

Rapports de synthèse des chefs de programme OFEN Überblicksberichte der BFE-Programmleiter 2007

PROGRAMM GEOTHERMIE

Rudolf Minder

rudolf.minder@bluewin.ch



Bohrgerät TERRA-DRILL 4407 V im Einsatz

Das Bild zeigt den probeweisen Einsatz des ersten Prototyps eines neuen, besonders kleinen und leichten Vertikal-Bohrgeräts für Erdwärmesonden bis zu 100 m Tiefe (Bild: Terra AG).

Programmschwerpunkte und anvisierte Ziele

Im Jahr 2007 haben sich gegenüber dem Vorjahr keine wesentlichen Verschiebungen in den Schwerpunkten und Zielen ergeben.

Bei der **untiefen Geothermie**, insbesondere den Erdwärmesonden konnte im Jahr 2007 ein weiterhin starkes Marktwachstum festgestellt werden, stimuliert durch die hohen Preise fossiler Brennstoffe. Der Forschungsbedarf bei den Erdwärmesondensystemen beschränkt sich auf spezielle Untersuchungen, beispielsweise an kombinierten Systemen zur Heizung und Kühlung. Forschungs- und Entwicklungsbedarf besteht auch bei der Bohrtechnik, wo Verfahren zur kostengünstigen und raschen Erstellung von Bohrlöchern beschränkter Tiefe die Wirtschaftlichkeit der Anlagen verbessern können.

Bei den **hydrothermalen Quellen** sind die möglichen Standortgebiete gegenüber den Erdwärmesonden wesentlich eingeschränkter. Hier besteht einerseits ein Bedürfnis nach vertieften Untersuchungen in Gebieten mit bekannten oder vermuteten Aquiferen und andererseits ein grosses Interesse an der Realisierung von Pilotanlagen mit begleitenden Forschungsarbeiten. Die Nutzung relativ tiefer Aquifere mit Wassertemperaturen von 100 - 130°C stellt mittelfristig die einzige Möglichkeit dar, Elektrizität aus geothermischen Ressourcen in der Schweiz zu erzeugen.

Langfristig liegt das grösste Potential zur Stromerzeugung in der Schweiz bei der **tiefen Geothermie**, den *Enhanced Geothermal Systems* (EGS). Sowohl die Erfahrungen mit dem derzeit sistierten Pilotprojekt *Deep Heat Mining* in Basel als auch mit ausländischen Projekten dieser Art zeigen, dass bei diesem Verfahren auch längerfristig noch ein grosser Forschungsbedarf besteht, welcher sowohl anwendungsorientierte als auch Grundlagenforschung umfasst. Die heutigen Kenntnisse der bei der Erzeugung eines mehrere 1000 m tief liegenden Reservoirs ablaufenden Prozesse sind für die Realisierung von Pilotanlagen noch ungenügend. Ein für die dichtbesiedelte Schweiz besonders wichtiger Aspekt ist die Frage der durch die Reservoirstimulation induzierten Seismizität. Im Gebiet der tiefen Geothermie ist – wegen des grossen Aufwands - die internationale Zusammenarbeit besonders wichtig und sinnvoll.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse 2007

ALLGEMEINE ARBEITEN

Programme général de développement de la géothermie PROGEOTHERM [1]: Die Wärmegewinnung durch stimulierte geothermische Systeme (EGS) und ihre Umwandlung in Strom ist viel versprechend, hat aber ihre technische und wirtschaftliche Reife noch nicht erreicht. Bis heute fehlen die wissenschaftlichen Grundlagen, um die Technologie wirklich anwenden zu können. Ebenso mangelt es an wissenschaftlichem Personal, da es noch keine komplette Ausbildung in Geothermie gibt. Die bescheidenen Mittel, die für Forschung und Pilotanlagen zur Verfügung stehen begrenzen das Engagement des Privatsektors. Zudem steht das geologische Risiko hohen Investitionen im Wege.

Wegen den oben aufgeführten Gründen und entsprechend der aktuellen Lage der Energiepolitik ist ein nationales Programm für die Entwicklung der Geothermie in der Schweiz skizziert worden. Dieses Programm, PROGEOTHERM genannt, besteht aus drei Bereichen:

- Ausbildung: Errichtung eines Master of Advanced Studies (MAS) in Geothermie an der Universität Neuenburg; Unterstützung der Weiterbildungskurse an den Fachhochschulen (FH).
- Forschung & Entwicklung: Arbeiten an F+E-Vorhaben in den verschiedenen Anwendungsbeichen der Geothermie.
- Pilot- und Demonstrationsanlagen: Wegbereitung und Projektunterstützung bei grossen Geothermieranlagen; Bereitstellen von neuen Geräten und Erkundungsmethoden.

PROGEOTHERM wird die Möglichkeiten der geothermischen Energienutzung in der Schweiz erheblich verbessern. Es ist 2008 noch den finanziellen Möglichkeiten anzupassen und kann dann gestartet werden.

UNTIEFE GEOTHERMIE

Manuel pour le refroidissement de bâtiments par «géo-cooling» sur sondes géothermiques verticales: critères d'intégration, potentiel de refroidissement et règles simplifiées de dimensionnement [2]: Le projet de recherche « Rafraîchissement par geocooling : bases pour un manuel de dimensionnement » 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. Il s'agit de :

- analyser les critères d'intégration dans un bâtiment d'un système de geocooling utilisant des sondes géothermiques verticales, et étudier les synergies possibles avec d'autres systèmes de rafraîchissement ;
- évaluer le potentiel de refroidissement en relation avec le bâtiment et la distribution de froid (type de bâtiment, destination, taille, protections solaires, gains internes à évacuer, type de distribution de refroidissement);
- analyse de sensibilité en fonction des principaux paramètres d'intégration (« qualité » du bâtiment et de la distribution de rafraîchissement, importance des gains internes et des gains solaires) ;
- analyse de sensibilité en fonction des principaux paramètres de dimensionnement (paramètres géologiques, température du terrain, longueur et configuration des sondes géothermiques) ;
- établissement de règles de prédimensionnement pour des bâtiments à basse consommation énergétique.

Ce projet se déroule en étroite collaboration avec le Centre universitaire d'étude des problèmes de l'énergie (CUEPE) pour profiter des synergies et des méthodes développées dans un projet similaire mais appliqué à la technique des puits canadiens. Une séance de travail au CUEPE a eu lieu pour coordonner la première phase du travail. L'essentiel du travail sera effectué durant les années 2008 et 2009.

Étude du potentiel d'utilisation du «géo-cooling» d'une installation avec sondes géothermiques verticales appliqué à un bâtiment administratif Minergie® à Chiasso [3]: Le nouveau bâtiment de la douane commerciale de Chiasso – Brogeda est un bâtiment administratif de 2'200 m² 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, il possède de bonnes caractéristiques pour une intégration optimale d'un système de chauffage et de refroidissement par un champ de sondes géothermiques.

Le projet a pris du temps pour se mettre en marche avec une laborieuse phase de calibration du modèle en phase avec la première année de fonctionnement du bâtiment. La prochaine étape est celle de coupler le modèle de bâtiment au modèle du système de chauffage et de refroidissement pour étudier la faisabilité technique du système, établir le dimensionnement (pompe à chaleur et champ de sonde) et évaluer le potentiel de «geocooling» offert par les sondes géothermiques. Le projet se terminera avec une analyse du confort thermique dans le bâtiment pour diverses variantes et l'établissement de recommandations et de règles du pouce pour le pré-dimensionnement d'un système analogue. Le projet sera terminé à la fin de l'année 2008.

Thermal Response Tests: Assessment and Validation [4]: The objectives of the project are to develop, to test and to propagate new and innovative methods for the performance and analysis of thermal response tests (TRT). TRT are used to investigate thermophysical properties of the ground (particularly the thermal conductivity) for the purpose of dimensioning borehole heat exchangers. The project was started in May 2006. In the first period (phase I) the following tasks have been solved:

- Review of the international state-of-the-art on thermal response testing;
- Assessment of the requirements, potential and limits of applications of the mini-module (EPFL) for the evaluation of thermophysical parameters;
- Assessment of the requirements, potential and application limits of the wireless temperature logger NIMO-T (*Geowatt*) for the evaluation of the lateral variation in thermophysical parameters (analogous to hydraulic fluid-logging). Assessment of coupling TRT data with mini data logger data with finite elements (FE) modeling using generic data;
- Evaluation of methods of hydraulic and thermophysical testing [?] applied to actual cases (*Colenco*).

In the actual phase of the project the method will be applied to real test sites and it is expected that optimized procedures in terms of time, cost and results will be developed.

Erfahrungsbericht Heizen/Kühlen mit Erdwärmekörben [5]: Erdwärmekörbe (Figur 1) bilden eine Alternative zu Erdwärmesonden (EWS) mit geringer Leistung. Sie können auch mit EWS kombiniert werden, um mit vertretbarem Aufwand eine Leistungssteigerung zu erzielen. Insbesondere für Niedrigenergie-Bauten bilden sie oft die kostengünstigste Lösung. Für die Auslegung sind lokale Verhältnisse und die Art der Energienutzung wesentliche Faktoren. Anhand von konkreten Beispielen wird aufgezeigt, welche Auswirkung Überlastungen und schlechte Böden haben können. Um die Betriebsweise besser verstehen zu können, wurden eine EFH-Anlage (Erdwärmekörbe-Wärmepumpe Heizen und Kühlen), 2 sanierte Anlagen und eine MFH-Anlage mit einem *Datalogger* versehen (Korbtemperatur, Wärmepumpe ein/aus, Heizsystem). Diese Anlagen werden seit Mitte 2007 während 1.5 Jahren ausgemessen und analysiert. Die Resultate werden so aufbereitet, dass in Zukunft Schäden durch falsche Dimensionierung und andere Einflüsse vermieden werden können.

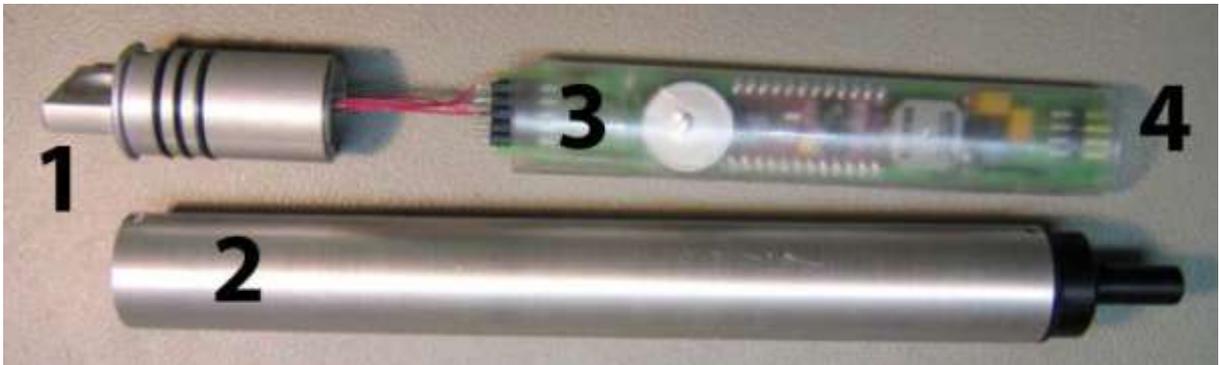


Figur 1: Erdwärmekorb vor der Verfüllung (oberer Durchmesser ca. 150 cm).

EWSDruck: Aufdatierung eines Excel-Tools zur Auslegung von Erdwärmesonden [6]: Das Projekt beinhaltet eine Überarbeitung und Weiterentwicklung der Software „EWSDruck“, die im Rahmen des früheren BFE-Forschungsprojektes „Hydraulische Auslegung von Erdwärmesondenkreisläufen“ entwickelt wurde (Huber, Projektnr. 19'227). Die Motivation des Forschungsprojektes war, dass in Erdwärmesonden-Wärmepumpen-Anlagen teilweise bis zu 20% der elektrischen Energie für die Sondenpumpe benötigt wird. Bei einer Optimierung des Sondenkreislaufs lässt sich dieser Wert in der Regel auf unter 10% reduzieren. Die Software berücksichtigt für die Druckverlustberechnung nebst dem Druckabfall in der Erdsonde auch denjenigen über dem Verdampfer der Wärmepumpe, des Sondenverteilers, der Zuleitungen sowie weiterer wählbarer Komponenten. Das Projekt wurde 2007 erfolgreich abgeschlossen.

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 [7]: Ziel der Untersuchung ist das Bereitstellen der Grundlagen wie Untergrundtemperaturen, Wärmeleitfähigkeit und Porosität der Gesteine sowie Wärmeflussberechnungen zur geothermischen Kartierung im Kanton Zürich und den angrenzenden Gebieten der Kantone AG, SZ und SG. Mit einer von den Autoren entwickelten und bereits patentierten kabellosen Temperaturmesssonde, genannt NIMO-T (Figur 2) wurden in Erdwärmesonden der Temperaturverlauf des Untergrundes bis rund 300 m Tiefe gemessen. Solche Messungen sind möglich, wenn die Sonden hinterfüllt, noch nicht an die Wärmepumpe angeschlossen sind und das Wasser in den Sondenrohren während mindestens 7 Tagen nicht bewegt wird. Insgesamt wurden

in 33 Bohrungen Temperaturmessungen gemacht, davon in 24 auch Wärmeflussbestimmungen. In 6 von 24 untersuchten Bohrungen lässt sich das aus den gemessenen Temperaturlogs und dem berechneten lokalen Wärmefluss abgeleitete Wärmeleitfähigkeits-Tiefenprofil kalibrieren. Die Abweichungen zwischen den abgeleiteten Wärmeleitfähigkeiten und denjenigen an Bohrproben gemessenen sind nicht systematisch und betragen in etwa $\pm 5\%$. Es gab keine Vorkommnisse, die einer Weiterverwendung der Ergebnisse entgegenstehen. Die erzielten Resultate sind ein wesentlicher Beitrag für die Dimensionierung von Erdwärmesondenanlagen, und für die geothermische Detailkartierung; darüber hinaus liefern sie Basisdaten für die Paläoklimaforschung der letzten Jahrhunderte.



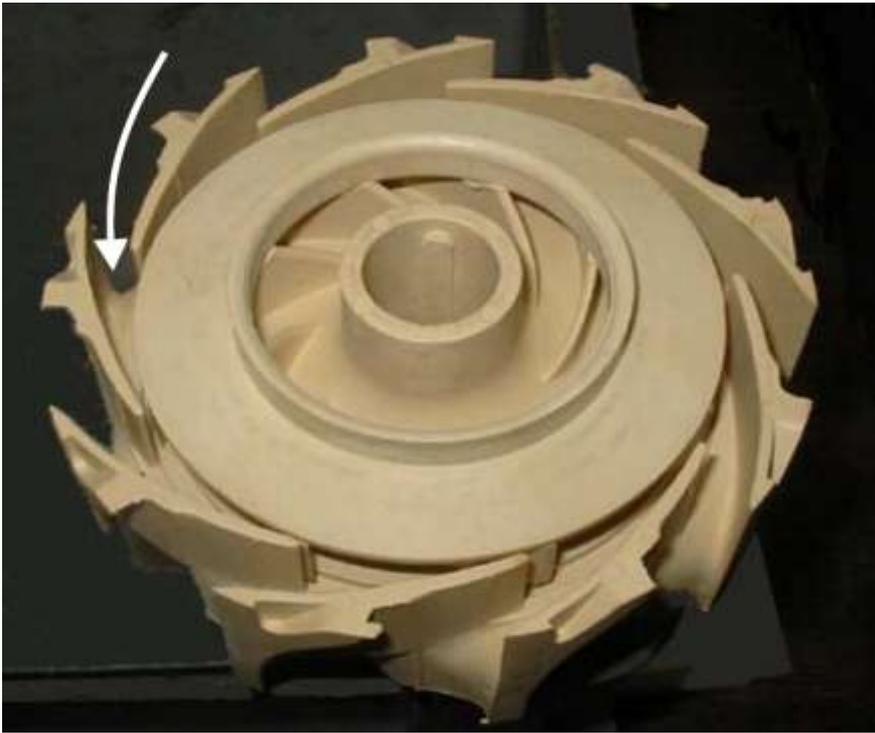
Figur 2: Prototyp der Sonde NIMO-T. 1: Sondenkopf mit Messfühler und O-Dichtungsringen; 2: abziehbares Druckgehäuse; 3: Datenlogger; 4: Stecker für Batterie und Datentransfer-Kabel.

Entwicklung eines Vertikal-Bohrgeräts [8]: Das Projekt hat zum Ziel, ein kleines und leichtes Bohrsystem zu entwickeln, welches sich für den EWS-Anlagenbau im Wohnbereich eignet. Insbesondere EWS-Anlagen für Minergie-Bauten sollen damit rasch und kostengünstig realisiert werden können. Wegen seinen kleinen Abmessungen und der geringen Lärmentwicklung lässt sich das Bohrgerät auch in dicht überbauten und schwer zugänglichen Zonen einsetzen (vgl. Titelbild des Berichts). Dies ist von besonderem Interesse im Sanierungsmarkt. Die Erfahrungen mit einer ersten Prototypanlage sind sehr positiv. Das Ziel, eine Bohrtiefe von 75 m zu erreichen wurde deutlich übertroffen, je nach Bodentyp kann mit 80 bis 100 m Maximaltiefe gerechnet werden. Bis zum Projektabschluss im Sommer 2008 soll ein zweiter Prototyp gebaut werden bei welchem die bisher gemachten Erfahrungen einfließen werden.

GRUNDWASSERNUTZUNG

Erfolgskontrolle Grundwasser-Rückgabe-Turbinierung [9]: Zur Effizienzsteigerung der Grundwasser-Wärmepumpenanlage in einem Bürogebäude wurde der Rückgabebrunnen mit einer Turbine versehen. Da das Grundwasser bei dieser Anlage aus einer Tiefe von 45 m gefördert werden muss, verbraucht man viel Strom für die Förderung. Die installierte Turbine ist eine normale Unterwasserpumpe, aus welcher man 3 Laufräder entfernte (Figur 3). Die Effizienz der Anlage konnte so in einem ersten Schritt um 6% gesteigert werden. Die Jahresarbeitszahl (JAZ) der Anlage beträgt ohne Turbineneinsatz 3.4 und mit Turbine 3.6. Im Hinblick auf den Anschluss weiterer Liegenschaften wurde die Anlage überdimensioniert und läuft somit zur Zeit noch nicht optimal. Wenn alle Liegenschaften an die Wärmepumpe angeschlossen sind, kann eine Effizienzsteigerung der Anlage von 16% und eine JAZ von 3.9 erwartet werden. Die für den Turbineneinsatz entstandenen Mehrkosten sind damit in rund 12 Jahren amortisiert.

Unter Berücksichtigung, dass für die Stromrückgewinnung keine auf die vorliegenden Gegebenheiten ausgerichtete Spezialanfertigung, sondern eine normale Unterwasserpumpe verwendet wurde, sind dies ermutigende Ergebnisse. Im Hinblick auf die vielerorts in grosser Tiefe liegenden Aquifere, welche sich aufgrund ihrer hohen Mineralisierung nicht für eine Verwendung als Trinkwasser eignen, wäre die Entwicklung einer speziell auf solche Situationen entwickelte Turbine im Sinne der Verringerung des Stromverbrauchs sinnvoll.



Figur 3: Das Schaufelrad der Rücklaufturbine.

TIEFE GEOTHERMIE

AGEPP – Alpine Geothermal Power Plant [10]: Ziel des Projektes ist die gekoppelte Strom- und Wärmeproduktion aus tiefliegenden Aquiferen in den Alpen. Als hierfür besonders geeignet werden tiefe Strukturen im Rhônetal (Kantone Waadt und Wallis) betrachtet. Die Standorte Brigerbad (VS) und Lavey (VD) zeigen bereits heute ergiebige Quellschüttungen und erhöhte Temperaturgradienten. In Lavey wurde eine Reservoirstruktur identifiziert, welche in ~3 km Tiefe liegt. Als Reservoirbedingungen können mindestens 110°C bei möglichen Förderraten zwischen 50-75 l/s angenommen werden (Figur 4). Variantenstudien zeigen mögliche Nettoleistungen von 1.1 MW_e (Singlet) und 1.3 MW_e (Dublettensysteme) auf. Stromgestehungskosten von 8 Rp/kWh_e (Singletsystem, minimale Flieβrate) bis 27 Rp/kWh_e (Dublettensystem, maximale Flieβrate) werden gerechnet. In den Parameterstudien zeigt sich, dass die zur Verfügung stehende Wärmemenge beträchtlich ist und 4 – 15 MW_{th} erreichen kann. Bei einem Wärmeverkaufspreis von 8 Rp/kWh_{th} und einem Transportpreis von max. 3 Rp/kWh_{th} wurden verschiedene Szenarien gerechnet. Je nach Nutzung können Transportdistanzen bis zu 5 km ökonomisch sinnvoll geplant werden.

Geo-Dampf Perlen: Expertisen zur Anwendbarkeit des GEOHIL-Verfahrens in grosser Tiefe [11]: Das Konzept des Projekts besteht darin, das aus dem oberflächen-nahen Bereich bekannte GEOHIL-Verfahren auch für die Erschliessung tiefliegender geothermischer Ressourcen anzuwenden. Mittels einer Tiefenbohrung von rund 7'500 m soll der Prozessdampf für die Papierfabrik *Perlen* erzeugt werden. Im Rahmen der gegenwärtig laufenden Konzeptstudie sollen einerseits die geologische Situation untersucht und andererseits Fragen zur Bohrtechnik abgeklärt werden.

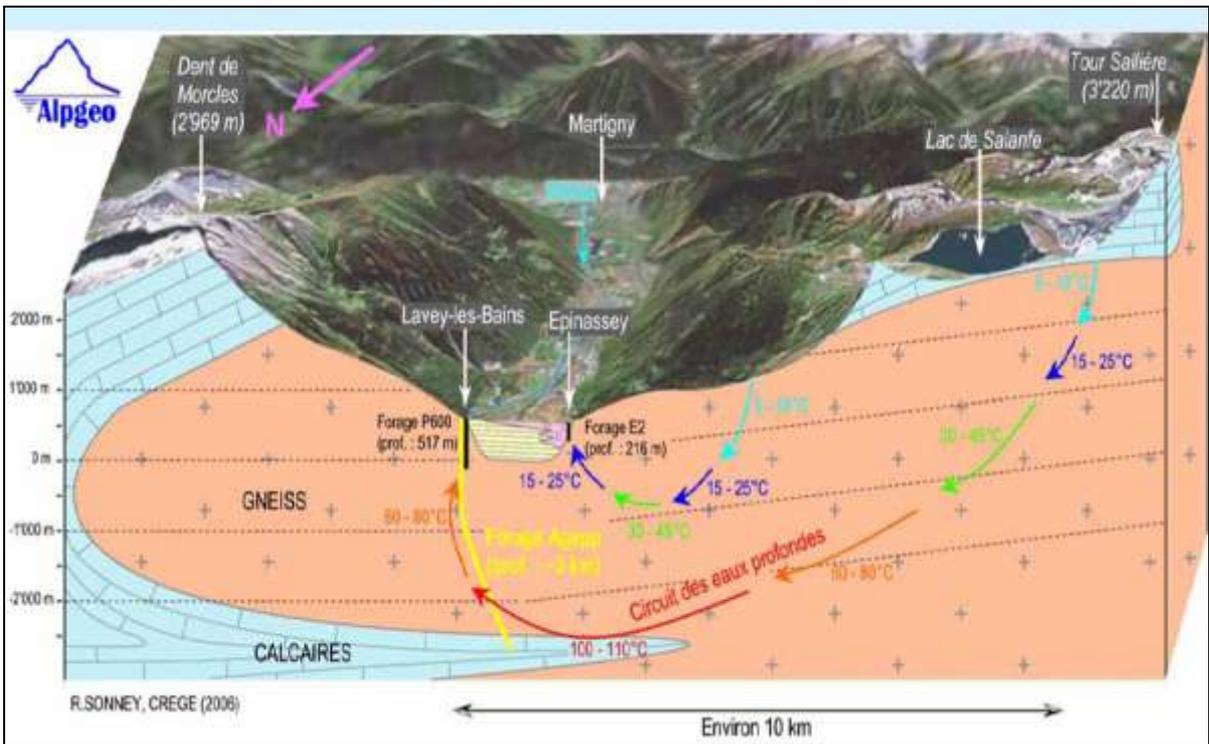


Figure 4 : Schéma hydrogéologique des circulations d'eau profonde dans la région de Lavey et St-Maurice.

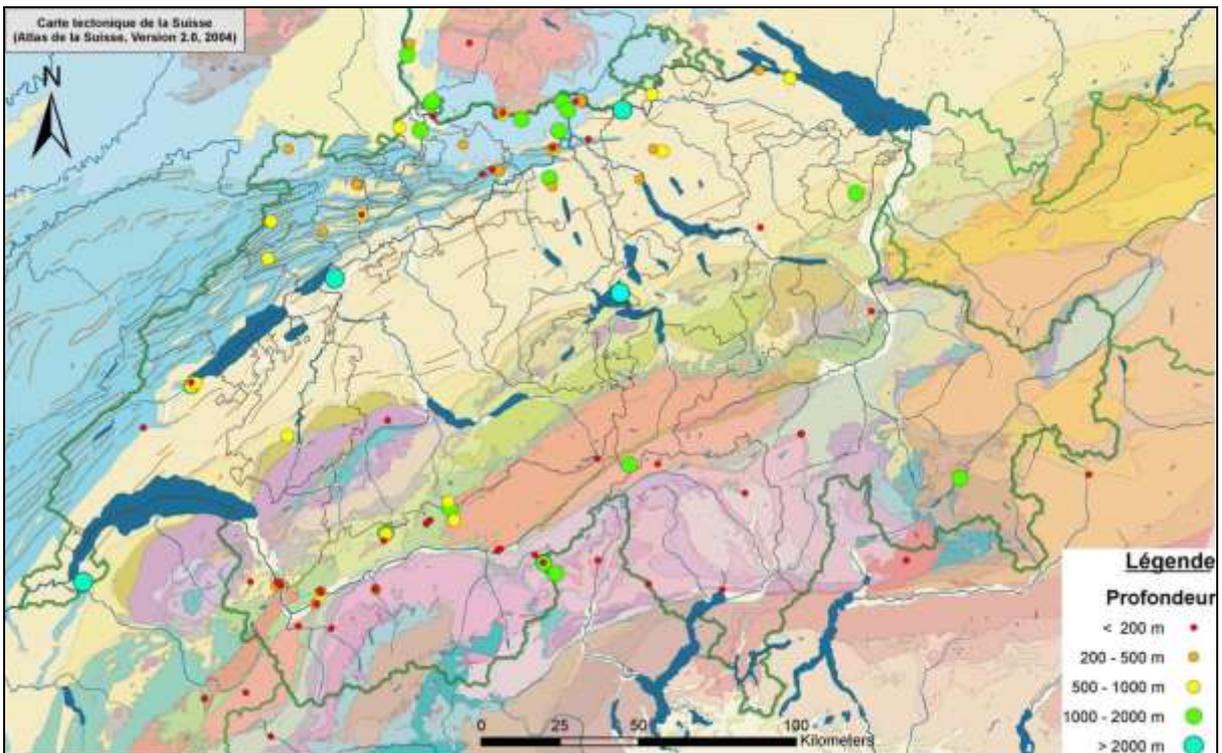


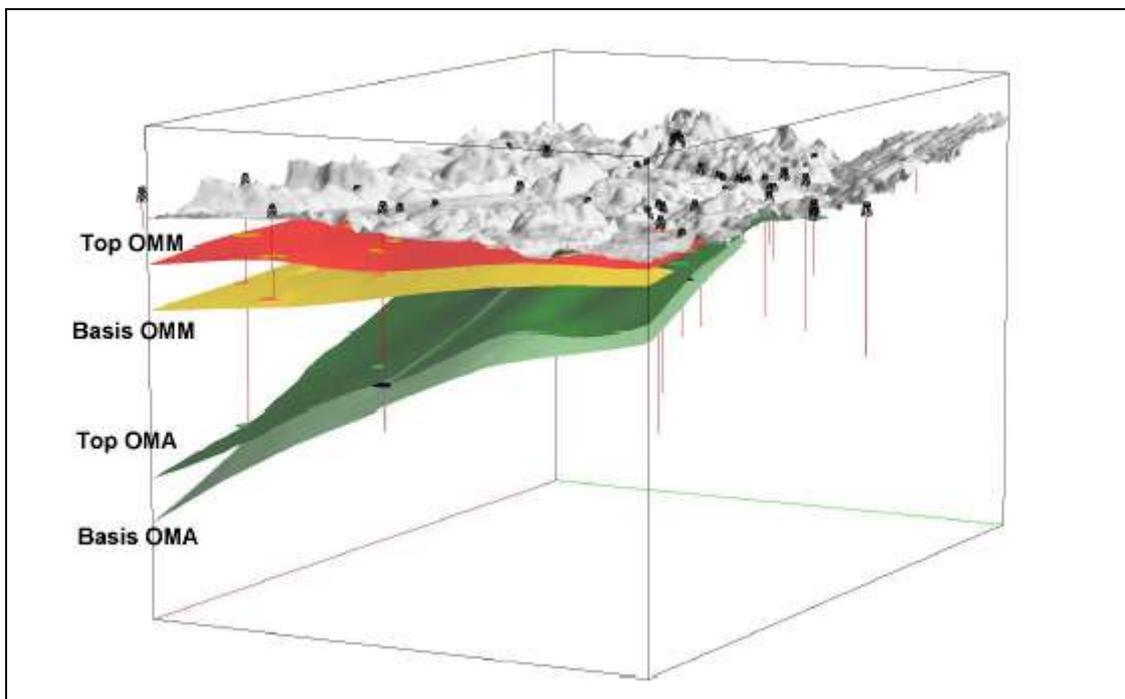
Figure 5 : Carte des sites hydrothermaux répertoriés dans la base de données BDFGeotherm.

Base de données des fluides géothermiques de la Suisse [12] : La base de données des fluides géothermiques de la Suisse (BDFGeotherm) a été réalisée entre octobre 2006 et février 2007. Lors de la deuxième phase du projet (mars – novembre 2007), cette base a été complétée, puis testée par quelques utilisateurs potentiels. Mise au point sous ACCESS de Microsoft, la création de la base de données BDFGeotherm a pour but de mettre à disposition l'ensemble des connaissances sur les eaux souterraines d'origine profonde possédant un potentiel géothermique. Les chefs de projets, les chercheurs, les ingénieurs et toutes les personnes voulant connaître les propriétés des fluides géothermi-

ques d'un site ou d'une région donnée peuvent être intéressés à rechercher ce type d'informations, généralement dispersées, peu accessibles et souvent non publiées.

Au total, 203 sources, forages, galeries, tunnels et piézomètres répartis dans 82 sites hydrothermaux ont été répertoriés dans BDFGeotherm (Figure 5). Les sites localisés en Suisse se concentrent surtout dans la partie nord de l'arc jurassien et dans la vallée supérieure du Rhône (Valais). Certains sites se trouvent dans des régions limitrophes de la Suisse et ont été sélectionnés en raison de leur potentiel géothermique élevé ou de leur similarité géologique avec d'autres secteurs sur territoire suisse. Enfin, il est possible de réaliser des requêtes et d'enregistrer les résultats obtenus en utilisant les différents champs des tables de la base de données.

Geothermische Ressourcen, Erarbeitung und Bewertung des geothermischen Potentials der Schweiz, Phase 2007 [13]: Das Projekt "Geothermischer Ressourcenatlas der Schweiz" beschreibt das Vorgehen für eine integrierte Bewertung der geothermischen Bodenschätze der Schweiz. Die Leistungsfähigkeit heutiger Rechner erlaubt es, 3D Modellierungen durchzuführen und damit regionale Einflussfaktoren, wie geologische und hydrogeologische Strukturen, kombiniert zu interpretieren (vgl. Figur 6). Resultate liegen nun für eines der am dichtesten bevölkerten Gebiete der Schweiz vor: Die Nordschweiz vom Bodensee bis Solothurn. Die gewählte Vorgehensweise berücksichtigt ein bestimmtes Nutzungsszenario und basiert auf verschiedenen Temperaturdaten und hydrogeologischen Messwerten, die über Jahre systematisch gesammelt wurden. Im Unterschied zu früheren Ressourcenanalysen werden hier geologische, hydrogeologische und petrophysikalische Daten in eine numerische 3D Untersuchung integriert. Die Analyse beinhaltet umfassende geologische und thermische Modelle. Damit konnten Temperaturdaten aus über 20 Bohrungen in der Nordschweiz sehr gut wiedergegeben werden. Es wurden folgende, geothermisch interessante Aquifere betrachtet: Obere Meeresmolasse, Oberer Malm, Oberer Muschelkalk und verwitterte, obere Kristallinzone. Die Ergebnisse werden als thermische Leistung und Energie darstellt. Als eine geothermisch vielversprechende Zone wurde dabei der oberste Teil des Kristallin identifiziert, mit maximalen Entzugsleistungen für Dublettensysteme von $>100 \text{ MW}_{\text{th}}$.



Figur 6: Darstellung der interpolierten geologischen Flächen für Top und Basis der Oberen Meeresmolasse (OMM) und des Oberen Malm (OMA). Das Modell umfasst ein 40km x 60km grosses Gebiet.

Nationale Zusammenarbeit

Im Berichtsjahr wurde mit den folgenden Schweizer Institutionen eng zusammengearbeitet:

- **Universitäten und Fachhochschulen:** ETHZ (Institute für Geophysik bzw. Erdwissenschaften), Hochschule Wädenswil, Université de Neuchâtel, Centre de recherche en géothermie, CREGE, www.crege.ch, EPFL (Département de génie civil, Institut des sols, roches et fondations), Université de Genève (Centre universitaire d'étude des problèmes de l'énergie), Scuola universitaria della Svizzera italiana SUPSI (Istituto di Sostenibilità Applicata all'Ambiente Costruito), Haute école spécialisée de Suisse occidentale, Sion, und Hochschule für Technik und Informatik Burgdorf.
- **Stromindustrie und Wärmeversorgung:** BKW Energie AG, Bern, Aare-Tessin AG für Elektrizität (ATEL), Elektra Baselland, Industrielle Werke Basel, Geopower Basel AG, Services Industriels de Genève, Services industriels de Lausanne, Canton de Vaud: service de l'environnement et de l'énergie, Verband Fernwärme Schweiz (VFS).
- **Bundesämter, Agenturen und Fachverbände:** Agentur für erneuerbare Energien und Energieeffizienz (AEE, APES), Aktion für vernünftige Energiepolitik Schweiz (AVES), BAFU, SBF, Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS), energie-cluster, u.a.
- **Energiefachstellen der Kantone**

Internationale Zusammenarbeit

Geothermal Implementing Agreement (GIA) der IEA [14]: Mit der Präsenz im *Geothermal Implementing Agreement* (GIA) der IEA kann die Schweiz regelmässigen Kontakt mit führenden Geothermie-Ländern pflegen, was den Weg zu ansonsten unzugänglichen Informationen öffnet. Zugleich lassen sich Schweizer F&E-Resultate international positionieren und durch die Kanäle der IEA verbreiten. Die Arbeiten für das IEA GIA wurden 2007 durch Prof. L. Rybach ausgeführt. Er ist *Vice Chairman* des *Executive Committee*; somit ist die Mitwirkung der Schweiz an allen Entscheidungen garantiert. Ergänzendes Mitglied des GIA ExCo ist Dr. Rudolf Minder. Die Arbeiten laufen programmgemäss, die Resultate sind auf der IEA GIA Homepage abrufbar. Der Bericht über die vergangene 4-Jahresperiode ist in [18] aufgeführt.

EGS Pilot Plant. European Geothermal Project for the Construction of a Scientific Pilot Plant based on enhanced Geothermal System, Soultz-sous-Forêts, France [15]: The current phase of the European geothermal project at Soultz-sous-Forêts, entitled "EGS Pilot Plant", started in April 2004 for a period of three years. It is managed by an industrial consortium (EEIG Heat Mining) and nine scientific partners from France, Germany, Norway and Switzerland are taking part. The Deep Heat Mining Association (DHMA, Partner 6) is team leader of the Swiss EGS R&D Group and coordinator of the Work Package 5 (Methodology for stimulation of EGS).

Delays in the realization schedule of the different tasks obliged the EEIG to organize an extension of the current project phase. Instead of finishing in March 2007, the current phase has been officially prolonged until September 2008. Most of the project effort at Soultz in 2007 was spent for preparing the future energy extraction loop and planning the production tests. A new vertical seismic profiling operation for visualizing the major underground structures has been carried out. In collaboration with a BRGM team, a multiscale analysis of natural fracturing in the reservoir rocks was realized. Another task consisted in the calculations of productivity and injectivity indexes from production tests realised in wells GPK3 and GPK4 after the operations of several chemical stimulations. The main work of the CHYN-CREGE team was the modification of the geometric model of FRACHEM, in order to observe the effect of different fracture sizes on the evolution of the fluid chemistry.

Mit verschiedenen weiteren **internationalen Institutionen** fanden im Berichtsjahr Kontakte statt, u.a. mit **Geothermal Association of Ireland**, Dublin (Vortrag von R. Minder am 3.10. 2007), **GT-Skills**, Dublin, **ENGINE** („Enhanced Geothermal Innovative Network for Europe“), **I-GET** („Integrated Geophysical Exploration Technologies“), **EGEC** („European Geothermal Energy Council), **IGA** („International Geothermal Association“), **BRGM** („Bureau de Recherches Géologiques et Minières), **GTV** (Geothermische Vereinigung e.V. - Bundesverband Geothermie, Deutschland).

Pilot- und Demonstrationsprojekte

Erfolgskontrolle und Planungsinstrumente für EWS-Feld Hotel Dolder Zürich [16]: Das 5-Sterne *Dolder Grand Hotel* in Zürich, hat nach einem umfassenden Umbau 2007 den Betrieb wieder aufgenommen. Der Um- und Erweiterungsbau wurde mit einer komplett neuen Haustechnik ausgerüstet mit dem Ziel, den Energieverbrauch zu halbieren, obwohl die Energiebezugsfläche auf 40'000 m² mehr als verdoppelt wird. Bisher benötigte der gesamte Betrieb jährlich 300'000 Liter Heizöl und über 3 GWh Elektrizität. Mit einer stark gedämmten Gebäudehülle sollen die Heizkosten um 75 Prozent und der Stromverbrauch um 25 Prozent sinken. Im Mittelpunkt des Energiekonzepts beim Neubau des *Dolder Grand Hotels* in Zürich stehen 70 Erdwärmesonden von je 152 m Länge, mit welchen Wärme und Kälte aus dem Untergrund gewonnen wird. Die Bohr- und Installationsarbeiten für die Erdwärmesonden wurden im Frühjahr 2005 abgeschlossen. Das geothermische Verhalten wurde mittels einem *Thermal Response Test* untersucht, um damit die Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes zu bestimmen. Die Anlage ist mit einer umfangreichen Messeinrichtung ausgerüstet, welche es erlauben wird, das Systemverhalten detailliert zu untersuchen.

Mesures et optimisation de l'installation avec pieux énergétiques du Dock Midfield de l'aéroport de Zurich [17]: Avec une longueur de 500 m sur une largeur de 30 m, le *Dock Midfield* a été construit sur 440 pieux de fondation dont plus de 300 sont utilisés en pieux énergétiques. Le bilan énergétique du système, et en particulier les demandes d'énergie annuelles de chauffage et de refroidissement sont proches des valeurs établies durant la phase de planification. D'autre part, les performances thermiques du système sont très bonnes. Ceci confirme la nécessité d'une planification détaillée et soignée. Les mesures d'octobre 2005 à septembre 2006 ont montré que la pompe à chaleur (PAC), contribue pour plus de 70% au chauffage du bâtiment (3'020 MWh/an), le reste étant couvert par du chauffage à distance. La demande de refroidissement est couverte par geocooling (53%), en satisfaisant des besoins de chauffage simultanés (32%) et avec la PAC utilisée comme machine frigorifique (15%). La production de geocooling représente 40% de l'énergie extraite en hiver par la PAC. Elle assure ainsi une recharge thermique suffisante du terrain, indispensable pour garantir un fonctionnement à long terme du système. Rapportées par mètre linéaire de pieu, la puissance moyenne et l'énergie annuelle extraite ont été établies à respectivement 45 W/m et 183 kWh/(m an). Pour le geocooling, ces valeurs sont de 16 W/m et 74 kWh/(m an). Le coefficient de performance annuel de la PAC est mesuré à 3.9. L'efficacité annuelle de geocooling est exceptionnellement élevée avec une valeur de 60. L'efficacité globale annuelle du système est de 5.1. Le bilan de la 2^{ème} année de mesure est montré dans la figure 7. Le coût de l'énergie thermique délivrée (en chaud et en froid) est calculé à 6 ct/kWh, que l'on peut comparer à celui de 8 ct/kWh pour une solution conventionnelle. L'investissement supplémentaire du système avec pieux est remboursé en plus ou moins 8 ans. Le projet a été terminé en 2007

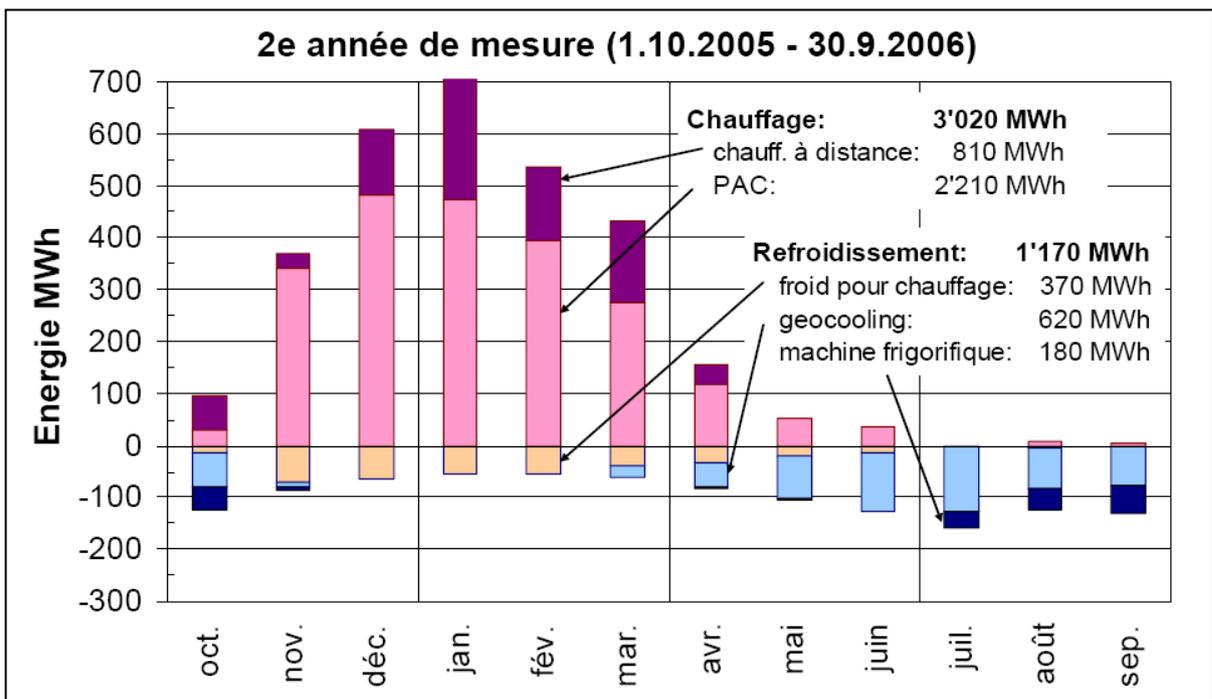


Figure 7 : Bilan des énergies mensuelles dans la 2^{ème} année de mesure.

Bewertung 2007 und Ausblick 2008

Das Jahr 2007 kann durch eine **Kontinuität in der geothermischen Forschung** charakterisiert werden. Bei der **untiefen Geothermie** wurden weiterhin Arbeiten gefördert, welche mithelfen sollen, die Qualität der Anlagen in einem boomenden Marktumfeld zu gewährleisten, sowie Projekte, welche sich mit speziellen Anwendungen befassen. Die steigende Nachfrage nach Erdwärmesonden-Anlagen im Bereich Niedrigenergie-Gebäude führt zu neuen Fragestellungen z.B. bezüglich des Einsatzes von Erdwärmekörben oder leichten Bohrgeräten, mit welchen auch bei engen Platzverhältnissen Erdwärmesonden mit begrenzter Länge realisiert werden können.

Bei den **hydrothermalen Ressourcen** konnten neben grundlegenden Untersuchungen vielversprechende Planungsarbeiten in Zusammenhang mit dem Standort Lavey-les-Bains durchgeführt werden. Dieses in der Region breit abgestützte Projekt für geothermische Strom- und Wärmeproduktion bietet ein günstiges Umfeld für die mittelfristige Realisierung einer ersten Pilotanlage dieser Art.

Bei der **tiefen Geothermie** bilden weiterhin die „*Enhanced Geothermal Systems*“ (EGS) einen Forschungsschwerpunkt. Das europäische Forschungsprojekt in Soultz-sous-Fôrets stand dabei im Zentrum dieser Aktivitäten. Die bei der Stimulation der ersten Tiefbohrung in Basel aufgetretenen seismischen Ereignisse werden von der Projektgesellschaft wissenschaftlich ausgewertet und erste Erkenntnisse wurden z.B. an der Europäischen Geothermie-Konferenz EGC 2007 [19], sowie auch in Form eines Übersichtsberichts [20] publiziert. Das Thema der induzierten Seismizität ist heute auch auf internationalem Niveau sehr aktuell [21], [22] und wird die Forschung noch während längerer Zeit intensiv beschäftigen. Obwohl die Ereignisse in Basel die Hoffnungen auf eine rasche Umsetzung der EGS-Technik gedämpft haben, wird sie nach wie vor als interessante, wenn auch langfristige Option der CO₂-freien Stromerzeugung angesehen.

Im Berichtsjahr 2007 stand die Geothermie auch im **politischen Fokus**. Im Eidgenössischen Parlament wurde mit breiter Unterstützung eine Motion überwiesen, welche eine verstärkte Förderung der Forschung im Gebiet der tiefen Geothermie verlangt. Im Hinblick auf die dadurch zu erwartende Ausweitung der Forschung wurden Konzepte zum sinnvollen Einsatz zusätzlicher Fördermittel erarbeitet. Dies betrifft einerseits das Projekt PROGEOTHERM [1], andererseits hat die Geothermie-Dachorganisation GEOTHERMIE.CH ein Strategiepapier erarbeitet mit dem Titel „*Forschungs- und Entwicklungsprogramm zur geothermischen Stromerzeugung in der Schweiz (FEGES)*“. Leider wurden die vom BFE für das Geothermie-Programm beantragten zusätzlichen Mittel für das Jahr 2008 vom Parlament nicht bewilligt, sodass die erarbeiteten Pläne vorerst nicht wie vorgesehen umgesetzt werden können. Das Forschungsprogramm Geothermie wird jedoch für das Jahr 2008 trotzdem, soweit wie es die Mittel zulassen, verstärkt.

Liste der F+E-Projekte

(JB) Jahresbericht 2007 vorhanden

(SB) Schlussbericht vorhanden (siehe www.energieforschung.ch unter den angegebenen Projektnummern in Klammern).

Unter den angegebenen Internet-Adressen sind die Berichte sowie weitere Informationen verfügbar.

- [1] F.-D. Vuataz, (francois.vuataz@unine.ch), CREGE, Neuchâtel: **Programme général de développement de la géothermie PROGEOTHERM** (SB, 102'203)
- [2] D. Pahud, (daniel.pahud@dct.supsi.ch), LEEE – 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, 101'295)
- [3] D. Pahud, (daniel.pahud@dct.supsi.ch), LEEE – 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, 101'291)
- [4] J. Poppei, (POJ@colenco.ch) ARGE TRT c/o Colenco Power Engineering AG, 5405 Baden-Dättwil: **Innovative Improvements of Thermal Response Tests: Assessment and Validation of hydraulic testing methods** (JB, 101'680)
- [5] E. Rohner, (rohner@geowatt.ch), GEOWATT AG, Zürich: **Erfahrungsbericht Heizen/Kühlen mit Erdwärmekörpern** (JB, 102'141)
- [6] A. Huber, (huber@hetag.ch) HUBER ENERGIETECHNIK AG, Zürich: **EWSDruck: Aufdatierung eines Excel-Tools zur Auslegung von Erdwärmesonden** [6] (SB, 102'111)
- [7] U. Schärli, (ueli.schaerli@geophysik.ch), DR. U. SCHÄRLI GEOLOGIE + GEOPHYSIK, Zürich: **Thermische Leitfähigkeit: Eichung von in-situ Messungen mit Laborbestimmungen als Grundlage für die geothermische Kartierung des Kantons ZH bzw. der umliegenden Kantone** (SB, 101'289)
- [8] D. Jenne, (terra.dj@bluewin.ch), TERRA AG, Brittnau: **Entwicklung eines Vertikal-Bohrgeräts** (JB, 102'304)
- [9] M. Eberhard, (service@eberhard-partner.ch), EBERHARD UND PARTNER AG, Aarau: **Erfolgskontrolle GW-Rückgabe-Turbinierung** (SB, 101'012)
- [10] G. Bianchetti, (bianchetti@alpgeo.ch), ALP GEO SARL, Sierre: **Projet de géothermie profonde à Lavey-les-bains, étude de faisabilité** (JB, 102'130)
- [11] H. Hildebrand, (geohil@bluewin.ch), GEOHIL ENGINEERING AG, Walchwil: **Geo-Dampf Perlen: Expertisen zur Anwendbarkeit des GEOHIL-Verfahrens in grosser Tiefe** (JB, 102'220)
- [12] F.-D. Vuataz, (francois.vuataz@unine.ch), CREGE, Neuchâtel: **Base de données des fluides géothermiques de la Suisse (BDFGeotherm)** (JB, 101'824)
- [13] S. Signorelli, (signorelli@geowatt.ch), SCHWEIZERISCHE GEOPHYSIKALISCHE KOMMISSION (SGPK), Zürich: **Geothermische Ressourcen: Erarbeitung und Bewertung des geothermischen Potentials der Schweiz, Phase 2007** (SB, 100'022)
- [14] Th. Mégel, (megel@geowatt.ch), GEOWATT AG, Zürich: **Teilnahme am Geothermal Implementing Agreement der IEA, Fortsetzung 2007** (JB, 41'661)
- [15] F.-D. Vuataz, (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, France** (JB, 100'528)

Liste der P+D-Projekte

- [16] B. Sigg, (info@doldergrand.ch), DOLDER GRAND HOTEL, Zürich: **Erfolgskontrolle und Planungsinstrumente für EWS- Feld Hotel Dolder Zürich** (JB, 100'878)
- [17] M. Hubbuch, (m.hubbuch@hswzfh.ch), ZAHW, Wädenswil, D. Pahud, SUPSI, Trevano-Canobbio: **Energiepflanzanlage Dock Midfield, Zürich Flughafen** (SB, 37'373)

Referenzen

- [18] **International Energy Agency, Implementing Agreement for a Co-operative Programme on Geothermal Energy Research and Technology End-of-Term Report 2002-2007 and Plans for 2007-2012** (download: <http://www.iea-gia.org/documents/GIAEoTReport2002-2007FinalVer30October0623May07.pdf>)
- [19] Markus O. Häring (haring@geothermal.ch), Geothermal Explorers Ltd: **DEEP HEAT MINING Basel, Preliminary Results**, European Geothermal Congress EGC 2007, Unterhaching, Germany (http://www.geothermal.ch/downloads/dhm_egc300507.pdf)
- [20] Markus O. Häring (haring@geothermal.ch), Geothermal Explorers Ltd **Geothermische Stromproduktion aus Enhanced Geothermal Systems (EGS): Stand der Technik** (Bericht im Auftrag des EWZ, download: <http://www.geothermal.ch/downloads/egs061207.pdf>)
- [21] E. Majer, R. Baria, M. Stark, B. Smith, S. Oates, J. Bommer, and H. Asanuma: **Induced Seismicity Associated with Enhanced Geothermal Systems** (download: http://www.iea-gia.org/documents/ISWPF1MajerWebsecure20Sep06_000.doc)
- [22] S. P. Hunt, C. Morelli, **Cooper Basin HDR hazard evaluation: Predictive modeling of local stress changes due to HFR geothermal energy operations in South Australia**, The University of Adelaide, October 2006