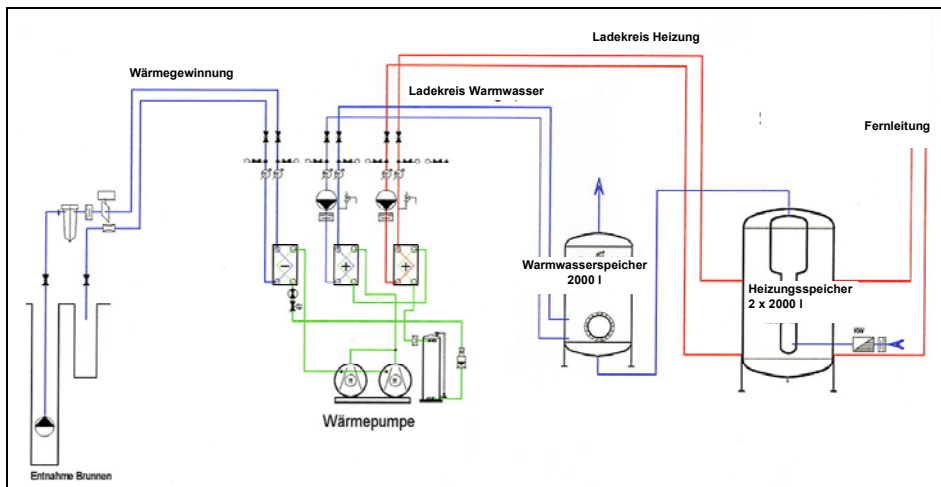


Bild 3 **Prinzipschema Einbindung Wärmepumpe**

Mit dem günstigen Tarif für Wärmepumpen unterbricht der Elektroversorger seine Lieferung ein- bis zweimal täglich für 2 Stunden. Das Speichervolumen des Warmwassers wurde so bemessen, dass diese Zeit überbrückt werden kann.

2 Chronologie des Projektes

Wie der in der folgenden Tabelle dargestellte Projektablauf zeigt, konnte zwei Jahre nach dem Ausführungsentscheid die erste Etappe der Überbauung bezogen werden.

2001	August	Vorprojekt mit Gegenüberstellung "EWP-Gas"
	November	Abschluss Wärmeliefervertrag
2002	ab Januar	Planung
	August	Baubeginn
2003	Herbst	Fertigstellung der 1. Bauetappe und
	ab Oktober	Bezug der ersten Wohnungen
	August	Inbetriebsetzung EWP
	September	Beginn der Erfolgskontrolle
2004	Oktober	Abschluss der Erfolgskontrolle

Kurze Umsetzungszeit

Tabelle 2 Chronologie des Projektes

Der Verkauf der Eigentumswohnungen gestaltet sich zur Zeit etwas schwierig. Die zweite Bauetappe kann erst in Angriff genommen werden, wenn die letzten sieben Wohnungen der ersten Etappe verkauft und erste Kaufinteressenten für die zweite Etappe vorliegen.

3 Anlagedaten der Wärmepumpe

Zum Erreichen einer guten Energieeffizienz wurde eine Wärmepumpe mit zwei Kondensatoren in Serie eingesetzt.

Fabrikat / Typ: CTA / WP 41/283 – W12W – 134SD

Kältemittel: R134a / 52 kg

Heizwassertemp. Vorlauf: max. 40°C

Grundwassertemp. 8°C – 12 °C

Die installierte Wärmepumpe weist folgende Kennwerte auf:

	Kennwerte	
	W6/W42	W12/W32
Stromaufnahme EWP	35.5 kW	31 kW
Wärmeproduktion	142 kW	168 kW
COP	4.0	5.4

Tabelle 3 Kennwerte EWP



Bild 4 Ansicht der Wärmepumpe

4 Erfolgskontrolle 2003-2004

4.1 Jahreswerte

Mit wöchentlichen Ablesungen wird der Betrieb der Anlage erfasst. Eine Bilanz zwischen dem 31.10.2003 und 29.10.2004 zeigt folgende Werte:

Wärmeproduktion	- total - Heizung - Warmwasser (Anteil Überhitzung)	110'009 kWh 103'204 kWh 6'805 kWh
Strombezug	- total - Hochtarif - Niedertarif	28'754 kWh 24'579 kWh 4'173 kWh
Stromverbrauch	- total - Kompressoren - Heizstab - Hilfsbetriebe	28'754 kWh 19'069 kWh 122 kWh 9'563 kWh
Wärmepumpenbetrieb	- Laufzeit Kompressoren 1-4 - Starts Kompressoren 1-4	575-723 h 243-365
Arbeitszahlen WP	- JAZ ohne Hilfsbetriebe - JAZ mit Hilfsbetriebe	5.76 3.83

Tabelle 4 Jahreswerte Wärmepumpenbetrieb

Der Wärmebedarf für Heizung liegt für die erstellte, erste Ausbaustufe im Bereich der Prognose. Der Warmwasserbedarf hingegen ist sehr klein, da während der Messperiode die Wohnungen schrittweise bezogen wurden, heute von 18 Wohnungen immer noch 7 leer stehen und die durchschnittliche Belegung bei nur zwei Personen liegt.

**Warmwasserverbrauch
mit tiefer Belegung noch
klein**

Die Energiekennzahl E_w für die Messperiode beträgt $35 \text{ MJ/m}^2\text{a}$.

Mit der noch vorliegenden Überdimensionierung (nur Teilausbau) sind die Laufzeiten der Kompressoren noch bescheiden. Mit durchschnittlich weniger als einem Start pro Tag und Kompressor ist der Betrieb der Anlage sehr befriedigend.

Dies zeigt sich auch an den Arbeitszahlen der Wärmepumpe. Mit einer Jahresarbeitszahl (JAZ) mit Hilfsbetrieben von 3.83 wurde das Ziel von 3.6 überschritten. Bei Vollbetrieb dürften diese Werte weiter ansteigen durch die bessere Auslastung des Aggregates und den proportional kleineren Anteil der Hilfsbetriebe.

**Mit 3.83 konnte anvisierte
JAZ übertroffen werden.**

Der periodische Einsatz des Elektroheizeinsatzes zur Verhinderung von Legionellen im Warmwasserspeicher benötigte 0,42% des Jahresstromverbrauchs der Anlage.

4.2 Wochenwerte

Wie die folgende Abbildung zeigt, ist beim Strombezug der Anteil Niedertarif klein. Mit der bei den Verbrauchern eingestellten Nachtabsenkung wird während der Nacht praktisch keine Wärme abgegeben.

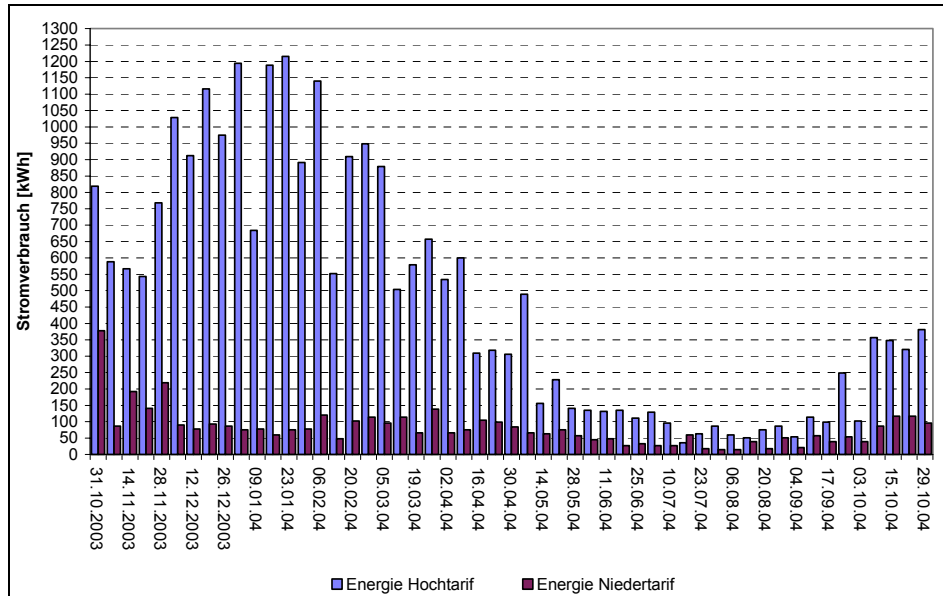


Bild 5 Strombezug Hochtarif / Niedertarif (Wochenwerte)

Die mittleren wöchentlichen "Arbeitszahlen ohne Hilfsbetriebe" lagen während der Heizsaison mit 5.5 bis 6.5 in einem guten Bereich. Im Sommer fielen diese Werte infolge der kurzen Laufzeiten für die Wasser-Erwärmung auf unter 3.0. Anfangs Sommer lagen die mittleren wöchentlichen "Arbeitszahlen mit Hilfsbetrieb" zweimal unter 1.0. Nach dem Ausschalten der Ölheizung der Kompressoren stiegen diese doch wieder auf 1.5. Es darf davon ausgegangen werden, dass diese Werte mit einer besseren Auslastung der Anlage weiter steigen werden.

**COP-Werte während
Heizsaison hoch**

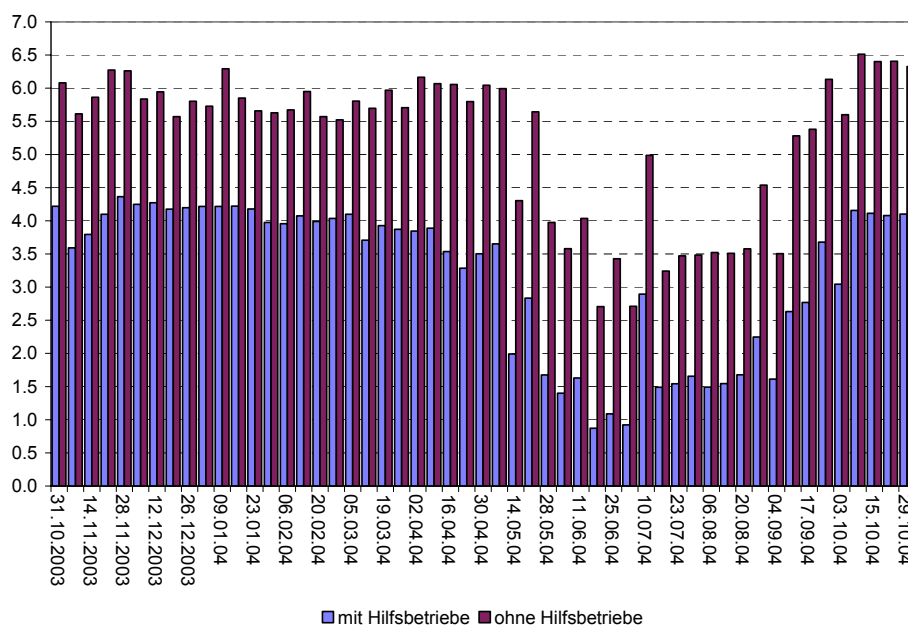


Bild 6 Mittlere wöchentliche Arbeitszahlen

4.3 Betrieb der Anlage

Nach der Inbetriebsetzung der Wärmepumpe anfangs September 2003 sind nur vereinzelte Störungen aufgetreten:

Nur wenig Betriebsstörungen

10.10.03	Alarm von Kältemittelüberwachung Ursache unbekannt
18.10.03	Öldruckstörung auf Verdichter 3
17.11.03	Hochdruckstörung Verdichter 4 nach WW-Ladung mit Heizeinsatz
24.02.04	Alarm und Änderung Heizungsspeicherladung
15.07.04	Öldruckstörung auf Verdichter 4, Ursache unbekannt

Die Fernüberwachung der BKW Energie AG als Contractor hat sich bewährt. Probleme werden rasch erkannt und Massnahmen können entsprechend rasch ausgelöst werden.

4.4 Optimierungen

Wie der Betrieb der Anlage gezeigt hat, wurde in diesem ersten Betriebsjahr ein guter Betrieb der Anlage erreicht. Die Steuerungsdefinition hat auch die bisher vorwiegenden Betriebsfälle mit wenig Bezug weitgehend gut erfasst. Während der Heizsaison wurden nur kleinere Korrekturen in den Ladesteuerungen des Heizungs- und Warmwasserspeichers vorgenommen.

Kleinere Optimierungen wurden durchgeführt.

Ein wirtschaftliches Optimierungspotential kann mit der Erhöhung des Niedertarif-Anteiles noch ausgeschöpft werden. So werden die bestehenden Zwangsladungen überprüft. Ebenso wird in Betracht gezogen, die Nachtabenkung auf ein Minimum zu reduzieren.