

## Erdwärme : Eine saubere und nachhaltige Energie für alle

### Editorial

In diesem Sommer hat der Preis für ein Barrel Öl einen neuen Höchststand erreicht, die Unterzeichnerstaaten des Kyoto Protokolls konnten den Ausstoss an Treibhausgasen nicht in den vorgesehenen Grenzen halten und der Energieverbrauch ist unvermindert gestiegen. Andererseits wurde noch nie soviel über die Erneuerbaren Energien und das Klimaproblem gesprochen!

Auf dem Schweizer Markt wird eine Vielzahl von Technologien angeboten, sowohl für den Bau von Niedrigenergiehäusern als auch für Wärme- und Stromproduktion.

In Zeiten von Tiefpreisen bei fossilen Brennstoffen sind die Erneuerbaren Energien nicht konkurrenzfähig. Heute hat sich die Situation aber geändert und es gilt das angereicherte Wissen in unserem Land nun zu nutzen.

Eine forcierte Entwicklung bei allen Erneuerbaren Energien (Biomasse, Sonne, Wind und Geothermie), zusammen mit Energieeinsparung, kann einen wichtigen Beitrag zur Stabilisierung und Verminderung des Verbrauchs von Öl und Gas leisten.

Diese innovativen Technologien schaffen neue Arbeitsplätze und ein hochwertiges, exportierbares Know-how in der Schweiz.

Im Bereich der Erdwärmennutzung hat sich die Erdwärmesonde zu einem sicheren und effizienten Produkt, zu vernünftigen Preisen, entwickelt (Vertikalsonde mit Wärmepumpe für Einfamilienhäuser).

In dieser Ausgabe von **Info-Geothermie** werden Anlagen bestehend aus ganzen Serien von Erdwärmesonden vorgestellt. Diese Erdwärmesondenfelder bieten interessante Lösungen für die Beheizung im Winter und Kühlung während des Sommers von grossen Wohnhäusern, Verwaltungsgebäuden, Gewerbe- und Industriegebäuden. Bei einigen Anlagen kann vollständig auf einen Heizkessel verzichtet werden. Bei den andern Anlagen, die noch einen Kessel zur Deckung der Spitzenlast haben, kann der Ölverbrauch bis zu 80 % reduziert werden.

F.-D. Vuataz

### Erdwärmesondenfelder : Eine angepasste Technik für grosse Gebäude

In der Schweiz sind gegenwärtig mehr als 30'000 Erdwärmesonden (EWS) in Betrieb. Der grösste Teil dient zur Wärmeversorgung von Einfamilienhäusern und bestehen aus einer Einzelbohrung von ca. 120 bis 140 m, oder aus zwei Bohrungen mit etwa 70 m Tiefe. Diese sind an eine Wärmepumpe angeschlossen, die eine Niedertemperatur-Heizung versorgt.

Wenn eine Serie von EWS zusammen-geschlossen wird, oder wenn tiefer gebohrt wird, erzielt man ein wesentlich grösseres Wärmepotenzial, das eine ganze Gruppe von Einfamilienhäusern, Mehrfamilienhäuser, Industrie- oder Verwaltungsgebäude, Mehrzweck-hallen usw. versorgen kann.

Seit etwa einem Jahrzehnt werden Erdwärmesondenfelder für die Wärmeversorgung realisiert, die teilweise auch für die Kühlung während des Sommers eingesetzt werden.



*Innenansicht des Gebäudes „Chestonag Automation AG“, das durch vier Erdwärmesonden von je 250 m Tiefe beheizt und gekühlt wird (Foto M. Eberhard)*

Diese Erdwärmesondenfelder bestehen aus einer Serie von Bohrungen, die im Allgemeinen mit zwei U-Rohren aus Polyethylen für den Wärmeaustausch mit dem Boden ausgerüstet sind. Die Bohrungen sind mit einem Gemisch aus Zement und Bentonit hinterfüllt, um einen guten thermischen Kontakt zwischen den U-Rohren und der Bohrlochwand sicherzustellen.

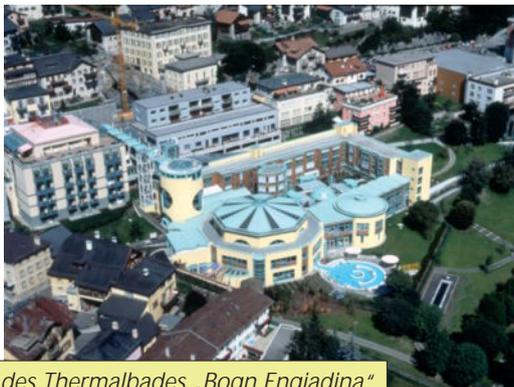
Die benötigte Anzahl an Bohrungen (4 bis 50) sowie deren Tiefe (60 bis 300 m) hängt vom Wärmebedarf und den lokalen geologischen Verhältnissen ab. Die EWS werden so Nahe wie möglich beim zu beheizenden Gebäude erstellt. Die Leitungen der einzelnen EWS werden zusammengeschlossen und versorgen so eine oder mehrere Wärmepumpen. Für die Beheizung mit niedriger Temperatur sowie für die Kühlung wird eine Wärmeträgerflüssigkeit in den Böden oder auch Decken zirkuliert.

Die Arbeitsweise beruht auf einem Jahreszyklus: während des Winters wird dem Boden die Wärme entzogen (Abkühlung des Bodens). Während dem Sommer, falls klimatisiert wird, wird dem Boden die gespeicherte Kälte wieder entzogen (Erwärmung des Bodens). Die Gebäudekühlung mit «free-cooling» ist energetisch gesehen besonders vorteilhaft, da diese ausschliesslich über die EWS läuft, ohne Kältemaschine.

Da EWS-Felder komplexer und kostenintensiver sind als eine Einzel-EWS für ein Einfamilienhaus, ist es wichtig, im Voraus anhand des benötigten Wärme- und Kältebedarfs die Gesamtanlage richtig zu dimensionieren. Ist die Anlage einmal in Betrieb, so erlaubt eine messtechnische Leistungsüberwachung während zweier Jahre die Betriebsparameter optimal einzustellen. Die benötigten Planungsgrundlagen werden durch Computersimulationen erstellt.

### Thermalbades Bogn Engiadina in Scuol (Graubünden)

Im Jahre 1987 hat die Gemeinde von Scuol im Unterengadin (Graubünden) die Planung eines Thermalbad-Komplex fertiggestellt, der den heutigen Bedürfnissen gerecht wird. Da die Mineralquellen von Scuol kalt sind, müssen sie für Badezwecke aufgeheizt werden. Dazu wurde von Anfang an das Konzept einer Erdwärmenutzung für die Warmwasseraufbereitung verfolgt. Es wurde eine bedeutende Anlage bestehend aus 40 EWS von 150 m Tiefe und fünf Wärmepumpen von 60 kW erstellt. Die Spitzenlast wird mit einem Ölkessel abgedeckt. Die Wärme der thermalen Abwässer wird mit Hilfe von zwei Wärmepumpen zurückgewonnen.



Ansicht des Thermalbades „Bogn Engiadina“ in Scuol. Das Erdwärmesondenfeld befindet sich unter der Grünzone rechts im Bild. (Foto Bogn Engiadina, Scuol)

Im Sommer wird das Erdwärmesondenfeld für vier Wochen abgehängt, damit sich der Boden thermisch wieder erholen kann.

Die Gesamtaufwendungen für diese geothermische Anlage belief sich auf CHF 901'000, wovon CHF 498'000 für die Erdwärmesonden verwendet wurden. Trotz dieser erheblichen Investitionen beliefen sich die Wärmegestehungskosten 1997 auf 6.5 Rp./kWh.

### Meister + Co. AG in Wollerau (Schwyz)

In Wollerau, am Südufer des Zürichsees gelegen, wurde 1995 das Firmengebäude einer Bijouterie mit Atelier und Büros erstellt. Der spezifische Wärme- und Kältebedarf führte zum Bau eines Erdwärmesondenfeldes bestehend aus 32 unterirdischen Wärmetauschern. Diese wurden unter dem Gebäudefundament in eine Tiefe von 135 m abgeteuft. Dies ergibt ein Gesteinsvolumen von 325'000 m<sup>3</sup>, das als saisonaler Wärme- und Kältespeicher genutzt werden kann. Die mit den Erdwärmesonden gewonnene Wärme wird von einer Wärmepumpe oder einer Kältemaschine aufgenommen, entsprechend den saisonalen Bedürfnissen. Der Gaskessel dient nur zur Überbrückung während der Revision der Wärmepumpe.



Betrieb- und Bürogebäude der Firma Meister + Co. AG in Wollerau (Foto NEK Umwelttechnik AG)

Ein Untersuchungsprogramm bestehend aus thermischen Messungen während zweier Jahre, sowie einer anschliessenden Datenanalyse mit numerischen Berechnungen zum Betriebsverhalten wurden durch das Bundesamt für Energie finanziert. Dies erlaubte die Anlage zu optimieren, sowie Richtlinien für künftige Installationen zu erstellen.

### Studiumszentrum Gerzensee, Stiftung der Schweizerischen Nationalbank (Bern)

Früher wurden die vier Gebäude des Studiumszentrums Gerzensee, bestehend aus Konferenzräumen, 52 Hotelzimmern und einer Cafeteria mit einer grossen Luft-Wasser-Wärmepumpe und einem Ölkessel beheizt. Im Rahmen der Renovation der Anlage, wurde ein neues System gesucht, das weniger Energie verbraucht, sowie die Klimatisierung des obersten Geschosses in einem der Gebäude zulässt. Die Wahl

fiel auf ein Erdwärmesondenfeld mit 32 Sonden von je 150 m Tiefe, das an zwei Wärmepumpen von je 114 kW angeschlossen ist, sowie eines Ölkessels für die Spitzenlast. Zudem wird der grosse Mehrzwecksaal während des Sommers durch «free-cooling» gekühlt. Durch dieses neue System fiel der Ölverbrauch um 81%, während die Wärmedeckung durch die Wärmepumpen von 51 auf 91 % zunahm. Dank der neuen Wärmepumpen ist der Stromverbrauch sogar um 8% gefallen. Mit einem zweijährigen Messprogramm wurde ermittelt, ob die gesetzten energetischen Ziele erreicht wurden. Ein Vergleich der Messdaten mit den Werten der alten Anlage ergab eine energetische Verbesserung von 54%.

Die Gesamtaufwendungen für die Heizanlage beliefen sich auf CHF 1.03 Mio, wovon CHF 497'000 für das Erdwärmesondenfeld. Infolge dieser grossen Investitionen beläuft sich der Energiepreis neu auf 18.5 Rp./kWh, im Vergleich zu 9.4 Rp./kWh bei einem konventionellen Ölkessel. Mit den heutigen Ölpreisen lässt sich diese Anlage nicht konkurrenzfähig betreiben. Dafür besitzt das Studiumzentrum Gerzensee nun eine innovative Anlage mit einem minimalen Ausstoss an Treibhausgasen.



Teilansicht des Studiumszentrums Gerzensee, Stiftung der Schweizerischen Nationalbank (Foto M. Wyss)

### Chestonag Automation AG in Seengen (Aargau)

In Seengen, am Ufer des Hallwilersees im Kanton Aargau, wurde im Jahre 2000 ein kleines Erdwärmesondenfeld für ein Gebäude der Firma Chestonag Automation AG erstellt. Es wurden vier Bohrungen à 250 m abgeteuft, mit einem horizontalen Abstand von 10 bis 11 m, um eine gegenseitige thermische

### Technische Angaben zu den Sondenfeldern

<b>Gebäude</b>	Bogn Engiadina	Meister + Co. AG	Studiumzentrum Gerzensee	Chestonag Automation AG
<b>Ort</b>	Scuol	Wollerau	Gerzensee	Seengen
<b>Kanton</b>	Graubünden	Schwyz	Bern	Aargau
<b>Art des Gebäudes</b>	Thermalbad	Industrie	Versch. Nutzung	Büro
<b>Referenzfläche (m<sup>2</sup>)</b>	-	3'050	4'900	1'600
<b>Gebäudevolumen (m<sup>3</sup>)</b>	38'900	30'000	-	-
<b>Sonden</b>				
Anzahl	40	32	32	4
Tiefe (m)	150	135	150	250
Spez. Entzugsleistung (W/m)	29	32	30	41-50
Gesteinstyp	Bündner Schiefer	Molasse	Molasse	Molasse
<b>Wärmepumpe (WP) :</b>				
Erdwärmesonde	5 x 60 kW	WP + Kältemaschine :	2 x 114 kW	5 x 14 kW
Wärmerückgewinnung	2 x 67 kW	1 x 52 kW		
<b>Thermischer Bedarf (MWh/Jahr)</b>	4'162	470	667	150
<b>Kühlbedarf (MWh/Jahr)</b>	0	75	unbekannt	44
<b>Verbrauch Gas / Heizöl (MWh/Jahr)</b>	1049	0	40	0
<b>Inbetriebnahme</b>	1993	1995	2002	2000

Beeinflussung zu beschränken. Um die klimatischen Einflüsse zu minimieren, wurden die oberen 8 m der Sonden sowie die horizontalen Leitungen isoliert. In jeder der Sonden wurden in 15, 100 und 250 m Tiefe ein Temperaturfühler eingebaut, um laufend das thermische Verhalten der Sonden zu kontrollieren.

Von September bis Mai liefern die an fünf Wärmepumpen abgeschlossenen EWS die Heizenergie. Im Sommer wird das Gebäude durch «free-cooling» gekühlt, wodurch die während des Winters im Untergrund gespeicherte Kälte zurückgewonnen wird.

Vergleichsrechnungen zu Kosten und Energieeffizienz haben gezeigt, dass ein System mit vier Sonden à 250 m Tiefe effizienter ist als ein Feld von zehn Sonden mit je 100 m, trotz sehr geringer Mehrkosten von CHF 1'555. Die Anlage wurde in nur zwei Jahren amortisiert und läuft jetzt wirtschaftlich.



Heizraum der Chestonag Automation AG mit fünf Wärmepumpen à je 14 kW (Foto M. Eberhard)

## Interview

Dr. Mark Eberhard

Eberhard & Partners AG  
Aarau



**Welches sind die wichtigsten Vorsichtsmassnahmen, die man zu treffen hat, bevor man ein geothermisches Sondenfeld realisieren kann ?**

**M. E.:** Sowohl die geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse wie auch der genaue Wärmebedarf müssen vorgängig gut abgeklärt werden. Die effektiven spezifischen Entzugsleistungen und der Wärmeverbrauch können so vorzeitig einander gegenübergestellt werden.

**Wieso ist es bei einer vorgegebenen totalen Sondenlänge von Vorteil, einzelne tiefe statt mehrere untiefe Sonden zu realisieren ?**

**M. E.:** Je tiefer man bohrt, desto wärmer wird es (man gewinnt 1 °C pro 33 m Tiefenzunahme). Bei untieferen Erdwärmesonden ist der Oberflächentemperatureinfluss (tiefe Temperaturen im Winter) durch die benötigte höhere Anzahl Sonden wesentlich grösser als bei wenigen tiefen Sonden. Bei tieferen Sonden können somit wesentlich höhere Vorlauftemperaturen erzielt werden. Ab einer gewissen Tiefe kann sogar das Frostschutzmittel in den Sonden weggelassen werden. Insgesamt resultiert daraus ein geringerer Stromverbrauch und dadurch eine höhere Leistungszahl.

**Welches sind die Kriterien und Argumente, welche einen zukünftigen Investor davon überzeugen, dass er ein Sondenfeld, anstatt einer konventionelle Lösung mit Gas oder Heizöl wählt ?**

**M. E.:** Es sind dies vor allem die geringeren Betriebs- und Unterhaltskosten, die saubere, umweltfreundliche Wärmegewinnung und die Möglichkeit, im Sommer mit den Sonden auch zu kühlen.

## Ausgewählte Seiten im Internet

**Förderung der Geothermie in der Schweiz**  
[www.geothermal-energy.ch/](http://www.geothermal-energy.ch/)

**Wärmepumpentestzentrum Buchs, St Gallen**  
[www.wpz.ch/](http://www.wpz.ch/)

**Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS)**  
[www.fws.ch/](http://www.fws.ch/)

**Geothermal heat pump consortium, USA**  
[www.geoexchange.org/](http://www.geoexchange.org/)

**ENET, Netzwerk für Informationen und Technologie-Transfer im Energiebereich (BEW)**  
[www.energieforschung.ch/](http://www.energieforschung.ch/)

## Kontakte & Auskünfte

Förderstelle Geothermie Deutsch-Schweiz

Dr. Mark Eberhard  
Eberhard & Partner AG  
Schachenallee 29  
5000 Aarau  
Tel.: 062 823 27 07  
Fax: 062 823 27 06  
[mark.eberhard@geothermal-energy.ch](mailto:mark.eberhard@geothermal-energy.ch)

## !!! Hotline !!!

### Veranstaltungen

#### September – Dezember 2004 :

Geothermische Ausstellung der Französischen Schweiz - Wanderausstellung in Brig, Sitten, Monthey und Martigny - Information: Energiefachstelle in Sitten - Tel. 027 606 31 00

**22. – 23. Oktober 2004 :** Fachtagung der Schweizerischen Vereinigung für Geothermie (SVG) Stimulierte geothermische Systeme – Projekte und Technologien zur Strom- und Wärmegewinnung, in Basel und Soultz-sous-Forêts  
Information: Sekretariat SVG, H. Rickenbacher  
Tel. & Fax 032 341 45 65  
[svg-ssg@geothermal-energy.ch](mailto:svg-ssg@geothermal-energy.ch)

**24. – 29. April 2005 :** Weltkongress Geothermie, Antalya, Türkei - [www.wgc2005.org/](http://www.wgc2005.org/)

Gratis - Abonnement

Info - Geothermie (3x Jahr)

Deutsch  Français  Italiano

Firma / Institution \_\_\_\_\_

Name / Vorname \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

PLZ / Ort \_\_\_\_\_

Tel / Fax \_\_\_\_\_

e-mail \_\_\_\_\_

**Diesen Coupon schicken an : Schweizerische Vereinigung für Geothermie (SVG)**

Sekretariat: H. Rickenbacher  
Dufourstr. 87, CH-2502 Biel  
Tel. & Fax 032 341 45 65  
[svg-ssg@geothermal-energy.ch](mailto:svg-ssg@geothermal-energy.ch)



### September 2004 / Nr. 8

Erscheint 3 mal pro Jahr in deutsch, französisch und italienisch

### Herausgeber

Schweizerische Vereinigung für Geothermie SVG, Biel

### Redaktion

François-D. Vuataz, CHYN, Univ. NE  
[francois.vuataz@geothermal-energy.ch](mailto:francois.vuataz@geothermal-energy.ch)

### Redaktionskomitee

H. Gorhan, T. Kohl, T. Mégel, D. Pahud, L. Rybach, J. Wilhelm

### Übersetzung

T. Mégel, GeoWatt, ZH

### Satz/ Grafik

S. Cattin, CHYN, Univ. NE

### Druck

Cighélio Sàrl, Neuchâtel

Impressum  
Info - Geothermie