

DIS Projekt- Nr.: 38'330  
DIS Vertrags- Nr.: 78'106

Programm  
**Geothermie**

# Tiefe Erdwärmesonde Weggis

## Messkampagne zur Dokumentierung der neuen Einflüsse beim Ausbau der Ab- nehmerleistung

ausgearbeitet durch

**Dr. Walter J. Eugster**  
Polydynamics Engineering Zürich  
Malojaweg 19, 8048 Zürich  
wje@polydynamics.ch

**Hans Füglistner**  
Seestrasse 54  
6353 Weggis

im Auftrag des  
**Bundesamtes für Energie**  
und des **Kantons Luzern**

Oktober 2001

Zwischenbericht

## Zusammenfassung

Die tiefe Erdwärmesonde Weggis wurde 1994 in Betrieb genommen. In den Jahren 1995 bis 2000 liefert sie jährlich eine Wärmemenge von rund 220 MWh für Direktheizung sowie als Quelle für Wärmepumpen zur Heizung und Warmwassererwärmung. Der Direktheizungsanteil lag bei über 60%. Die Abnehmerleistung hat rund 100 kW betragen. Die Quelltemperatur der Sonde ist bei gut 40°C und die Rückgabetemperatur bei knapp 30°C gelegen.

Im Laufe des Betriebsjahres 2000/2001 wurde die Abnehmerstruktur um drei Mehrfamilienhäuser erweitert. Dadurch hat sich die Abnehmerleistung praktisch verdoppelt. Die dem Sondenkreislauf entnommene Wärme hat sich ebenfalls auf 420 MWh verdoppelt. Die Quelltemperatur der Sonde liegt bei knapp 40°C und die Rückgabetemperatur bei rund 35°C.

Wegen des neu durchgehenden Betriebs der Hauptzirkulationspumpe sind die Leerlaufverluste mit knapp 30% sehr hoch.

## Résumé

La sonde géothermique profonde de Weggis est opérationnelle depuis 1994. Pendant les années 1995 – 2000 elle a délivrée une quantité de 220 MWh de chaleur - soit pour le chauffage direct ou comme source pour les PACs. La part du chauffage direct était plus qu 60%. La puissance de chauffage se montait à environ 100 kW. La température délivrée de la sonde était plus que 40°C et la température de l'eau recirculé dans la sonde environ 35°C.

Pendant les années 2000/2001 la puissance de chauffage était presque doublée. La sonde géothermique profonde à délivrée une quantité de 420 MWh par année. La température de source s'est diminuée à presque 40°C et la température de retour à moins de 30°C.

La pompe principale de circulation était en opération pendant tous le jours et a provoquée des pertes de chaleur de environ 30%.

## Summary

The deep borehole heat exchanger of Weggis is operational since 1994. During the years 1995 to 2000 the BHE has produced for both, direct heating and as a source for the heat pumps, a yearly amount of heat of 220 MWh. The share of direct heating has been more than 60%. The average power of all consumers has been about 100 kW. This has yielded to a typical source temperature out of the deep BHE of more than 40°C and to a return temperature of about 35°C.

During the years 2000 and 2001 three additional multi-family dwellings have been connected as consumers to the BHE. The amount of delivered heat has nearly been doubled (from 220 to 420 MWh per year). This has induced a small reduction of the delivery and significant reduction of the return temperature to the BHE (less than 40°C and about 30°C, respectively).

As the main circulation pump is running now continuously the heat losses rise to about 30%.

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

## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	2
Résumé .....	2
Summary .....	2
1. Einleitung.....	4
1.1. Ausgangslage.....	4
1.2. Ziel der Arbeit.....	4
1.3. Vorgehen.....	4
2. Abnehmerstruktur .....	5
3. Energiezählung.....	7
3.1. Messkampagne .....	7
3.2. Übrige Wärme- und Stromzähler.....	7
3.3. Abschätzungen.....	7
4. Energiebilanzen.....	8
4.1. Vereinfachte Energiebilanzen 1994 – 2000 .....	8
4.2. Energiebilanz Betriebsjahr 2000/2001 .....	10
5. Schlussfolgerungen .....	13
6. Literaturverzeichnis .....	13

## 1. Einleitung

### 1.1. Ausgangslage

In den Jahren 1992 und 1993 wurde die Bohrung Weggis mit einer Endteufe von 2'302 m erstellt. Da keine nutzbaren Tiefenwässer mit genügend hoher Schüttung erschlossen werden konnten, wurde die Bohrung als weltweit erste tiefe geschlossene Erdwärmesonde ausgebaut. Diese Variante stand von Anfang an als Alternative zur Verfügung.

1994 wurde der Heizbetrieb mit der tiefen Erdwärmesonde aufgenommen (direkte Beheizung des Gebäudes Seestrasse 54). 1995 wurde die tiefe Erdwärmesonde als Wärmequelle für die Gebäude Kreuzstrasse 16 und 18 angeschlossen (direkte Nutzung sowie Nutzung mit Hilfe von zwei Wärmepumpen für Heizung und Brauchwarmwasser). Diese Anfangsphase wurde mit einem Messprojekt, finanziert durch das *Bundesamt für Energie BFE*, den *Projekt- und Studienfonds der Elektrizitätswirtschaft PSEL* sowie den *Kanton Luzern*, bis Herbst 1997 begleitet (Eugster & Füglistner, 1997). Die Messungen sind – finanziert durch die H. Füglistner AG, Weggis, und Polydynamics Engineering Zürich – auch nach Abschluss des ursprünglichen Messprogramms im gleichen Umfang weitergeführt worden.

Im Februar 1999 wurde ein neu erstelltes kleines Fabrikationsgebäude mit aufgesetztem Châlet an den Rücklauf der Seestrasse 54 angeschlossen (Direktbeheizung). Im Jahr 2000 und 2001 wurden drei weitere in unmittelbarer Umgebung der tiefen Erdwärmesonde neu erstellte Mehrfamilienhäuser (Häuser F, G, H) mit je 4 bzw. 6 grosszügigen Eigentumswohnungen als Wärmeabnehmer angeschlossen. In diesen drei Gebäuden dient der Rücklauf der bisherigen Abnehmer als Wärmequelle für je eine Wärmepumpe (Heizung und Brauchwarmwasser).

Es besteht die Option für den Anschluss weiterer neu zu erstellender Mehrfamilienhäuser in unmittelbarer Umgebung der Häuser F, G, H (Baulandreserve).

Der Anschluss der Häuser F, G und H diente als Motivation für ein erneutes Messprogramm, welches vom Herbst 2000 bis Herbst 2003 dauert und durch das Bundesamt für Energie sowie die Energiefachstelle des Kantons Luzern finanziert ist.

### 1.2. Ziel der Arbeit

Ziel der Arbeit ist die Dokumentation des Einflusses der neuesten Erweiterung der Abnehmerstruktur (Leistungserhöhung um beinahe 100%) auf die Vorlauftemperatur der Erdwärmesonde sowie auf die übrigen Betriebsdaten.

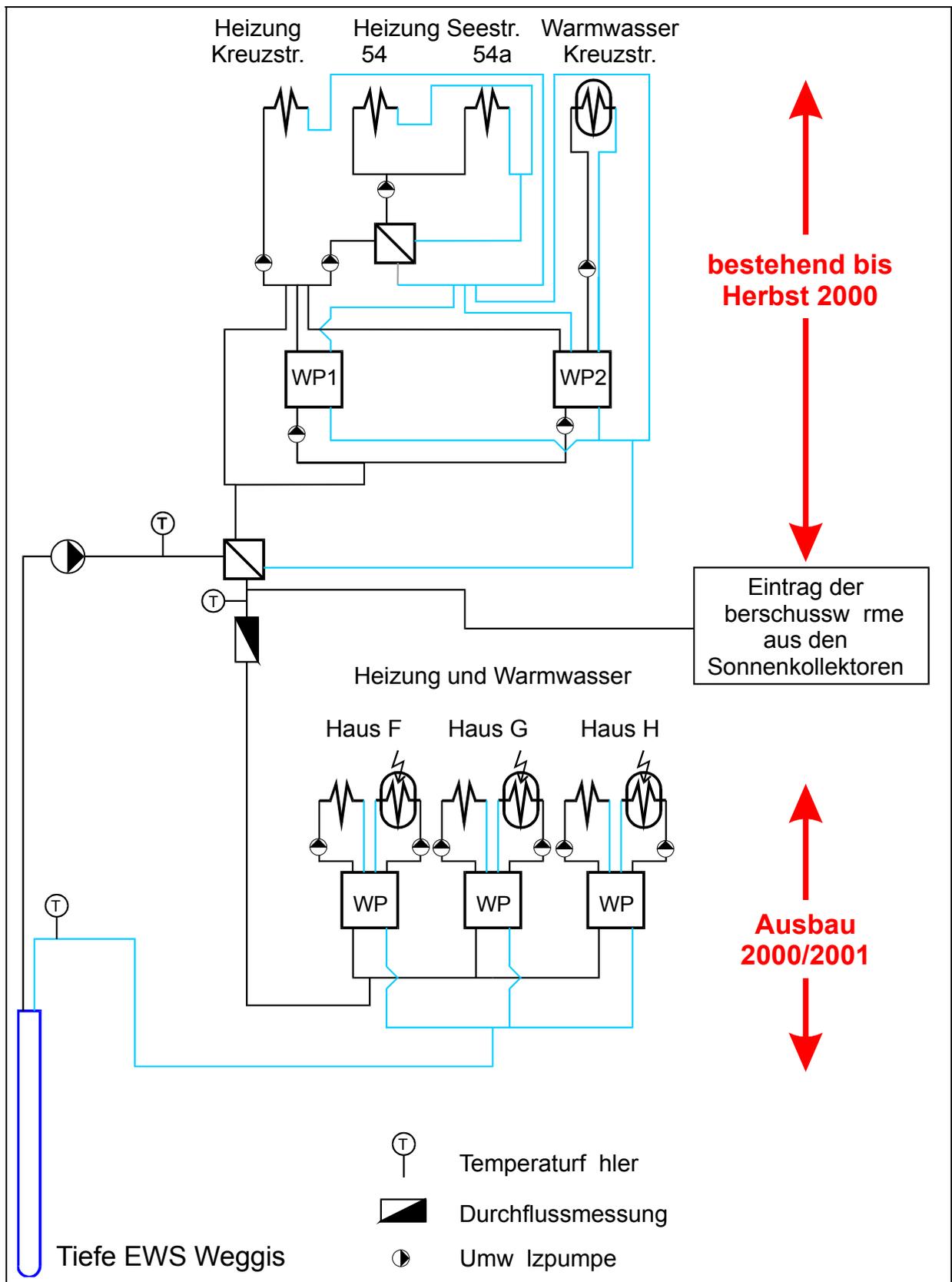
### 1.3. Vorgehen

Die Messgeräte und –fühler sind aus dem vorhergegangenen Projekt vorhanden und in Betrieb. Es muss lediglich ein weiterer Messfühler installiert werden. Zur Erhöhung der Messsicherheit werden alle drei Temperaturfühler in einem Eichbad überprüft.

Die Messkampagne konzentriert sich auf die Energiebilanz der tiefen Erdwärmesonde. Sämtliche Energiemengen auf der Abnehmerseite werden auf den für die Heizkostenabrechnung installierten Wärmemessern mindestens 1 x monatlich durch Herrn H. Füglistner abgelesen und allenfalls - wo keine detaillierte Ablesung möglich ist - abgeschätzt.

## 2. Abnehmerstruktur

Die aktuelle Abnehmerstruktur ist als Prinzipschema in Fig. 1 dargestellt.



Figur 1: Aktuelle Abnehmerstruktur der tiefen Erdwärmesonde Weggis

Beim Projektstart präsentieren sich die Wärmeabnehmer der tiefen Erdwärmesonde (EWS) wie folgt:

- Mehrfamilienhäuser Kreuzstrasse 16 und 18 (je 8 Wohnungen): Heizenergie direkt ab EWS oder über die Wärmepumpen WP1 und WP2; Warmwasser über die Wärmepumpe WP2
- Mehrfamilienhaus Seestrasse 54 (12 Wohnungen/Büros) und Gebäude Seestrasse 54a (kleines Fabrikationsgebäude und EFH): Heizenergie direkt ab EWS oder über die Wärmepumpen WP1 und WP2. Keine Warmwasserversorgung.

Die Gebäude Seestrasse 54a wurden erst im Februar 1999 angeschlossen. Die gesamte Abnehmerleistung beträgt rund 100 kW (Spitzenlast) für Heizung und 46 kW für Warmwasser.

Im Winter 2000/2001 und im Frühjahr 2001 wurden sukzessive die drei neu erstellten Mehrfamilienhäuser an den Rücklauf der bisherigen Nutzung angeschlossen:

- Haus H mit 4 Wohnungen im Oktober 2000
- Haus G mit 6 Wohnungen im Dezember 2000 zur Bauaustrocknung. Offizieller Bezugstermin war der 1. März 2001
- Haus F mit 6 Wohnungen im Januar 2001 zur Bauaustrocknung. Offizieller Bezugstermin war der 1. Mai 2001.

Die drei Häuser sind parallel angeschlossen und beziehen je einen Drittel der Durchflussmenge als Wärmequelle für die Wärmepumpe (Heizung und Warmwasser, letzteres jedoch nur bis zu einer Temperatur von 50°C). Die neu erstellten Gebäude benötigen gesamthaft eine Heizleistung von 60 kW sowie 40 kW für die Warmwassererwärmung. Die Warmwasserboiler sind mit einer elektrischen Nachheizung ausgerüstet um die erforderliche Temperatur von 55 – 60°C zu erreichen.

Die Wärmeerzeugung erfolgt also durch direkte Nutzung der Wärme aus der tiefen Erdwärmesonde, mit Hilfe der fünf Wärmepumpen sowie der elektrischen Nachheizung. Daneben wurde 1994 ein Heizkessel mit 96 kW Wärmeleistung installiert. Dieser ist jedoch nie in Betrieb gegangen.

Auf dem Dach der Häuser Kreuzstrasse 16 und 18 sind zusätzlich Sonnenkollektoren angebracht. Diese dienen zur Warmwassererwärmung dieser Häuser und unterstützen damit die Wärmepumpe WP2. Ein allfälliger Wärmeüberschuss wird in den Erdwärmesondenkreislauf gegeben.

Vor der neuesten Ausbauphase war der Betrieb der tiefen Erdwärmesonde bedarfsgesteuert, d.h. die Hauptzirkulationspumpe ging erst in Betrieb, wenn ein Wärmebedarf anstand. Seit Herbst 2001 ist diese Pumpe andauernd in Betrieb, also auch dann, wenn kein unmittelbarer Wärmebedarf ansteht. Je nach Aussentemperatur werden die Durchflussmengen zwischen 50 und 104 l/Min variiert.

Diese Betriebsart führt selbstverständlich zu massiven Wärmeverlusten und zu erhöhten Pumpenstromkosten durch unnötige Zirkulation. Allerdings stehen dem massiv reduzierte Investitionskosten für die Steuerung gegenüber.

### **3. Energiezählung**

#### **3.1. Messkampagne**

Die Messkampagne beinhaltet allein eine Wärmezählung im Erdwärmesondenkreislauf. Diese erfolgt via Durchflussmesser und Temperaturdifferenzen für die bestehende und die neu dazugekommene Nutzung. Die Temperaturfühler sind geeicht und würden im Herbst 2000 mit Hilfe eines Temperaturbades noch einmal auf plausible Werte überprüft.

Die Messkampagne hält also fest, welche Energiemenge aus dem Erdwärmesondenkreislauf zur direkten Beheizung oder über die Wärmepumpen entzogen wird. Zudem wird der Stromverbrauch der Hauptzirkulationspumpe erfasst. Diese Energiemengen werden alle 10 Minuten gemessen und auf dem Datalogger abgespeichert.

#### **3.2. Übrige Wärme- und Stromzähler**

Mit verschiedenen bauseits installierten Wärmezählern wird die effektiv abgegebene Wärmemenge gemessen:

- Beim Abgang zum Gebäude Seestrasse 54 und 54a
- Beim Abgang zum Gebäude Kreuzstrasse 16 und 18 (Heizung)
- Nach der Wärmepumpe zum Haus F resp. G und H
- Die von der Wärmepumpe WP1 produzierte und abgegebene Wärmemenge
- Die von den Sonnenkollektoren abgegebene Wärme

Die Hauptzirkulationspumpe verfügt über einen eigenen Stromzähler (im Steuergerät der Frequenzsteuerung). Der Stromverbrauch der Wärmepumpen WP1 und WP2 sowie sämtlicher in Fig. 1 eingezeichneten Zirkulationspumpen im Bereich Kreuzstrasse und Seestrasse inkl. der Hauptzirkulationspumpe wird gesamthaft auf einem Stromzähler erfasst.

Diese Wärmezähler und Stromzähler werden alle paar Tage abgelesen und protokolliert.

#### **3.3. Abschätzungen**

Folgende Energiemengen werden abgeschätzt:

- Die von der Wärmepumpe WP2 abgegebene Energiemenge: Die Abschätzung erfolgt aus der Laufzeit der Wärmepumpe (Stundenzähler). Dabei wird von einer typischen monatlichen Laufzeit für die Wassererwärmung von ca. 70 – 90 Std. ausgegangen (bisherige Erfahrungswerte). Die übrige Laufzeit wird der Heizung zugerechnet.

Der Stundenzähler dieser Wärmepumpe wird ebenfalls alle paar Tage abgelesen und protokolliert.

## 4. Energiebilanzen

Die Analyse der oben erwähnten Energiemessungen führt zu monatlich nachgeführten Energiebilanzen. Dabei stehen folgende Fragestellungen im Vordergrund:

- Welche Energiemenge wurde der tiefen Erdwärmesonde entzogen
- Welches ist der Anteil davon
  - für die direkte Beheizung
  - als Quelle für die Heizungswärmepumpen
  - als Quelle für die Warmwasserwärmepumpen
- Welche Energiemengen wurden gesamthaft für Heizung und Warmwasser an die Verbraucher abgegeben (inkl. Anteil Sonnenkollektoren)
- Wie hoch sind die Betriebskosten (Stromkosten) für die gesamte Wärmeerzeugung
- Wie hoch ist die Jahresarbeitszahl für Wärmeerzeugung mit der tiefen Erdwärmesonde
- Wie hoch ist der Nutzungsgrad der Gesamtanlage inkl. Sonnenkollektoren und Wärmeverteilung

Diese Zahlen werden für dieses Projekt seit Herbst 2000 nachfolgend dargestellt. Als Auflage seitens des Bundesamtes für Energie sind die Energiebilanzen für die Jahre zwischen 1997 und 2000 ebenfalls darzustellen.

### 4.1. Vereinfachte Energiebilanzen 1994 – 2000

Die tiefe Erdwärmesonde ging als effektiv genutzte Energiequelle im Herbst 1994 in Betrieb. In Tabelle 1 sind die Energiebilanzen für sämtliche vollständigen Betriebsperioden (1. Oktober bis 30. September) zwischen Herbst 1994 und Herbst 2000 dargestellt.

Tabelle 1: Energiebilanzen für die Betriebsperioden 1994 – 1999

Betriebsperiode	Wärmeabgabe total	Energie aus EWS	davon als			Pumpenstrom	Gesamtstrom	$\alpha$ EWS	$\eta$ EWS	$\eta$ total
			Direkt- heizung	Quelle WP Hei- zung	Quelle WP WW					
	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[-]	[-]	[-]
94/95		112.6				16.9		<7.7		
95/96	268.7	238.8	117.4	77.0	44.4	22.2	43.1	>6.2		
96/97	251.7	223.4	126.5	45.8	51.1	19.7	46.3	>5.4		
97/98	226.4	213.0	177.3	7.7	28.0	15.5	30.6	8.1	7.0	<7.4
98/99	271.3	219.9	139.3	50.8	29.8	14.2	39.6	7.0	6.3	<6.8
99/00	313.8	245.3	132.1	81.0	32.1	19.1	53.4	5.9	5.4	<5.9

Zwischen Herbst 1995 und Herbst 2000 ist die aus der tiefen Erdwärmesonde entzogene Energiemenge recht konstant geblieben. Sie schwankt zwischen rund 90 und 110 kWh/m und Jahr. Dies entspricht dem Bereich einer herkömmlichen Erdwärmesonde.

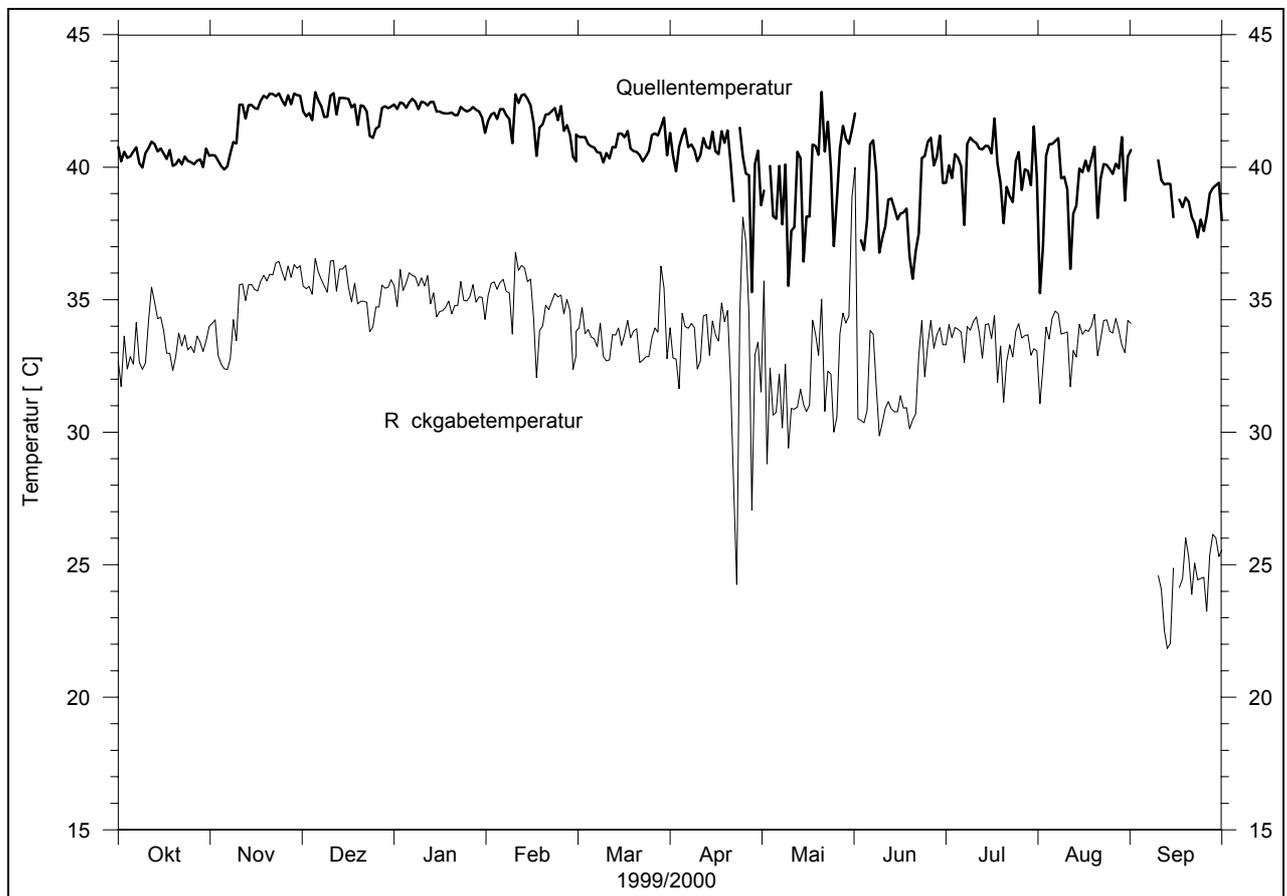
Die abgegebene Energiemenge hat sich in der gleichen Periode um knapp 20% erhöht. Dies hat zu signifikant längeren Betriebszeiten der WP1 geführt. Im letzten Betriebsjahr ist ein gewisser Anteil Bauaustrocknung des Hauses H enthalten. Dieser wurde allerdings noch nicht separat erfasst.

Seit 1997 wurde die Erfassung der verschiedenen Einzelverbraucher laufend optimiert. Die Handaufzeichnungen wurden transparent und nachvollziehbar protokolliert. Die Anlagekenngrößen wie Arbeitszahl  $\alpha$  und Nutzungsgrad  $\eta$  (siehe Tabelle 1) können wesentlich besser erhoben werden, selbst wenn noch verschiedene Schätzungen enthalten sind.

Die Jahresarbeitszahl der tiefen Erdwärmesonde umfasst die Direktnutzung sowie die beiden Wärmepumpen. Der Stromverbrauch der Wärmepumpen kann anhand der gemessenen Betriebsstunden sowie anhand der gemessenen Wärmeproduktion abgeschätzt werden. Im Nutzungsgrad der tiefen Erdwärmesonde sind zusätzlich sämtliche Verteilpumpen enthalten. Der Nutzungsgrad total umfasst zusätzlich die Wärmeproduktion der Sonnenkollektoren. In diesem Nutzungsgrad ist aber die Warmwasserproduktion in den Häusern Seestrasse 54 und 54a nicht enthalten.

Die Jahresarbeitszahl der Erdwärmesonde verringert sich wegen der längeren Laufzeiten der Wärmepumpen WP1 und WP2 zwischen Herbst 1997 und Herbst 2000 von 8.1 auf 5.9. Es ist aber nach wie vor ein hoher Wert! Der Nutzungsgrad total liegt am Schluss bei 5.9.

Die Quellentemperatur der Erdwärmesonde liegt über den betrachteten Zeitraum nach wie vor bei Werten um mehr als 40°C, dies bei starker Belastung in den Wintermonaten Dezember - Februar. Die Rückgabetemperatur in die Sonde liegt bei 35°C (siehe Figur 2).



Figur 2: Quellen- und Rückgabetemperatur über das Betriebsjahr 1999/2000. Im September 2000 wurde bereits die Bauaustrocknung des Gebäudes H vorgenommen.

## 4.2. Energiebilanz Betriebsjahr 2000/2001

Im Verlauf des Betriebsjahres 2000/2001 wurden sukzessive die neuen Abnehmer angeschlossen. Die Bauaustrocknung erfolgte über das Heizsystem.

Die monatlichen Verbrauchs- und Produktionszahlen werden in den Tabellen 2 – 4 dargestellt: Tabelle 2 zeigt die eigentliche Wärmeproduktion aus der Sonde und aus den Sonnenkollektoren. Die Produktion der Sonnenkollektoren wird einmal monatlich von Hand erfasst. Die übrigen Werte sind kontinuierlich gemessene Daten.

Tabelle 2: Energiebezug aus der Erdwärmesonde und aus den Sonnenkollektoren (= Wärmeproduktion) im Betriebsjahr 2000/2001

Monat	Erdwärmesonde					Sonnenkollektor	Total Produktion
	bestehende Nutzung	Häuser F – H	Total	Eintrag Sonnenkoll.	Total		
	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]		
Okt 00	24.1		24.1		24.1	0.7	24.7
Nov 00	27.8	6.3	34.1		34.1	0.7	34.8
Dez 00	32.3	13.7	46.1		46.1	0.1	46.2
Jan 01	34.8	16.2	50.9	-0.3	50.7	0.5	51.4
Feb 01	28.3	17.2	45.6	-0.7	44.9	1.0	46.5
Mar 01	26.9	13.5	40.4	-1.4	39.1	1.2	41.6
Apr 01	23.9	12.1	36.0	-1.8	34.2	2.0	38.1
Mai 01	9.2	17.4	26.6	-2.2	24.5	3.7	30.3
Jun 01	9.1	19.3	28.4	-2.0	26.4	3.7	32.1
Jul 01	3.5	27.1	30.6	-3.2	27.4	4.3	34.9
Aug 01	2.5	27.4	29.9	-3.2	26.7	4.1	34.0
Sep 01	15.9	11.6	27.6	-1.2	26.4	1.6	29.2
<b>Total</b>	<b>238.4</b>	<b>181.9</b>	<b>420.3</b>	<b>-15.9</b>	<b>404.4</b>	<b>23.6</b>	<b>443.9</b>

Tabelle 3 Energieabgabe an die Verbraucher im Betriebsjahr 2000/2001 (\*: keine exakten Detailzahlen, siehe Text)

Monat	Kreuzstrasse 16/18			Seestrasse	Häuser F – H		Total	
	Heizung	Warmwasser			Heizung	Heizung		Warmwasser
		WP2	Sonnenkoll.					
[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]		
Okt 00	12.4	3.6	0.7	11.6	*	*	*	
Nov 00	15.7	3.8	0.7	13.8	*	*	*	
Dez 00	19.1	3.9	0.1	18.2	*	*	*	
Jan 01	22.9	3.9	0.2	20.6	*	*	*	
Feb 01	22.2	3.8	0.3	17.2	*	*	*	
Mar 01	16.3	3.9	0.0	15.9	*	*	*	
Apr 01	14.4	4.0	0.3	13.7	*	*	*	
Mai 01	3.5	3.8	1.5	3.5	*	*	*	
Jun 01	3.4	3.5	1.7	5.6	*	*	*	
Jul 01	0.7	3.2	1.1	1.0	*	*	*	
Aug 01	0.2	3.2	0.9	0.2	*	*	*	
Sep 01	7.4	3.8	0.4	7.4	*	*	*	
<b>Total</b>	<b>138.1</b>	<b>44.3</b>	<b>7.9</b>	<b>128.7</b>	<b>63.2</b>	<b>17.8</b>	<b>400.0</b>	

Tabelle 3 zeigt die Energieabgabe an die Verbraucher. Diese Angaben basieren auf täglichen Handaufzeichnungen (Laufzeit Wärmepumpen bzw. deren Wärmeproduktion, Wärmezähler zum Haus Seestrasse 54/54a). Die täglichen Ablesungen der Wärmezähler Häuser F – H erfassen die der Ringleitung entnommene Wärme. Da die Erdwärmesonde durchgehend in Betrieb ist, werden damit auch die Verluste durch Leerlauf eingerechnet. Deshalb wird auf die An-

gabe dieser Werte verzichtet und nur die Ende September erfasste Summe des Verbrauchs der drei neuen Gebäude angegeben. Im kommenden Betriebsjahr wird die Wärmeabgabe an diese drei Häuser ebenfalls monatlich erfasst.

Der durchgehende Betrieb führt zu sehr hohen Wärmeverlusten von nahezu 30% der gesamten aus der Sonde gewonnenen Wärme. Dies wird aus der zusammenfassenden Tabelle 4 ersichtlich.

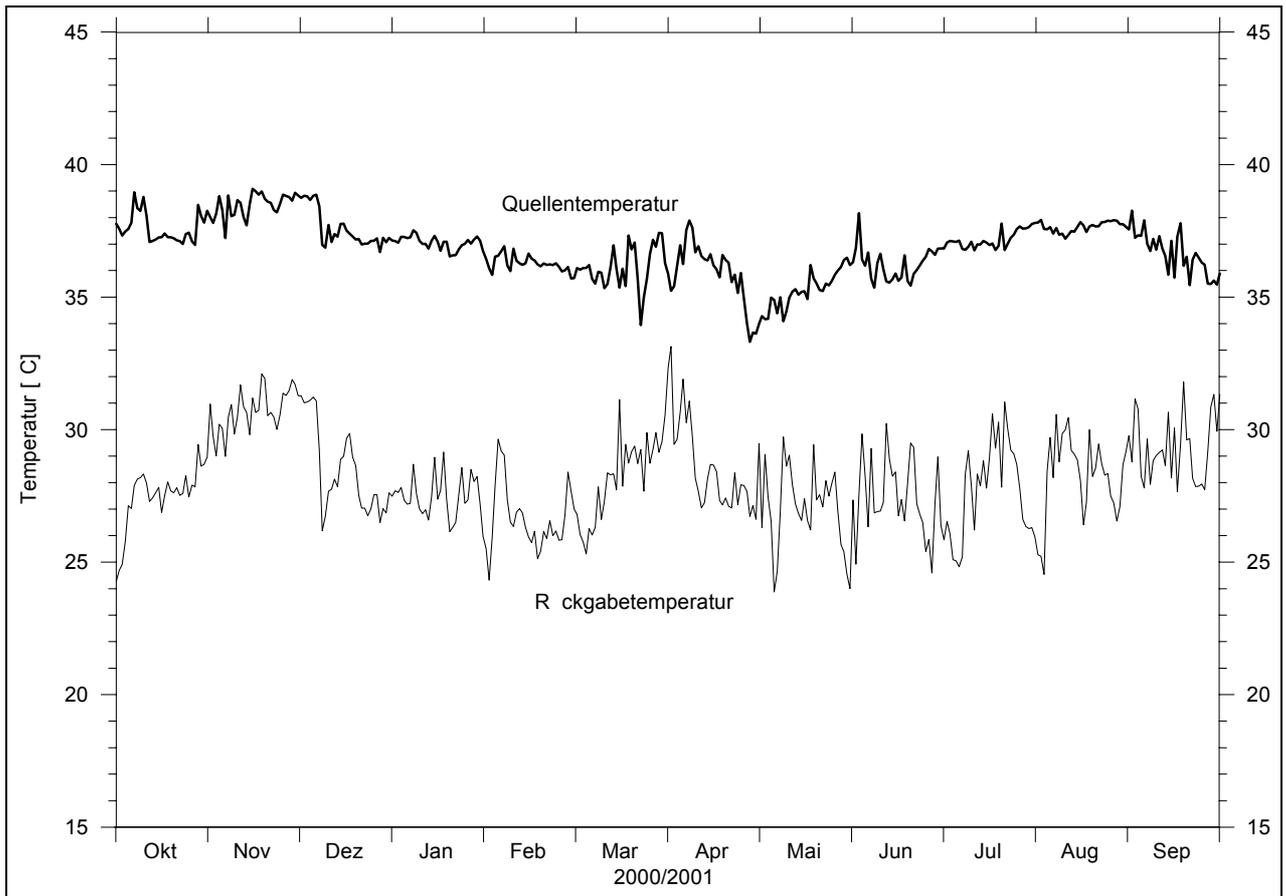
Tabelle 4 Zusammenfassung und Kennzahlen

Text	Energiemenge	Anteil
	[MWh]	[%]
<b>Total Wärme aus der Sonde</b>	<b>420.4</b>	<b>100.0</b>
Anteil davon für Direktheizung	100.0	23.8
Anteil als Quelle für die Heizungs-Wärmepumpe (bestehend)	105.6	25.1
Anteil als Quelle für die Warmwasser-Wärmepumpe (bestehend)	32.8	7.8
Anteil als Quelle für die Heizungs-Wärmepumpen in der Ringleitung	61.8	14.7
Anteil an Verlusten wegen Leerlauf und übrige Verluste	120.1	28.6
Wärmeeintrag aus den Sonnenkollektoren in die Sonde	-15.7	-3.7
<b>Netto-Energie aus der Sonde</b>	<b>404.5</b>	<b>96.3</b>
<b>Gesamtproduktion Sonde und Sonnenkollektoren</b>	<b>428.1</b>	<b>100.0</b>
<b>Total an Verbraucher abgegebene Energie</b>	<b>400.0</b>	<b>93.4</b>
<b>Gesamter Stromverbrauch</b>	<b>85.6</b>	<b>21.0</b>
Text	Kennzahl	
	[-]	
Jahresarbeitszahl Erdwärmesonde	5.3	
Nutzungsgrad Erdwärmesonde	4.6	
Nutzungsgrad Gesamtanlage	4.7	

Es besteht also die groteske Situation, dass der Erdwärmesonde mehr Energie entzogen worden ist, als nachher inklusive Erwärmung durch die Wärmepumpen den einzelnen Verbrauchern abgegeben worden ist. Dies führt auch zum gegenüber den Vorjahren unnötig niedrigen Gesamtnutzungsgrad von 4.7.

Die Quellentemperaturen aus der Erdwärmesonde liegen durch die verstärkte Nutzung deutlich tiefer als in den Vorjahren (siehe Figur 3). Die täglichen Mittelwerte erreichen Maxima von ca. 39°C. Die mittlere Rückgabetemperatur in die Sonde liegt noch bei knapp 30°C.

Hierzu ist zu bemerken, dass die Quellentemperatur abhängig ist von der Durchflussrate im Sondenkreislauf: je kleiner der Durchfluss desto geringer die Quellentemperatur. Während der warmen Jahreszeit wurden rund 50 l/Min umgesetzt. Im Winter 2000/2001 hat dieser Wert 100 bis 110 l/Min betragen.



Figur 3: Quellen- und Rückgabetemperatur über das Betriebsjahr 2000/2001.

## 5. Schlussfolgerungen

Der Ausbau der Abnehmerstruktur der tiefen Erdwärmesonde in Weggis hat erwartungsgemäss zu tieferen Quellen- und Rückgabetemperaturer geführt. Gegenüber den vorausgegangenen Jahren wurde rund 85% mehr Wärme der Sonde entzogen. Trotzdem ist es noch möglich, knapp 25% dieser Energie für die Direktheizung zu nutzen. In den Vorjahren lag dieser Anteil noch bei mehr als 60%.

Das im Detail betrachtete erste Betriebsjahr nach dem Ausbau beinhaltet noch einen beträchtlichen Anteil des Wärmebezugs für die Bauaustrocknung. Die gesamte abgegebene Wärmemenge dürfte sich im nächsten Betriebsjahr eher wieder etwas verringern. Einem weiteren Ausbau der Abnehmerstruktur steht also aus Sicht der tiefen Erdwärmesonde als Wärmequelle nichts entgegen.

Der durchgehende Betrieb der Erdwärmesonde führt zu hohen Verlusten. Der Vorteil dieser Betriebsart ist allerdings der Wegfall einer teuren Bedarfs-gesteuerten Regelung. Hier ist allenfalls zu prüfen, ob der tägliche Betrieb von 24 Std. ohne entsprechende Komforteinbusse reduziert werden kann.

## 6. Literaturverzeichnis

Eugster, W., Füglistner, H. (1997): Tiefenerdwärmesonde Weggis 1. Schlussbericht zu Händen des Bundesamtes für Energie, Bern, und des Projekt- und Studienfonds der Elektrizitätswirtschaft, Olten. November 1997.