

# Rapports de synthèse des chefs de programme OFEN Überblicksberichte der BFE-Programmleiter 2005

## PROGRAMM GEOTHERMIE

Harald L. Gorhan

[harald.gorhan@bluewin.ch](mailto:harald.gorhan@bluewin.ch)



### ***Umbau des Grand Hotels Dolder (ZH): Vor-und Rücklauf des Erdwärmesondenfeldes***

72 Erdwärmesonden mit einer totalen Länge von 10.6 km entnehmen im Winter dem Untergrund Wärme, die dann über Wärmepumpen zur Gebäudeheizung und Warmwasserbereitung verwendet wird. Im Sommer dient das Sondenfeld als Kältespeicher für die Kühlung von insgesamt 178 Gästezimmern [22]

## Programmschwerpunkte und anvisierte Ziele

Forschungsschwerpunkt der **tiefen Geothermie** ist die Weiterentwicklung und Realisierung des ersten Hot-Dry-Rock / Hot-Wet-Rock-Projektes zur Strom- und Wärmeproduktion in der Schweiz. Die internationale Einbindung ist durch die intensive Zusammenarbeit mit der *European Geothermal Energy Council (EGEC)*, der *International Geothermal Association (IGA)*, mit der *International Energy Agency (IEA)* bzw. durch Mitarbeit von Schweizer Fachleuten am EU- Geothermieprojekt in Soultz-sous-Forêts gegeben.

Bezüglich Forschung in der **untiefer Geothermie** stehen Untersuchungen zur Qualitätssicherung

und Erhöhung der generellen Planungssicherheit sowie die Kälteproduktion mittels *Geo-cooling* von geothermischen Grossanlagen im Mittelpunkt

Pilot- und Demonstration sollen die Ergebnisse der Erfolgskontrollen im Rahmen von Energie-Schweiz im Sinne von guten Beispielen weiterverwendet und bekannt gemacht werden. Generell sollen die verschiedenen geothermischen Nutzungsmethoden auf regionaler und nationaler Ebene besser bekannt gemacht werden.

## Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse 2005

### RAHMENBEDINGUNGEN

Die bestehenden Strukturen der Geothermieszene Schweiz haben sich in den letzten zwei Jahrzehnten rasant entwickelt. Zukünftig gilt es die Zusammenarbeit mit der Wirtschaft (KMUs), Politik, mit der Öffentlichkeit bzw. Forschung, inklusive Aus- und Weiterbildung, signifikant zu verbessern:

**Taskforce Dachorganisation Geothermie Schweiz: Erarbeitung von Empfehlungen und Vorschlägen zuhanden des BFE** [1]: In den Zukunftsperspektiven der schweizerischen Energieversorgung werden in die Geothermie grosse Erwartungen gesetzt. Die geothermischen Nutzungsmöglichkeiten sind vielfältiger geworden, die involvierten Personen, Firmen und Institutionen zahlreicher. Um diesen Erwartungen gerecht zu werden, sollen geeignete Hinweise für Planer, Bauherrschaften und Investoren integriert und neben wissenschaftlich-technischen Infos auch Wirtschaftlichkeitsaspekte und Potenzialabschätzungen berücksichtigt werden.

**Überarbeitung Broschüre „Geothermie-praktische Nutzung der Erdwärme“ in deutsch und französisch** [2]: Aktualisierte Informationen und Übersicht über den Stand der Technik und die Zukunftsaussichten bei der Nutzung der Geothermie sind die primären Ziele der Broschüreneuerung. Zu diesem Zweck sollen speziell die Ergebnisse der noch laufenden P+D-Erfolgskontrollen (zweijährige Messkonzepte) an geothermischen Grossanlagen in die neue Broschüre einfließen.

### UNTIEFE GEOTHERMIE

**Rafrâchissement par géo-cooling. Bases pour un manuel de dimensionnement** [3]: Cette étude se consacre aux deux types de systèmes de rafraîchissement passif qui utilisent le sous-sol comme source de fraîcheur, que nous regroupons sous le terme de géo-cooling :

- Géo-cooling avec sondes géothermiques verticales,
- Géo-cooling avec sondes horizontales peu profondes (de type *puits canadiens* ou *apparentés*).

Le projet n'a pas pour but de créer de nouvelles connaissances mais de synthétiser celles déjà disponibles.

**Manuel pour le refroidissement de bâtiments par «géo-cooling» sur sondes géothermiques verticales: critères d'intégration, potentiel de refroidissement et règles simplifiées de dimensionnement** [4]: Le projet de recherche a mis en évidence le manque des connaissances actuelles relatives à l'intégration de ce genre de système dans un bâtiment et de son interaction avec ce dernier, et par voie de conséquence sur le potentiel d'utilisation de ce type de système. L'objectif principal du présent projet est de combler ces lacunes et de rédiger un manuel sur la thématique.

**Etude du potentiel d'utilisation du «gé-cooling» d'une installation avec sondes géothermiques verticales appliqué à un bâtiment administratif Minergie® à Chiasso** [5]: Le nouveau bâtiment de la douane commerciale de Chiasso-Brogeda de 2'200 m<sup>2</sup> de surface de référence énergétique répartis sur 6 étages. Construit de manière à respecter le standard Minergie® avec une distribution de chaleur et de froid par dalles actives (donc avec des températures très basses pour le chauffage et très haute pour le refroidissement), il possède de bonnes caractéristiques pour une intégration optimale d'un système de chauffage et de refroidissement par un champ de sondes géothermiques.

**Mini-module de chauffage pour tests de réponse thermique des terrains** [6]: Un mini-module de chauffage pour déterminer les

caractéristiques thermiques des sols et des sondes géothermiques a été réalisé. Avec cet équipement unique en Europe, le transport et la manipulation sont grandement facilités. Tout l'appareillage tient dans une valise de type *flight case* et pèse environ 45 kg. Les caractéristiques et options de l'ancien module sont améliorées. La mise en place et le raccordement de ce mini-module de chauffage pour le test d'une géostructure ou d'une sonde géothermique devient de ce fait très aisé et permet de réduire les coûts des tests de réponse thermique.

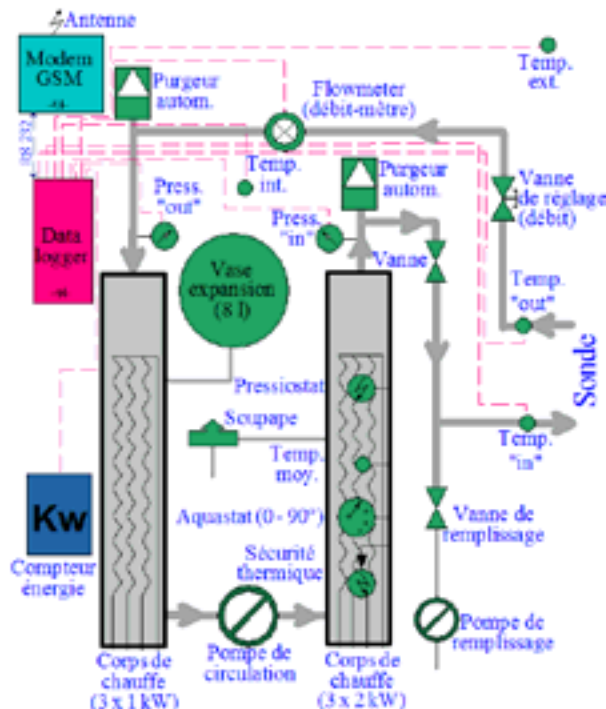


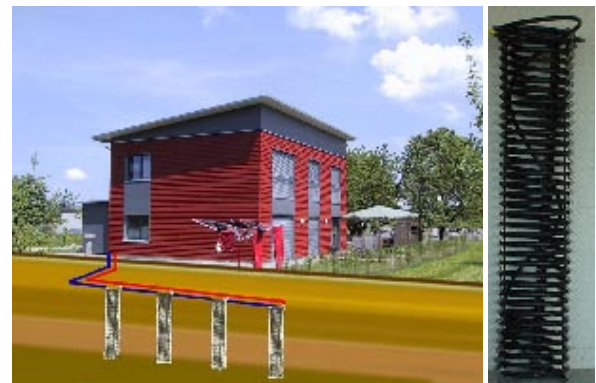
Figure 1: Schéma de fonctionnement du mini-module de chauffage

**Groundwater Energy Designer (GED). Computergestütztes Auslegungstool zur Wärme- und Kältenutzung von Grundwasser** [7]: Dieses Tool richtet sich an Planer und Ersteller von kleineren Anlagen sowie an Bewilligungsbehörden. Es berücksichtigt standortspezifisch den Energiebedarf und die hydrogeologischen Verhältnisse. Ausgehend von einer Wärme- oder Kältebedarfsanalyse werden interaktiv die Möglichkeiten der direkten Wärmenutzung des Grundwassers geprüft.

**Erstellung von Richtlinien für Grundwasser-Wärme- und Kältenutzungsanlagen** [8]: In vielen Kantonen sind derartige Anlagen nur in Randbereichen von Aquiferen erlaubt, also dort, wo die Bodendurchlässigkeiten mässig, der Sand- und Siltanteil hoch bzw. die Grundwasserchemie für einen Wärmepumpenbetrieb problematisch werden. Das Handbuch soll hier helfend eingreifen um eine optimale Dimensionierung, Erstellung und den problemlosen Betrieb von Nutzungsanlagen unter derartigen Bedingungen zu garantieren.

Zusammen mit dem vorerwähnten *Groundwater Energy Designer* sollen die Ergebnisse dieser Arbeit zu praxisnahen Richtlinien verarbeitet werden.

**Handbuch Erdwärmekörbe (Auslegung, Anwendungsbeispiele, Dokumentation)** [9]: Erdwärmekörbe stellen eine innovative Entwicklung auf dem Gebiet der Nutzung untiefer Energieresourcen dar. Ein Energiekorb besteht aus einem Polyethylen-Rohr, das spiralförmig zusammengewickelt wird (Fig. 2). Der gesamte Korb hat eine Höhe von ca. 2 Metern und wird in einer Tiefe zwischen 1.5 und 3.5 m eingebaut. Das Prinzip der Erdwärmennutzung mit Erdwärmekörben ist dem der Erdwärmesonden sehr ähnlich. Im Heizbetrieb wird Wärme aus dem Erdreich extrahiert und zu einer Wärmepumpe gefördert. Ähnlich kann man im Sommer Wärme im Boden für Kühlzwecke abführen. Es wurde gezeigt, dass ein Erdwärmekorb die jahreszeitliche Temperaturphasenverschiebung in den ersten Metern des Untergrundes nutzt. Die tiefsten Temperaturen kommen Anfangs Sommer vor, wenn die Heizung nicht mehr benötigt wird und die Anlage auch für Kühlzwecke eingesetzt werden kann.



Figur 2: Heizen und Kühlen mittels untiefer Erdwärmekörbe

**Thermische Leitfähigkeit: Eichung von in situ Messungen (d.h. „kabellose Temperatursonde“) mit Laborbestimmungen als Grundlage für die geothermische Kartierung des Kantons ZH bzw. der umliegenden Kantone** [10]: Das Projekt dient zur Qualitätskontrolle von in-situ Wärmeleitfähigkeitsbestimmungen mittels der vom BFE geförderten und erst jüngst patentierten kabellosen Sonde (*Fisch*). Diese soll zukünftig bei der Dimensionierung von grossen geothermischen Anlagen eingesetzt werden. Konkret soll das Temperaturfeld im Untergrund in 24 Erdwärmesonden gemessen werden. Aus den Daten wird ein detailliertes Temperatur-Tiefenprofil erwartet, welches die Temperaturverhältnisse im Untergrund widerspiegelt. Zur Berechnung bzw. Eichung von Daten des geothermischen Wärmeflusses sind des Weiteren verlässliche

Labormessungen der Wärmeleitfähigkeit und der Gesteinsdichte bez. der Porosität notwendig.

**Nutzung der Erdwärme mit Gründungspfählen und anderen erdberührten Betonbauteilen. Leitfaden zu Planung, Bau und Betrieb-Utilisation de la chaleur du sol par des ouvrages de fondation et de soutènement en béton. Guide pour la conception, la réalisation et la maintenance** [29]: Die primäre Aufgabe von Gründungspfählen und anderen erdberührten Betonbauteilen (allgemein als Geostrukturen bezeichnet) ist die Sicherstellung der Stabilität von Bauwerken. Werden diese Bauteile (z.B. Fundamentplatten, Schlitzwände, Fertigbeton-, Hohl- oder -Ortbetonpfähle, etc.) mit Wärmetauschern ausgerüstet, so können diese auch der Nutzbarmachung von untiefen geothermischen Ressourcen dienen. Bei der Energienutzung mittels Geostrukturen ergibt sich die einzigartige Möglichkeit, Raumheizung und Kühlung mit dem gleichen System zu realisieren. Hierzu wurde ein Planungs- und Ausführungsleitfaden für Bauherren, Planer und Entscheidungsträger erarbeitet. Beide, durch die SIA veröffentlichte Broschüren, wurden im Herbst 05 durch Vorträge an der ETHZ und EPFL, interessierten Kreisen nahe gebracht.

## TUNNELWASSERNUTZUNG

**Concept de drainage des tunnels en vue d'une optimisation de l'utilisation géothermique** [11]: Le but visé par le projet est de définir les conditions dans lesquelles une amélioration du rendement énergétique des eaux souterraines des tunnels pourrait être atteinte. Il s'agit en particulier de l'accompagnement du processus de planification des tunnels à un stade précoce, afin que le potentiel géothermique soit géré au mieux dans l'intérêt à la fois de l'exploitant du tunnel et des éventuels utilisateurs de la chaleur.

## TIEFE GEOTHERMIE

**Géothermie du cristallin profond de la vallée du Rhône (phase A)** [12]: Le projet entend évaluer la faisabilité de produire de l'électricité d'origine géothermique, en exploitant les aquifères cristallins profonds de la vallée du Rhône dans les cantons du Valais et Vaud. Plus précisément le territoire à investiguer concerne les tronçons suivants : St-Maurice/Lavey-Saillon et Leuk-Brig/Naters. Les évaluations existantes montrent que le sous-sol de la vallée du Rhône en Valais et Vaud est caractérisé par un flux de chaleur anormal et localement par une bonne fissuration des roches. La preuve en sont les nombreux établissements de bains thermaux qui jalonnent le territoire. Le chimisme des eaux thermales de Lavey-Les-Bains (VD), tout comme celui des eaux de Brigbad, montrent

que le fluide thermal profond atteindrait une température de 110°C.

**Erdwärmesonden (EWS) für Direktheizung. Phase 1: Modellbildung und Simulation** [13]: Im Molassegebiet des Schweizerischen Mittellandes ist im ungestörten Erdreich in Tiefen von 400m mit Temperaturen von ca. 24-26 °C zu rechnen. Dies ist die minimale Temperatur, mit der heute ein gut wärmegeämmtes Gebäude mit Strukturheizung auf 20 °C beheizt werden kann. Das Projektziel ist also, dies mittels direkter Nutzung, d.h. ohne Beizug einer Wärmepumpe zu erreichen. In einer ersten Etappe soll analytisch untersucht werden, wie eine geschlossene Erdwärmesonde aussehen muss, damit eine minimale Temperatur von 24-26°C aus einer Tiefe von 500-600 m gefördert werden kann.

**Update „SwEWS“ Software zur Auslegung von Erdwärmesonden-Anlagen** [14]: Bekanntlich werden EWS in immer grössere Tiefen installiert, d.h. grossteils in Molasseformationen im Schweizer Mittelland. Da es hierbei in erster Linie um geotherm. Grossanlagen handelt, kommt bei der Auslegung derartiger Anlagen eine genaue Kenntnis der thermischen Leitfähigkeit grosse Bedeutung zu. Die 1998 publizierte Software/Datenbank SwEWS soll daher mit neuen Daten aus Tiefbohrungen der letzten 7 Jahre ergänzt werden. Das Programm SwEWS wird auf ACCESS 2000 umprogrammiert bzw. die Benutzeroberfläche von den Daten getrennt, damit spätere Updates benutzerfreundlich gestaltet werden können.

**Géothermie de grand profondeur (GGP) à Genève-travaux préparatoires du 1<sup>er</sup> forage d'exploitation** [15]: Ausgehend von früher im Rahmen der allgemeinen DHM- Studien sowie des Projekts DHM Basel erarbeiteten Unterlagen wird ein Business-Plan für das Projekt GGP in Genf erarbeitet. Neben einer Zusammenstellung und Aufdatierung der Projektdaten werden dynamische Wirtschaftlichkeitsberechnungen und Sensitivitätsanalysen durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Berechnungen, zusammen mit der technischen Risikoanalyse erlauben es, das Projekt GGP bezüglich der wirtschaftlichen Aspekte zu beurteilen. Der Business-Plan soll für die privaten und öffentlichen Projektpartner eine Entscheidungsgrundlage für die nächsten Projektphasen bilden.

**Geothermal Resource Atlas of Switzerland, Phase 2005** [16]: Für das Modellgebiet Basel-Solothurn wurden die geothermisch relevanten geologischen Strukturen identifiziert, und ein konzeptuelles Strukturmodell erstellt. Die 2004 neu begonnene Unsicherheitsanalyse zur Bewertung der Reichweite der vorhandenen Temperaturdaten konnte abgeschlossen werden. Basierend auf einer variablen Mächtigkeit der Aquifere OMM und Oberer Malm, einer heterogenen Wärmeleitfähigkeitsverteilung im Kristallin sowie der Integration

advektiver Effekte, wurde die Temperaturverteilung für die Nordostschweiz simuliert. Unter Anwendung des Gringarten- Ansatzes konnte eine Neubewertung der nutzbaren Energie aller relevanten Aquifere der Schweiz vorgenommen werden.

**Energieumwandlungsprozesse für die Nutzung geothermischer Energie, Vorstudie und Arbeitsprogramm** [17]: Das vorliegende Forschungsprojekt soll mithelfen, dass Hot-Dry-Rock oder Deep-Heat-Mining (DHM) Projekte von Beginn an ganzheitlich betrachtet und damit auch gesamtwirtschaftlich optimiert werden können. Parallel dazu sollen die Ergebnisse jedoch auch für die Nutzung anderer Quellen in ähnlichem Temperaturbereich – wie z. B. Abwärme oder Wärme aus Biomasse-Nutzung – verwendet werden können.

**Energieumwandlungsprozesse für die Nutzung geothermischer Energie, Hauptstudie** [18]: Die Arbeiten in Zusammenhang mit den Schweizer DHM- Aktivitäten haben gezeigt, dass zur Optimierung einer Anlage die gegenseitige Abstimmung von Ressource und Energieumwandlung von grosser Bedeutung ist (siehe vorheriges Projekt). Aus diesem Grund sollen die geothermie- spezifischen Fragen der Energiekonversion in einem eigenen Forschungsprogramm näher untersucht werden. In einer ersten Phase wurden die verfügbaren Prozesse systematisch erfasst sowie anhand eines Kriterienkatalogs beurteilt. Neben den im Zentrum stehenden thermodynamischen Zyklen wurden auch festkörperphysikalische Prozesse kurz beleuchtet.

## Nationale Zusammenarbeit

Im Berichtsjahr, wurde mit den folgenden Schweizer Institutionen eng zusammengearbeitet:

- **Universitäten und Fachhochschulen:** ETHZ (Institute für Erdwissenschaften bzw. für Energietechnik, FG Hochspannungstechnologie), Hochschule Wädenswil, Centre d'hydrogéologie de l' Université de Neuchâtel (da im besonderen mit dem im Frühjahr 2005 neugegründetem *Centre de recherche en géothermie, CREGE*, [www.crege.ch](http://www.crege.ch)), Département de génie civil, Institut des sols, roches et fondations de l'EPFL, Centre universitaire d'étude des problèmes de l'énergie de la Université de Genève, Naturhistorisches Museum Basel, Istituto di scienze della terra e laboratorio di energia, ecologia ed economia della scuola universitaria della Svizzera italiana, Haute école valaisanne und Fachhochschule Burgdorf.
- **Stromindustrie und Wärmeversorgung:** Siemens Schweiz AG, BKW, ATEL, Elektra Baselland, Industrielle Werke Basel Aarau Lausanne Freiburg und Genf, Verband Fernwärme Schweiz (VFS, etc).
- **Bundesämter, Agenturen und Fachverbände:** Agentur für erneuerbare Energien und Energieeffizienz (AEE, APES), Aktion für vernünftige Energiepolitik Schweiz (AVES), BAFU, BBW, BWG, Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS), energie-cluster, bau-schlau, u.a.
- **Energiefachstellen:** Zusammenarbeit mit allen Energiefachstellen in der Romandie und im Tessin und mit denjenigen der grösseren deutschsprachigen Kantone.

## Internationale Zusammenarbeit

Schlüsselprojekt bei der tiefen Geothermie bleibt das *Deep-Heat-Mining* in Basel (Strom- und Wärmeproduktion aus grossen Tiefen), wo mit der ersten Tiefbohrung im Frühjahr 2006 begonnen werden wird.

Angesichts der Bedeutung dieses Projektes für die Energieforschung sowie wegen der erheblichen finanziellen und technischen Risiken, wird während der gesamten Projektdauer ein wissenschaftlicher Beirat die Projektleitung unterstützen. Dem Beirat gehören international anerkannte Experten aus England, Deutschland, Frankreich und weiteren Ländern an. Die Zusammensetzung des Beirats wird den aktuellen Fragestellungen und Projektphasen angepasst [19].

Zusätzliches, praxisnahes Fachwissen bezüglich der Nutzung von tiefer Geothermie, wird aufgrund

der Teilnahme an den beiden folgenden internationalen Projekten in die Schweiz gebracht:

**Teilnahme am Geothermal Implementing Agreement (GIA) der IEA** [20]: Prof. Dr. L. Rybach ist weiterhin Vice Chairman des GIA Das 14th Meeting des wurde von L. Rybach und Th. Mégel organisiert und fand an der ETH Zürich am 22./23.9.2005 statt. Durch die Teilnahme der Schweiz am GIA ist der regelmässige Erfahrungsaustausch mit Ländern, die in der Geothermie führend sind, gewährleistet; darüber hinaus kann das spezifische Know-how der Schweiz im internationalen Rahmen Anerkennung erfahren.

**European Geothermal Project for the Construction of a Scientific Pilot Plant based on enhanced Geothermal System, Soultz- sous- Forêts, Alsace, France** [21]: Im kommenden Jahr sollen

diverse Testphasen abgeschlossen bzw. probe-weise mit der Produktion von elektrischem Strom begonnen werden.

Im Berichtsjahr, wurde des Weiteren mit den folgenden internationalen Institutionen eng zusammen-gearbeitet:

*Enhanced Geothermal Innovative Network for Europe ENGINE, Integrated Geophysical Exploration Technologies I-GET, European Geothermal Energy Council EGEC, International Geothermal Association IGA, Bureau de Recherches Géologiques et Minières BRGM, Aménagement du Territoire, Planification Énergétique et Promotion des Energies Renouvelables AMETER, Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie ADEME, etc.*

Im Ausland wurden von Herrn Prof. L. Rybach die folgenden Vorträge gehalten (Auswahl):

- *Geothermal Energy for Electricity Generation - The R&D Priorities.*
- *Environmental aspects of geothermal development.*
- *Ground source heat pumps–Geothermal energy for anyone, anywhere: Current worldwide activity.*
- *Development and application of a new, powerful single well groundwater heat pump system for space heating and cooling.*

- *Environmental aspects of geothermal energy development and utilization, and related legal, institutional and social implications.*
- *Shallow geothermal resources–utilization, status, perspectives.*
- *A new, powerful groundwater heat pump system for space heating and cooling.*
- *A geotermikus energiahasznosítás környezet-védelmi kérdései (Umweltschutzaspekte der Geothermienutzung).*
- *Utilization on renewable energy on a global scale – achievements and prospects.*
- *The present and future of geothermal energy in Europe.*

Anlässlich der Ausstellung im Rahmen des **World Geothermal Congress 2005** (Antalya/TR) wurde auch ein Schweizer Geothermie- Poster präsentiert.

Die folgende Tabelle zeigt die Stellung der Schweiz im internationalen Vergleich in der geothermischen Energienutzung [40, nach einer Auswertung und Zusammenstellung von Prof. L. Rybach]. Besonders erfreulich dabei der Spitzenplatz der Schweiz bei der Erdwärmenutzung in Einfamilienhäuser (letzte Kolonne in der Tabelle).

| Capacity installed (MWT) | Energy use (TJ/yr) | Capacity per area (MWT/km <sup>2</sup> ) | Capacity per capita (MWT/capita) | Energy per area (GJ/yr per km <sup>2</sup> ) | Energy per capita (GJ/yr per capita) | Units per area (12 kW equivalent units per km <sup>2</sup> ) |
|--------------------------|--------------------|--|----------------------------------|--|--------------------------------------|--|
| 1. USA (7'200)           | 1. S (36'000)      | 1. CH (1.3E-2)                           | 1. S (430.0)                     | 1. DK (91.6)                                 | 1. S (4.03)                          | 1. CH (1.08)   |
| 2. S (3'840)             | 2. USA (22'214)    | 2. S (8.5E-3)                            | 2. N (132.0)                     | 2. S (80.0)                                  | 2. DK (0.73)                         | 2. S (0.71)  |
| 3. CHN (631.0)           | 3. CHN (6'569)     | 3. DK (7.2E-3)                           | 3. CH (73.0)                     | 3. CH (69.6)                                 | 3. N (0.68)                          | 3. DK (0.60)   |
| 4. N (600.0)             | 4. DK 3'940)       | 4. NL (6.0E-3)                           | 4. DK (57.4)                     | 4. A (17.3)                                  | 4. CH (0.39)                         | 4. NL (0.50)   |
| 5. CH (532.4)            | 5. CH (2'854)      | 5. A (3.6E-3)                            | 5. FIN (50.0)                    | 5. NL (16.3)                                 | 5. FIN (0.38)                        | 5. A (0.30)  |

**Figur 3:** Weltweiter Vergleich in der Nutzung von geothermischen Wärmepumpen

## Pilot- und Demonstrationsprojekte

**Erfolgskontrolle und Planungsinstrumente für EWS-Feld Hotel Dolder Zürich** [22]: Die Bohr- und Installationsarbeiten der 72 Erdwärmesonden von je 152 m Tiefe wurden im Frühjahr 2005 abgeschlossen. Danach wurde die gesamte Installation nach DIN 4279-7 auf Druck und Durchfluss geprüft, und anschliessend mit der 70 cm dicken Bodenplatte des Neubaus zugedeckt. Nach Bauabschluss soll dann im Jahr 2007 der Heiz- bzw. Kühlbetrieb mit geothermischer Energie aufgenommen werden. Entlang einer Reihe von 3 Erdwärmesonden, d.h. am Rand des EWS-Feldes und den dazugehörigen Anschlussleitungen, wurde ausserdem ein Glasfaserkabel installiert, welches für zukünftige Messungen der Betriebssoletemperatur dienen wird. Zusätzlich wurden 2 EWS in der Mitte des EWS-Feldes mit Temperaturfühler ausgerüstet.

**EWS-Anlage Überbauung „Bahnhof Süd“ in Aarau** [23]: Anfang 2002 wurden 16 Erdwärmesondenbohrungen à 150 m niedergebracht. Die Anlage wird im Winter zur Beheizung des Gebäudes, im Sommer unter Umgehung der Wärmepumpen zum Kühlen (sog. Free-cooling) verwendet. Von den 16 Sonden wurden 8 Sonden im obersten Bereich bis in eine Tiefe von 8 m isoliert, die anderen 8 Sonden wurden konventionell eingebaut. Ziel war es, mit dieser Ausstattung den Kosten-Nutzen-Effekt einer Isolierung der obersten Schichten eruieren und messen zu können.

**Demonstrationsprojekt zur Energieeffizienz einer grossen Wohnüberbauung (Unteres Hompeli, SG) im Minergie-Standard** [24]: Die effektiv für die Beheizung von 2 Mehrfamilienhäusern benötigte Energie übersteigt die ursprünglich projektierte Energie um ca. 35%. Um den effektiv benötigten Energiebedarf decken zu können, muss dem Boden somit mehr Wärme entzogen werden als anfänglich für dieses Projekt kalkuliert und dimensioniert. Insofern kann sich der Untergrund mit der aktuellen Konstellation nicht in ausreichendem Masse regenerieren. Die JAZ der Anlagen von heute 3.8 resp. 4.3 wird deshalb auch zukünftig, über die Jahre hinweg, schlechter werden.

**Energiepfahlanlage Dock Midfield, Zürich Flughafen** [25]: En raison de mauvaises conditions géologiques (terrain meuble formé par d'anciens fonds lacustres), le bâtiment a dû être construit sur 440 pieux de fondation. Dans le but de contribuer au chauffage et au refroidissement du bâtiment, plus de 300 pieux sont utilisés en pieux énergétiques. Les premiers résultats montrent que le système fonctionne avec satisfaction. Un

coefficient de performance moyen de la pompe à chaleur de 4.3 (sans les pompes de circulation) a été mesuré pour l'hiver 2004–2005. Un potentiel d'amélioration existe dans la distribution de froid: la température de retour de l'eau dans le circuit de distribution est 4 à 5 K plus basse que prévue dans le concept du système, ce qui pénalise l'énergie de refroidissement couverte par géo-cooling. Ceci nécessite le réglage des équipements pour l'émission de froid afin de garantir une température de retour plus élevée.

**Messungen Energiepfahlanlage Dividella AG** [26]: Die Messungen zeigen, dass das realisierte Konzept mit den verschiedenen Betriebsarten sehr gut funktioniert. Im Sommer sind rund 80% der Kälteenergie durch Free-cooling oder Doppelnutzung (nutzbare Kühlenergie im Heizbetrieb) aus den Energiepfählen erbracht worden. Die Ein- und Austrittstemperaturen der Energiepfähle zeigen einen ausgeglichenen Verlauf. Auch die Wirtschaftlichkeit dieses Systems schneidet sehr gut ab. Die jährlichen Betriebskosten der Anlage sind rund 35% günstiger als bei einer herkömmlichen Anlage (Heizkessel und Kältemaschine).

**Regionalgefängnis Rheintal, Altstätten (SG): Beheizung und Klimatisierung mittels Energiepfählen, gekoppelt mit Erdwärmesonden** [27]: Das Gefängnis wird mit einer zweistufigen Wärmepumpe monovalent durch 114 Energiepfähle und 6 Erdwärmesonden mit Heiz- und Kühlenergie versorgt. Die durchschnittliche Energiepfahl-Länge liegt bei 22 m, während die 6 Erdwärmesonden Längen von je 150 m aufweisen. Bei den Energiepfählen handelt es sich um Hohlpfähle vom Typ Sacac. Die Energiepfähle sind im Gegensatz zu den Erdwärmesonden das ganze Jahr über in Betrieb. Sie liefern im Sommer zusätzlich Energie zur Kühlung und zur Brauchwarmwasser-Erwärmung. Die Funktionstüchtigkeit und Zuverlässigkeit der neuartigen geothermischen Kombianlage, bestehend aus EWS plus Energiepfählen, konnte klar nachgewiesen werden.

**Grundwasser- Wärmepumpe mit Rückgabeturbinierung** [28]: Bei diesem Pilotprojekt eines tief liegenden Aquifers wird erstmals das, nach der Wärmepumpe abgekühlte Grundwasser im Rückgabebrunnen dazu benutzt, einen Teil des elektrischen Pumpenstroms mithilfe einer kleinen Rohrturbine zurück zu gewinnen. Die Unterwasserpumpe befindet sich in einer Tiefe von 55 m bzw. die Turbine in 45 m. Mit der Turbine können ca. 15 % des für die Unterwasserförderpumpe benötigten Stroms zurück gewonnen werden.

## Bewertung 2005 und Ausblick 2006

### FORSCHUNG

Nachdem die Finanzierung der ersten geothermischen Tiefbohrungen des Deep Heat Mining Projektes in Basel gesichert werden konnte, wird anfangs 2006 mit den geplanten Bohrarbeiten am Standort IWB Werkhof Kleinhüningen begonnen werden. Nebst diesem Projekt in Basel werden auch in Genf unter finanzieller Beteiligung von Kanton und Stadt die Projektierungsarbeiten für ein HDR-Kraftwerk weitergeführt. Die Realisierung eines geothermischen Kraftwerks in der Schweiz (mit Strom- und Wärmeproduktion) bleibt somit eines der wichtigsten Ziele bis 2010. Mehrere unterstützende, nationale und internationale Forschungsprojekte sollen des Weiteren 2006 fortgesetzt werden.

Die Forschungsziele 2005 in der untiefen Geothermie konnten voll erreicht werden. Damit die Anwendung der Geothermie einen festen Platz im Markt findet, werden für alle Nutzungstechnologien Qualitätssicherungs-Instrumente bzw. benutzerfreundliche Manuels und Computeranwendungen entwickelt. Diese müssen weiter verfeinert, überprüft und bei den massgebenden Stellen eingeführt werden.

### P+D-PROJEKTE

Aufgrund steigender Sommertemperaturen findet die Gebäudekühlung mittels Sondenfeldern oder Energiepfählen (*Geo- oder Free-cooling*) eine stark steigende Popularität. Die Wirtschaftlichkeit von derartigen Anlagen ist dadurch nachgewiesen, dass diese sehr häufig mittels *Heat-Contracting* erstellt und betrieben werden (durch Stromproduzenten, wie z.B die EWZ, EKZ, BKW). Besonders erfreulich auch die Ausstrahlung von Know-how in das nahe und auch ferne Ausland, was bereits zu etlichen Aufträgen an Schweizer Firmen und Universitätsinstituten geführt hat.

Das überaus erfolgreiche Konzept der vergangenen Jahre, in verschiedenen Regionen der Schweiz den Bau und einwandfreien Betrieb von geothermischen P+D-Vorzeiganlagen als kantonale oder regionale Kristallisationspunkte vorzuführen mit dem Ziel, eine Multiplikation solcher Anlagen zu erreichen, muss leider aufgrund politischer Entscheide zukünftig sehr stark reduziert werden.

## Liste der F+E-Projekte

(JB) Jahresbericht 2005 vorhanden

(SB) Schlussbericht vorhanden (siehe [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch) unter den angegebenen Projektnummern in Klammern)

- [1] R. Wyss, ([wyss@rwgeo.ch](mailto:wyss@rwgeo.ch)), DR. ROLAND WYSS GMBH, *Frauenfeld: Taskforce Dachorganisation Geothermie Schweiz: Erarbeitung von Empfehlungen und Vorschlägen zuhanden des BFE* (JB)
- [2] J. Wellstein, ([wellstein.basel@bluewin.ch](mailto:wellstein.basel@bluewin.ch)), J. WELLSTEIN, *Basel: Überarbeitung Broschüre „Geothermie – praktische Nutzung der Erdwärme“ in deutsch und französisch* (JB)
- [3] B. Lachal, ([bernard.lachal@cuepe.unige.ch](mailto:bernard.lachal@cuepe.unige.ch)), UNIVERSITÉ DE GENÈVE - CUEPE, *Genève: Rafrâichissement par géo-cooling. Bases pour un manuel de dimensionnement* (SB 151'045)
- [4] D. Pahud, ([daniel.pahud@dct.supsi.ch](mailto:daniel.pahud@dct.supsi.ch)), LEEÉ – SUPSI, *Canobbio: Manuel pour le refroidissement de bâtiments par «géo-cooling» sur sondes géothermiques verticales: critères d'intégration, potentiel de refroidissement et règles simplifiées de dimensionnement* (JB)
- [5] D. Pahud, ([daniel.pahud@dct.supsi.ch](mailto:daniel.pahud@dct.supsi.ch)), LEEÉ – SUPSI, *Canobbio: Etude du potentiel d'utilisation du «géo-cooling» d'une installation avec sondes géothermiques verticales appliqué à un bâtiment administratif Minergie® à Chiasso* (JB)
- [6] L. Laloui, ([lyesse.laloui@epfl.ch](mailto:lyesse.laloui@epfl.ch)), EPFI – ENAC, *Lausanne: Mini- module de chauffage pour tests de réponse thermique des terrains* (SB 151'393)
- [7] J. Poppei, ([POJ@colenco.ch](mailto:POJ@colenco.ch)), COLENCO POWER ENGINEERING AG, *Baden: Groundwater Energy Designer (GED). Computergestütztes Auslegungstool zur Wärme- und Kältenutzung von Grundwasser* (SB 151'331)
- [8] M. Eberhard, ([service@eberhard-partner.ch](mailto:service@eberhard-partner.ch)), EBERHARD UND PARTNER AG, *Aarau: Erstellung von Richtlinien für Grundwasser- Wärme- und Kältenutzungsanlagen* (JB)
- [9] S. Bassetti, ([bassetti@geowatt.ch](mailto:bassetti@geowatt.ch)), GEOWATT AG, *Zürich: Handbuch Erdwärmekörbe (Auslegung, Anwendungsbeispiele, Dokumentation)* (SB 151'362)
- [10] U. Schärli, ([ueli.schaerli@geophysik.ch](mailto:ueli.schaerli@geophysik.ch)), DR. U. SCHÄRLI GEOLOGIE + GEOPHYSIK, *Zürich: Thermische Leitfähigkeit: Eichung von in situ Messungen (d.h. „kabellose Temperatursonde“) mit Laborbestimmungen als Grundlage für die geothermische Kartierung des Kantons ZH bzw. der umliegenden Kantone* (JB)
- [11] J. Wilhelm, ([jules.wilhelm@bluewin.ch](mailto:jules.wilhelm@bluewin.ch)), INGENIEUR-CONSEIL, *Pully: Concept de drainage des tunnels en vue d'une optimisation de l'utilisation géothermique* (JB)
- [12] G. Bianchetti, ([bianchetti@alpgeo.ch](mailto:bianchetti@alpgeo.ch)), ALP GEO SARL, *Sierre: Géothermie du cristallin profond de la vallée du Rhône (phase A)* (SB 151'698)



- [13] A. Huber, ([huber@igjz.com](mailto:huber@igjz.com)), HUBER ENERGIETECHNIK AG, Zürich: **Erdwärmesonden für Direktheizung. Phase 1: Modellbildung und Simulation** (SB 151'162)
- [14] W. Leu ([werner.leu@geoform.ch](mailto:werner.leu@geoform.ch)), GEOFORM AG, Minusio: **Update „SwEWS“ Software zur Auslegung von Erdwärmesonden-Anlagen** (JB)
- [15] F.-D. Vuataz, ([francois.vuataz@unine.ch](mailto:francois.vuataz@unine.ch)), ARBEITSGEMEINSCHAFT DHM, Genf: **Géothermie de grand profondeur (GGP) à Genève – travaux préparatoires du 1<sup>er</sup> forage d'exploitation** (JB)
- [16] E. Kissling ([kissling@tomo.ig.erdw.ethz.ch](mailto:kissling@tomo.ig.erdw.ethz.ch)), SCHWEIZERISCHE GEOPHYSIKALISCHE KOMMISSION (SGPK), Zürich: **Geothermal Resource Atlas of Switzerland, Phase 2005** (JB)
- [17] R. Minder, ([rudolf.minder@bluewin.ch](mailto:rudolf.minder@bluewin.ch)), MINDER ENERGY CONSULTING, Oberlunkhofen: **Energieumwandlungsprozesse für die Nutzung geothermischer Energie, Vorstudie und Arbeitsprogramm** (SB 151'144)
- [18] R. Minder, ([rudolf.minder@bluewin.ch](mailto:rudolf.minder@bluewin.ch)), MINDER ENERGY CONSULTING, Oberlunkhofen: **Energieumwandlungsprozesse für die Nutzung geothermischer Energie, Hauptstudie** (JB)
- [19] M. Häring, ([haring@geothermal.ch](mailto:haring@geothermal.ch)), GEOPOWER AG, Pratteln: **Wissenschaftlicher Beirat für Deep Heat Mining in Basel** (JB)
- [20] Th. Mégel, ([megel@geowatt.ch](mailto:megel@geowatt.ch)), ARBEITSGEMEINSCHAFT GIA, Zürich: **Teilnahme am Geothermal Implementing Agreement der IEA (Annex III, Hot Dry Rock, Subtask C, Fortsetzung 2005)** (SB 240078)
- [21] F.-D. Vuataz, ([francois.vuataz@unine.ch](mailto:francois.vuataz@unine.ch)), DEEP HEAT MINING ASSOCIATION, Steinmaur: **FP6 Strep EGS Pilot Plant. European Geothermal Project for the Construction of a Scientific Pilot Plant based on enhanced Geothermal System, Soultz- sous- Forêts, Alsace, France** (JB)

## Liste der P+D-Projekte

- [22] B. Sigg, ([info@doldergrand.ch](mailto:info@doldergrand.ch)), DOLDER GRAND HOTEL, Zürich: **Erfolgskontrolle und Planungsinstrumente für EWS-Feld Hotel Dolder Zürich** (JB)
- [23] M. Eberhard, ([service@eberhard-partner.ch](mailto:service@eberhard-partner.ch)), EBERHARD UND PARTNER AG, Aarau: **EWS- Sondenanlage Überbauung „Bahnhof Süd“ in Aarau** (SB 84'168)
- [24] Ch. Kapp, ([ch.kapp@nek.ch](mailto:ch.kapp@nek.ch)), NEK UMWELTECHNIK AG, Zürich: **Demonstrationsprojekt zur Energieeffizienz einer grossen Wohnüberbauung („Unteres Hompeli“, SG) im Minergie- Standard** (SB 82'847)
- [25] M. Hubbuch, ([m.hubbuch@hswzfh.ch](mailto:m.hubbuch@hswzfh.ch)), FH Wädenswil, Wädenswil: **Energiepfahlanlage Dock Midfield, Zürich Flughafen** (JB)
- [26] M. Morath, ([morath.marcel@lippuner-emt.com](mailto:morath.marcel@lippuner-emt.com)), ING. BÜRO LIPPUNER AG, Grabs: **Messungen Energiepfahlanlage Dividella AG** (SB 87'014)
- [27] Ch. Kapp, ([ch.kapp@nek.ch](mailto:ch.kapp@nek.ch)), NEK UMWELTECHNIK AG, Zürich: **Regionalgefängnis Rheintal, Altstätten (SG): Beheizung und Klimatisierung mittels Energiepfählen, gekoppelt mit Erdwärmesonden** (SB 79'508)
- [28] M. Eberhard, ([service@eberhard-partner.ch](mailto:service@eberhard-partner.ch)), EBERHARD UND PARTNER AG, Aarau: **Grundwasser- Wärmepumpe mit Rückgabe- Turbinierung** (JB)

## Referenzen

- [29] **Nutzung der Erdwärme mit Gründungspfählen und anderen erdberührten Betonbauteilen. Leitfaden zu Planung, Bau und Betrieb – Utilisation de la chaleur du sol par des ouvrages de fondation et de soutènement en béton. Guide pour la conception, la réalisation et la maintenance**, Autorenkollektiv, SIA Dokumentation D 0190, 2005
- [30] **2005 Country Update for Switzerland**, Rybach L. and Gorhan H.L., Proc. World Geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey
- [31] **A New, Small, Wireless Instrument to Determine Ground Thermal Conductivity In-Situ for Borehole Heat Exchanger Design**, Rohner E., Rybach L. and Schaeferli U, Proc. World Geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey
- [32] **Downhole Pressure Derived from Wellhead Measurements during Hydraulic Experiments**, Mégel T., Kohl T., Gérard A., Rybach L. and Hopkirk R, Proc. World Geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey
- [33] **Determining the Impact of Massive Hydraulic Stimulation on Local Microseismicity**, Kohl T., Mégel T., Baria R., Hopkirk R. and Rybach L, Proc. World Geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey
- [34] **Sustainability of Production from Borehole Heat Exchanger Fields**, Signorelli S., Kohl T. and Rybach L., Proc. World Geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey
- [35] **Environmental Aspects of Geothermal Development and Utilization, and Related Legal, Institutional and Social Implications**, Rybach L., Proc. World Geothermal Congress 2005, Pre and Post Congress Short Courses Antalya, Turkey
- [36] **Utilization on Renewable Energy on a Global Scale – Achievements and Prospects**, Rybach L., Proc. Shenzhen International Workshop on Renewable Energy Technology and Investment, Shenzhen, China, 2005
- [37] **GEOTHERMIE in der Schweiz**, Gorhan H.L. and Kohl T., Geothermische Energie- Mitteilungsblatt der Geothermischen Vereinigung/GtV, 12. Jahrgang/Heft 1/4, 2005
- [38] **Das Wärmetauscher-Pfahl-System (Energiepfahlsystem) für das Dock Midfield am Flughafen Zürich**, Pahud D, Geothermische Energie- Mitteilungsblatt der Geothermischen Vereinigung/GtV, 12. Jahrgang/Heft 1/4, 2005
- [39] **Energiepfahlanlage mit Wärme- und Kältenutzung**, Morath M, Geothermische Energie- Mitteilungsblatt der Geothermischen Vereinigung/GtV, 12. Jahrgang/Heft 1/4, 2005
- [40] **Worldwide Direct-Uses of Geothermal Energy 2005**, Lund J.W., et al., Geothermics 34, p. 691-727 (2005)