

Erdwärme : Eine saubere und nachhaltige Energie für alle

Editorial

Die Bemühungen zur Reduktion der CO₂-Emissionen, sowie die an unterschiedlich grosse Gebäude angepassten neuen Energiekonzepte (mit oder ohne Minergie-Standard), erlauben die Installation von Tieftemperatur-Heizsystemen mit Wärmepumpen. Dank seiner geeigneten physikalischen Eigenschaften, kann der Untergrund (Gesteine und Wasser) als kalte Quelle für eine Wärmepumpe sowie auch als saisonaler Wärme- und Kältespeicher dienen.

Es existieren mehrere Technologien, die in Europa und Nordamerika erfolgreich eingesetzt werden. In der Schweiz konnte in den letzten 10 Jahren eine bemerkenswerte Entwicklung in der Anwendung von Erdwärmesonden beobachtet werden, vor allem im Bereich der Einfamilienhäuser. Bei grösseren Gebäuden werden solche Heiz- und Kühlsysteme noch nicht in demselben Masse eingesetzt, was im wesentlichen in den erhöhten Investitionskosten, den tiefen Preisen fossiler Energieträger und auch in traditionellen Einflüssen begründet liegt.

Zweifellos wird das Interesse an der gekoppelten Wärme/Kälte-Nutzung aus dem Untergrund durch die technischen Fortschritte, durch eine höhere Energieeffizienz und durch Vorzeigeprojekte stark geweckt werden.

In dieser Ausgabe von **Info - Geothermie**, welche der Wärme- und Kältenutzung aus dem Untergrund gewidmet ist, werden zwei vor kurzem realisierte Gebäude mit unterschiedlichen Eigenschaften vorgestellt.

F.-D. Vuataz

Geothermie zum Heizen und Kühlen

In der Schweiz werden hauptsächlich zwei technische Verfahren erfolgreich eingesetzt: Erdwärmesondenfelder und Energiepfähle.

Im ersten Fall werden mehrere vertikale Erdwärmesonden nahe beisammen gebohrt, um so einen saisonalen Wärme- und Kälte-Diffusionspeicher herzustellen. Dieser wird im Winter, gekoppelt mit einer Wärmepumpe, als Tieftemperatur-Heizung genutzt. Im Sommer wird dann der Speicher zur Kühlung verwendet (ohne Kältemaschine), wobei eine thermische Wiederaufladung des Untergrundes durch die Wärmeabgabe des Gebäudes oder durch eine zusätzliche Solarinstallation stattfindet.

Wenn ein Gebäude aufgrund eines instabilen Untergrundes auf Fundamentpfählen aufgebaut werden muss, können diese Pfähle mit geothermischen Wärmetauschern ausgerüstet werden. Der Wärmespeicher befindet sich dann unter dem Gebäude, wobei die saisonale Nutzung des Speichers dem oben beschriebenen Fall ähnlich ist.

Das D4-Zentrum bei Root (Luzern), beheizt und gekühlt durch einen unterirdischen Wärmespeicher

Bei Root, zwischen Luzern und Zug, baut die SUVA den riesigen Komplex „D4 Lucerne Business Centre“. Die 2003 vollendete 1. Bauetappe umfasste zwei moderne Gebäude mit einer Nettogeschossfläche von 20'000 m² und einem



Gesamtansicht des D4-Zentrums bei Root, Luzern (Photo P. Berchtold)

Potential von 1'500 Arbeitsplätzen. In der nächsten Phase werden multifunktionelle Gebäude für Büros, Restaurants, Geschäfte und Sportanlagen realisiert.



Die Besonderheit des D4-Zentrums ist seine umweltschonende Gesamtkonzeption. Diese beinhaltet die Wahl der Materialien, die Abfallverwaltung, der Energieverbrauch, sowie der Warmwasserbedarf und die Wärme/Kälte-Erzeugung durch erneuerbare Energien. Diese werden die Hälfte des Heizungsbedarfs und der Klimatisierung decken.



Die Gebäude der 1. Bauetappe des SUVA D4-Zentrums. (Photo P. Berchtold)

Es wurde ein anpassungsfähiges und vielseitiges Konzept gefunden, welches einen unterirdischen Wärmespeicher, eine Wärmekraftzentrale mit Öl-/Gasheizkessel, Tanks zur Wärme- und Kältespeicherung sowie auf dem Dach installierte Solarkollektoren umfasst.

Die im Winter bzw. Sommer erforderliche Wärme bzw. Kälte wird durch einen unterirdischen Wärmespeicher geliefert. Dabei handelt es sich um den grössten saisonalen Diffusionsspeicher der Schweiz, der aus 49 Erdwärmesonden besteht. Im Winter wird die Untergrundwärme durch die Sonden gefördert und zu einer Wärme-pumpenanlage weitergeleitet, worin das Temperaturniveau erhöht wird. Eine Zusatzheizung dient zur Abdeckung des Spitzenverbrauchs in den Kaltperioden (siehe Schema).

Im Sommer dient die überschüssige Energie aus den Sonnenkollektoren (vorausgesetzt der Warm-

wasserbedarf ist abgedeckt), zur thermischen Wiederaufladung des unterirdischen Wärmespeichers. Gleichzeitig wird die im Winter gespeicherte Kälte zur Kühlung der Gebäude verwendet. In einer zukünftigen Bauphase des D4-Zentrums ist ein zweiter unterirdischer Wärmespeicher geplant.

Dank diesem umweltschonenden Gesamtkonzept wurde eine hohe Energieeffizienz erreicht, wobei der saisonale Wärme- und Kältespeicher eine zentrale Rolle spielt. Seine enorme Grösse verbessert die Effizienz und hat gleichzeitig eine starke Reduktion der spezifischen Kosten zur Folge.

Eigenschaften des saisonalen Wärmespeichers des D4-Zentrums

Speicherdimensionen :	
Fläche (45.5x 51.5 m)	2343 m ²
Tiefe	160 m
Volumen	375'000 m ³
Anzahl Erdwärmesonden	49
Distanz zwischen den Sonden	6.5 m
Geothermischer Gradient	23.3° C/km
Temperatur bei 160 m	14.5° C
Geologische Formationen	Verschieden Molasse-Sedimente
Durchschnittliche Permeabilität	Sehr klein
Fläche der Sonnenkollektoren	660 m ²
Jährlicher Wärmebedarf	540'000 kWh/Jahr
Heizleistung	950 kW
Kälteleistung	760 kW

Energiepfähle zur Heizung und Klimatisierung einer Schule in Fully (VS)

Bei dem Bauprojekt der Primarschule in Fully bei Martigny (VS), wurde im Hinblick auf die Anforderungen des Minergie-Standards ein wirksames Energiekonzept ausgearbeitet. Es wurde entschieden die Wärmeenergie durch ein Wärmepumpensystem zu erzeugen. Da zudem das Gebäude in Anbetracht des instabilen Untergrundes auf Fundamentpfählen gebaut werden musste, wurden diese Pfähle mit Wärmetauschern (zum Untergrund) ausgerüstet.

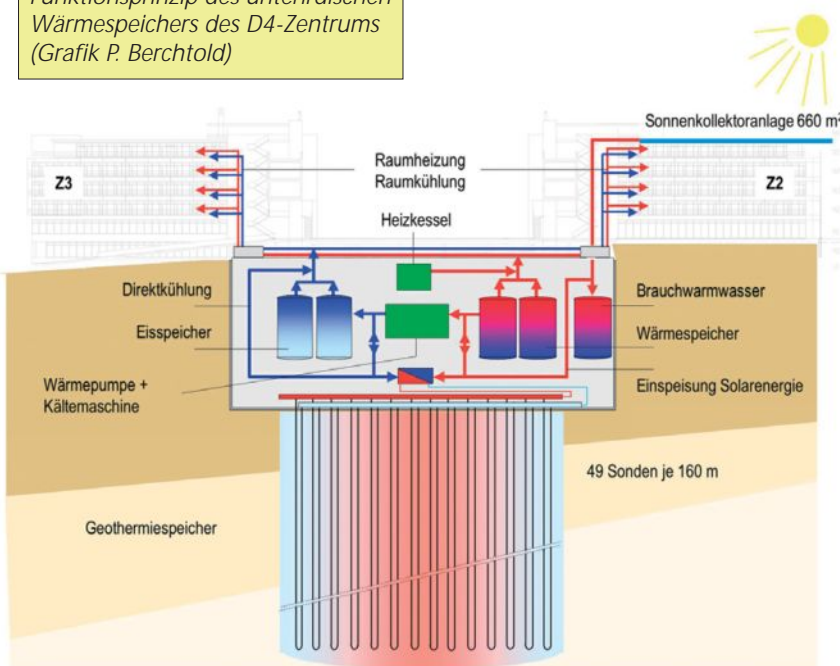
Die vorgefertigten Pfähle sind hohl, wodurch ein Einziehen von Erdwärmesonden ermöglicht wird. Eine anschliessende Verfüllung mit feuchtem Sand garantiert einen guten thermischen Kontakt zwischen der Sonde und den Fundamentpfählen.

Insgesamt wurden 41 von den 118 Fundament-pfählen mit Erdwärmesonden ausgerüstet. Die Sonden bestehen aus Doppel-U-Rohren (PE, D=25 mm), in welchen Glykolwasser als Zirkulationsflüssigkeit verwendet wird.

Die Wärmeverteilung erfolgt auf einem tiefen Temperaturniveau durch ein in der Decke integriertes Leitungsnetz.

Während der Heizsaison ist die Untergrundwärme die Kältequelle der Wärmepumpe. Die Schulzimmer werden durch die Wärmeabgabe von der Decke bei tiefem Temperaturniveau beheizt. Dieses System braucht keine

Funktionsprinzip des unterirdischen Wärmespeichers des D4-Zentrums (Grafik P. Berchtold)





Die Primarschule in Fully (VS), gemäss dem Minergie-Standard gebaut (Photo E. de Lainsecq)

Heizkörper und garantiert eine gleichmässige Wärmeverteilung über die gesamte Raumfläche. Im Winter beträgt die Temperatur des Glykolwassers am Sondenaustritt 5° C und am Sondeneintritt (nach dem Durchfluss durch die Wärmepumpe) 2° C, was einem Temperaturgewinn von 3° C (aus dem Untergrund) entspricht.



Einfügen einer Erdwärmesonde in einen Fundamentpfahl der künftigen Schule (Photo E. de Lainsecq)

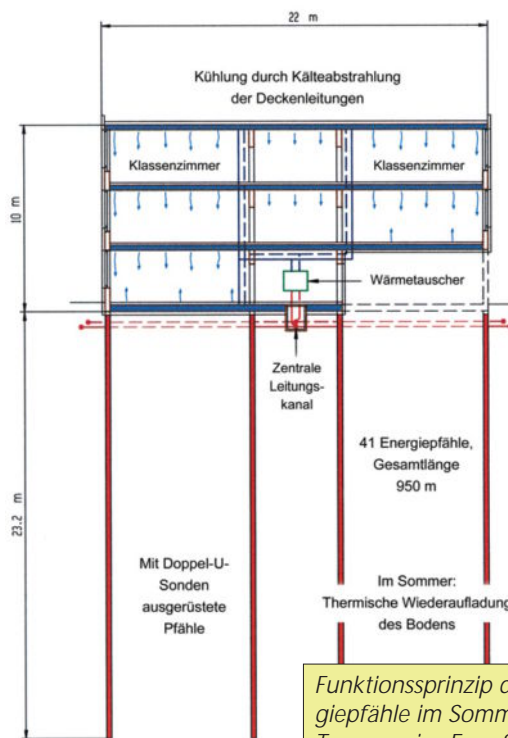
Im Sommer wird das Gebäude durch dasselbe Leitungsnetz abgekühlt. Bei der Zirkulation der Flüssigkeit durch die Energiepfähle (ohne Kältemaschine) nimmt sie die im Boden (während des Winters) gespeicherte

Kälte auf und ermöglicht die Absenkung der internen Gebäudetemperatur von 32° C auf 26° C (siehe Schema). Während dieser Periode beträgt die Temperatur des Glykolwassers am Sondenaustritt 16° C bis 18° C.

Die Investitionskosten einer solchen Energieanlage fallen leicht höher aus als jene einer konventionellen Anlage. Die jährlichen Betriebskosten sind aber deutlich tiefer als die einer Ölheizung (Öleinsparung von ca. 9'000 Liter/Jahr), denn abgesehen von der Betriebsenergie der Zirkulationspumpen ist die Kälteproduktion im Sommer und die thermische Wiederaufladung des Untergrundes kostenlos.



Installation des Heizungsnetzes in der Decke (Photo M. Anstett)



Funktionsprinzip der Energiepfähle im Sommer (Grafik Tecnoservice Eng. SA)

Eigenschaften der Energiepfählanlage beim Schulzentrum in Fully	
Gebäudetyp	Minergie
Referenzfläche	2'635 m ²
Netto-Heizvolumen	7'018 m ³
Anzahl Schulzimmer	20
Anzahl Fundamentpfähle	118
Anzahl ausgerüsteter Pfähle	41
Durchschnittliche Tiefe	23.2 m
Wärmetauscher in den Pfählen	Doppel-U-Rohre
Durchflussmenge pro Pfahl	310 l/h
Spezifische Leistung der Pfähle	50 W/m
Spezifischer Energieentzug pro Jahr	75 kWh/m
Wärmepumpenleistung am Kondensator (4 Module)	56 kW
Jährlicher Wirkungsgrad	3.8
Energieverwendung	Heizen und Kühlen
Energiebedarf für Heizen	92'225 kWh/an
Energiebedarf für Kühlen	50'000 kWh/an

Interview

Markus Geissmann

Verantwortlicher Bereich
Geothermie
Bundesamt für Energie - Bern



Worin liegt der ökonomische Vorteil, Gebäude mittels dem Untergrund zu heizen und zu kühlen ?

M. G.: Die Investitionen für eine geothermische Heizanlage liegen heute leicht höher als für konventionelle Anlagen. Mit minimalem Mehraufwand kann

die geothermische Anlage aber auch zur Kühlung eines Gebäudes eingesetzt werden. Bei den Betriebskosten liegt die geothermische Heiz-/Kühlanlage dann klar vorne. Speziell der free-cooling Betrieb ist im Vergleich zu einer Klimaanlage mit Kältemaschinen sehr kostengünstig.

Im weiteren Sinne kann auch die Vermeidung von Luft- und Klimaschadstoffen als ökonomischer Vorteil für die Allgemeinheit betrachtet werden.

Wie werden solchen Anlagen vom Bundesamt für Energie unterstützt ?

M. G.: Das BFE fördert die Geothermie über die ganze Innovationskette : Wir unterstützen z.B. die Entwicklung von neuen Technologien durch Forschungsbeiträge. Ebenso wichtig ist dann die Erprobung dieser Entwicklungen mit Hilfe von Pilotanlagen. Auch dieser Schritt von der Forschung hin zu marktreifen Lösungen wird vom BFE finanziell unterstützt. Die Erdwärmesondenfelder und die Energiepfähle profitieren von allen diesen Aktivitäten.

Welche Entwicklung kann man in den nächsten Jahren im Bereich Energiepfähle und Erdwärmesondenfelder in der Schweiz erwarten ?

M. G.: Geothermische Heiz- und Kühlsysteme sind zuverlässig, energie- und kosteneffizient. In Kombination mit innovativen Gebäudekonstruktionen, z.B. thermoaktiven Bauelementen, wird diese Effizienz noch verstärkt. Die technische Entwicklung auf diesem Gebiet ist noch lange nicht abgeschlossen, hat aber schon ein sehr hohes Niveau erreicht.

In den nächsten Jahren werden die Preise der fossilen Energieträger steigen, sei es auf dem Weltmarkt oder durch eine CO₂-Abgabe. Diese Entwicklung wird den erneuerbaren Energien und damit auch den geothermischen Heiz-/Kühlanlagen zum Durchbruch verhelfen.

**Kontakte & Auskünfte
Regionales Infozentrum**

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

Häufig gestellte Fragen

Wird der Untergrund durch die geothermische Nutzung abgekühlt ?

Im Nahbereich der Erdwärmesonden kühlt sich der Untergrund bezüglich seiner Anfangstemperatur um einige Grade ab. Wenn die Sonde korrekt dimensioniert ist, gleicht der Wärmefluss im Untergrund diese Absenkung zum Teil aus, und nach einigen Betriebsjahren wird ein neues thermisches Gleichgewicht erreicht.

Im Fall einer Reinjektion einer geothermischen Flüssigkeit in eine tiefe Bohrung breitet sich diese zuvor thermisch genutzte und abgekühlte Flüssigkeit im Speicher aus. Während dieser Ausbreitung erwärmt sie sich kontinuierlich. Wenn die Distanz zwischen Produktions- und Rückgabeböhrung ausreichend ist, wird diese Abkühlung keinen Einfluss während der ganzen Lebensdauer der Anlage haben.

Ausgewählte Seiten im Internet

Förderung der Geothermie in der Schweiz
www.geothermal-energy.ch/

MINERGIE, das Qualitätslabel für neue und sanierte Gebäude
www.minergie.ch/

D4 Business Center Luzern
www.d4center.ch/

Geothermische Vereinigung Deutschland (GtV)
www.geothermie.de/

!!! Hotline !!!

Veranstaltungen

26. Januar – 6. Februar 2004 : Geothermische Ausstellung der Französischen Schweiz
Rathaushalle, Neuchâtel

16. Februar – 14. Mai 2004 : Die Ausstellung verschiebt sich dann in mehrere Orte im Kanton Neuchâtel - Informationen :
Service de l'énergie, Tivoli 16, 2000 Neuchâtel –
Centre romand de promotion de la géothermie

24. – 29. April 2005 :
Weltkongress Geothermie, Antalya, Türkei
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

Dezember 2003 / Nr. 7

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

Redaktionskomitee

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

Übersetzung

Simone Bassetti & T. Mégel,
GeoWatt, ZH

Satz/ Grafik

Stéphane Cattin, CHYN, Univ. NE

Druck

Cighélio Sàrl, Neuchâtel

Impressum
Info - Geothermie