

Rapport de synthèse 2008 du chef de programme OFEN Synthesebericht 2008 des BFE-Programmleiters

Forschungsprogramm Geothermie

Rudolf Minder

rudolf.minder@bluewin.ch



Die Kraftwerkseinheit der geothermischen Pilotanlage Soutz-sous-Fôrets (F)

Das Bild zeigt die 2008 in Betrieb genommene ORC-Kraftwerkseinheit. Links befindet sich der Generator, in der Mitte die ORC-Turbine und rechts einer der Wärmetauscher.

Programmschwerpunkte

Auch im Jahr 2008 wurden die in den Vorjahren definierten Schwerpunkte und Ziele im Wesentlichen beibehalten.

Im Bereich der **untiefen Geothermie**, speziell bei den Erdwärmesonden-Systemen, wurde im Berichtsjahr ein nach wie vor starkes Marktwachstum festgestellt. Besonders auch im Sanierungsbereich der Einfamilienhäuser wurden viele Ölheizungen durch EWS-Anlagen ersetzt. Bei diesen am Markt etablierten Anlagen sind zwar durchaus noch Verbesserungen möglich, jedoch ist Forschungsbedarf vor allem bei komplexen Systemen gegeben. Diese umfassen beispielsweise Anlagen, welche sowohl eine Funktion als Wärmequelle als auch eine Speicherfunktion aufweisen. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Frage der Nachhaltigkeit, welche einerseits die technische Lebensdauer der Systeme und andererseits die Ressource umfasst.

Für die Nutzung **tief liegender geothermischer Ressourcen** werden die Forschungsziele vor allem durch die Notwendigkeit bestimmt, die Prospektion zu verbessern und damit das Fündigkeitsrisiko zu reduzieren, was sich direkt auf die Wirtschaftlichkeit der Projekte auswirkt. Dies umfasst einerseits die Entwicklung verbesserter Prospektionsmethoden und andererseits die Realisierung

und wissenschaftliche Auswertung von Bohrlöchern. Bei solchen, sowohl zeitlich als auch finanziell aufwendigen Forschungsvorhaben ist die internationale Zusammenarbeit besonders wichtig und sinnvoll.

Die Prospektion wird in der Schweiz erschwert durch die geologische Kleinräumigkeit und die beschränkte Verfügbarkeit von Informationen aus tiefen Bohrungen. Es ist deshalb wichtig, dass an den Standorten, bei welchen gute Aussichten für nutzbare Ressourcen bestehen Pilotanlagen realisiert werden. Zurzeit befinden sich mehrere Projekte zur Gewinnung von Strom und/oder Wärme aus tiefen Aquiferen in Entwicklung, sodass mit ersten Anlagen im Verlauf weniger Jahre gerechnet werden kann.

Neben der mittelfristig umsetzbaren Nutzung tiefer Aquifere besteht auch weiterhin grosses Interesse an der Technik der **Enhanced Geothermal Systems (EGS)**. Einerseits müssen die Erfahrungen mit dem derzeit sistierten Projekt in Basel noch weiter ausgewertet werden. Andererseits ist das internationale Projekt in Soultz-sous-Fôrets mit der Aufnahme der Stromerzeugung in einer interessanten Phase, sodass der Teilnahme an diesem Projekt eine hohe Priorität zukommt.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse 2008

Allgemeine Arbeiten

Base de données des fluides géothermiques sur GoogleEarth [1]: La base de données BDFGeotherm, réalisée en 2007, a été modifiée dans le but d'améliorer sa diffusion et de faciliter son emploi. Le logiciel GoogleEarth et le site Internet du Crège ont été utilisés pour convertir cette base regroupant des données sur les fluides thermaux souvent dispersées et difficiles d'accès. En téléchargeant le fichier «BDFGeotherm.kmz» depuis le site Internet du Crège et en ouvrant ce fichier dans GoogleEarth, 84 sites contenant des informations sur les fluides thermaux apparaissent sur un fond de carte géographique. Chaque site est représenté par une épingle dont la couleur représente un intervalle de température mesurée. Le secteur nord du massif du Jura et la vallée supérieure du Rhône sont les deux zones où se concentrent la majorité des sites. Des données sur l'utilisation de l'eau, la géologie, le débit, la température et la minéralisation de l'eau apparaissent dans une nouvelle fenêtre en cliquant sur l'épingle des sites. Pour chacun d'entre eux, un lien vers le site Internet du Crège permet d'obtenir des informations supplémentaires:

description géographique, géologie du réservoir, propriétés hydrauliques, hydrochimie, isotopes et paramètres géothermiques. Pour un nombre limité de sites, des photos et des logs géologiques peuvent être visualisés et exportés. Les résultats sont communiqués au centre d'informations de l'organisation Swisstopo.

Geothermische Ressourcen, Erarbeitung und Bewertung des geothermischen Potentials der Schweiz, Phase 2008 [2]: Das Projekt «Geothermischer Ressourcenatlas der Schweiz» umfasst 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. Die Resultate für das gesamte Mittelland von Genf bis zum Bodensee liegen nun vor. Die Methodik basiert auf 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 be-

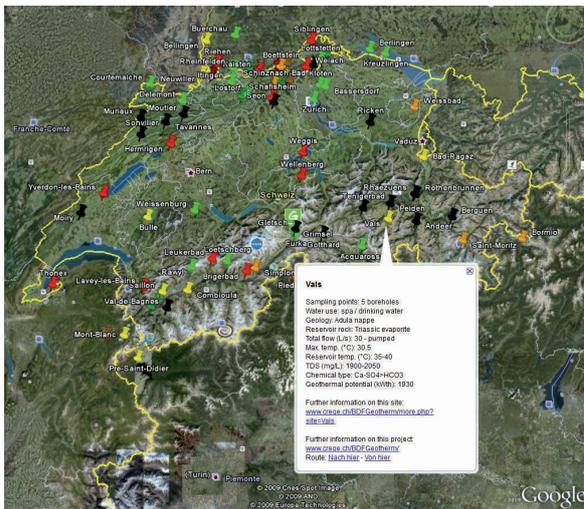


Figure 2: Carte de la Suisse avec les sources géothermiques. La source de Vals a été indiquée comme exemple.

Légende: Google Earth couleur des épingle. Entre parenthèses : Temperature du fluide (°C).

Noir (<20); Vert (20–30); Jaune (30–40);

Orange (40–50); Rouge (>50)

inhaltet umfassende geologische und thermische Modelle. 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. Die Resultate zeigen, dass Flächen von mehreren tausend km² mit viel versprechenden Aquiferen vorhanden sind.

Untiefe Geothermie

Le projet de recherche Rafrachissement par geocooling : bases pour un manuel de dimensionnement [3] 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
- évaluer le potentiel de refroidissement en relation avec le bâtiment
- analyse de sensibilité en fonction des paramètres d'intégration et du dimensionnement
- établissement de règles de pré-dimensionnement pour des bâtiments à basse consommation énergétique.

Etude du potentiel d'utilisation du «géo-cooling» d'une installation avec sondes géothermiques

verticales appliqué à un bâtiment administratif Minergie à Chiasso [4]: Le nouveau bâtiment de la douane de Brogeda-Chiasso a été construit pour satisfaire le standard Minergie. Les faibles besoins de chauffage et de refroidissement rendent possible des conditions idéales pour l'intégration d'un système géothermique basé sur le geocooling: un champ de sondes géothermiques est couplé à une pompe à chaleur en hiver et à la distribution de refroidissement par le biais d'un échangeur de chaleur en été. Le bâtiment a donc été utilisé comme objet de référence pour une étude de cas centrée sur le geocooling.

La simulation du système a montré qu'il est possible de le refroidir avec une température de départ de 22 °C.

Les clefs de dimensionnement suivantes ont été obtenues :

- puissance spécifique extraite : 28 W/m, énergie spécifique extraite : 43 kWh/(m·a) ;
- puissance spécifique injectée : 23 W/m, énergie spécifique injectée : 26 kWh/(m·a).

Le coût de l'énergie thermique de chauffage et de refroidissement est estimé à 10 centimes par kilowattheure, ce qui correspond à une charge de 5 CHF par mètre carré de surface de référence énergétique et par année. L'intégration et l'optimisation d'un système géothermique basé sur le geocooling apparaît donc comme une option valable et concurrentielle pour un bâtiment administratif doté de dalles actives.

Ziel des Projektes *Erfahrungsbericht Erfolgskontrolle Heizen und Kühlen mit Erdwärmekörpern* [5] ist das bessere Verständnis der Betriebsweise von kleinen und grossen Erdwärmekörperanlagen. Dazu wurden im Oktober 2008 zwei Anlagen mit Minidatenloggern ausgerüstet. Es sind dies eine Anlage zum Heizen und Kühlen in einem Einfamilienhaus sowie die eines 6-stöckigen Mehrfamilienhauses. Um für die Untersuchungsobjekte eine komplette Heiz- und Kühlperiode aufzeichnen zu können, läuft das Projekt bis Oktober 2009. Zu-

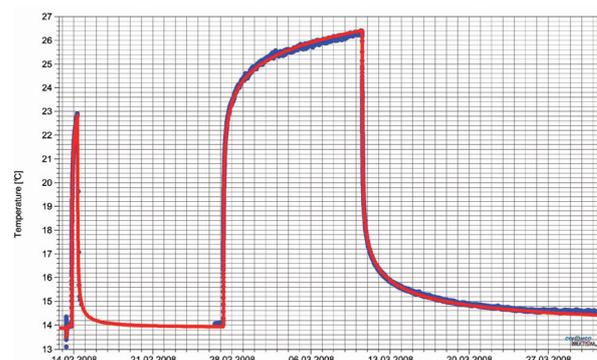


Figure 3: Comparison of measured (blue) and simulated (red) temperature.

sätzlich wurden bei den sanierten Anlagen die empfohlenen Massnahmen überprüft. Der Zwischenbericht 2008 stellte die Messmethoden, die Untersuchungsobjekte und erste Messdaten vor. Nach Ende der Heiz- und Kühlsaison 2008/09 werden die Datenlogger demontiert und die Daten ausgelesen. Anschliessend erfolgt die Auswertung der Datensätze. Die Messresultate werden im Rahmen des Schlussberichts dargestellt und miteinander verglichen. Basierend auf den daraus resultierenden Erkenntnissen wird eine Checkliste für die Auslegung von Erdwärmekörben erstellt.

Thermal Response Tests: Assessment and Validation [6]: The objectives of the project were to develop, test and implement new and innovative methods for the performance and analysis of thermal response tests (TRT). TRTs measure thermo-physical properties of the ground for the purpose of dimensioning borehole heat exchangers. In a conventional TRT, a fluid circulating in a borehole withdraws (or feeds) a constant heat flow from (to) the formation. The temperature changes of the fluid associated with this process are recorded over a period of time and then analyzed. Newly developed testing equipment provided the technical premise to retrieve more information on the state of the underground with improved efficiency. As a result new analytical methods have successfully been used to interpret borehole measurements and to quantify the lateral and radial thermophysical conditions at a site (Fig. 3). These technical and analytical developments allow an optimization of thermal response testing in terms of time, cost and quality of results.

Effizienz- und thermische Behaglichkeitsermittlung einer über den Fussboden wirkenden erdgekoppelten Heiz- und Kühlanlage in Aarau [7]: Ziel des Projektes ist die praktische Überprüfung der auf Simulationen basierenden Erhebungen und Empfehlungen der über den Fussboden wirkenden Heizung und passiven Kühlung mit Erdsonden. Mit der vorgesehenen Messvorrichtung wird es möglich, das System hinsichtlich Energieverbrauch, Energieeffizienz, thermischer Behaglichkeit und Temperaturdifferenzen (Taupunkt) zu überprüfen und zu optimieren. Mit den zusätzlich in verschiedenen Tiefen der Erdsonden installierten Temperaturfühlern wird es zudem möglich, die vorgängig mit dem Erdwärmesonden-Simulationsprogramm EED ermittelten Projektdaten zu überprüfen und Aussagen hinsichtlich effektivem Wärmeentzug, Wärmerückgabe und spezifischer Entzugsleistung zu machen.

Grundlagedatenüberprüfung und Anpassungen des Groundwater Energy Designer Programms mittels realisierter Anlagen [8]: Ziel des Projektes ist eine Überprüfung bereits bestehender Anlagen

hinsichtlich deren Effizienz, idealen Platzierung von Entnahme- und Rückgabeburgen sowie Beeinflussung von Anlagen untereinander mittels Hard- und Software. Dabei sollen anhand evaluierter und mit entsprechender Messtechnik ausgerüsteter Anlagen Möglichkeiten zur Optimierung der Software Groundwater Energy Designer (GED) identifiziert und umgesetzt werden. Der GED ist auf Grund seiner Benutzerfreundlichkeit ein auch bei Bewilligungsbehörden weit verbreitetes Software-Tool. Des Weiteren ist vorgesehen, Programmanpassungen und -erweiterungen vorzunehmen, um den Abgleich von Mess- und Rechenwerten zu ermöglichen und dabei auch den wachsenden Anforderungen der Praxis Rechnung zu tragen. Der aktuelle Projektteil umfasst die Erstellung des Messkonzeptes und die Erweiterung der Software-Grundlagen.

Tiefe Geothermie

AGEPP – Alpine Geothermal Power Plant [9]: Le projet entend démontrer qu'il est possible, en exploitant des aquifères profonds du Cristallin dans les Alpes, de cogénérer chaleur et électricité avec la géothermie profonde. Le projet se subdivise en différentes phases, prévues selon un programme idéal de septembre 2005 à décembre 2011. La phase A (étude préliminaire), qui s'est terminée en juin 2006, a permis d'identifier deux sites favorables dans la Vallée du Rhône. Celui de Lavey (canton de Vaud) a été sélectionné pour la suite du projet, en raison de conditions géothermiques très favorables, de bonnes connaissances de l'hydrogéologie profonde et d'un contexte local favorable pour la production d'électricité et la valorisation de la chaleur. Dans l'aquifère thermal représenté par des gneiss fissurés jusqu'à 3-4 km de profondeur, on s'attend à rencontrer des fluides à une température estimée entre 100 et 120 °C, avec des débits de l'ordre de 50 à 75 l/s. La phase B du projet (étude de faisabilité et avant-projet de forage) est en cours depuis juillet 2007 et doit se terminer en mars 2009. Elle entend démontrer la faisabilité technique du projet de géothermie profonde à Lavey et doit préparer la réalisation du forage profond. Pour mener à bien la phase B, les études ont été réparties selon les quatre modules suivants: Captage et rejet des eaux profondes; Production d'électricité; Valorisation de la chaleur; Autorisations; communication et financement.

Machbarkeitsstudie Tiefen-Geothermie Stadt St. Gallen [10]: Zielsetzung der Machbarkeitsstudie ist es, ein Konzept für die Entwicklung einer Tiefen-Geothermie-Anlage in der Stadt St. Gallen zu erstellen. Um die Realisierbarkeit von reiner Wärmenutzung oder kombinierter Strom/Wärmenutzung abzuklären, werden die Chancen und Risiken mehrerer Varianten untersucht. Es sollen

ideale Standorte für die Tiefbohrungen identifiziert und mit den hoffigsten Zielgebieten kombiniert werden. Dabei wird jeweils die produzierbare geothermische Energie den aktuellen Bohr- und Anlagekosten gegenübergestellt. Die herausgearbeiteten Empfehlungen zu Bohrtiefe, Reservoirgestein, produzierbarer Temperatur, möglicher Produktionsrate sowie die Kostenfolge sollen dem Auftraggeber eine solide Entscheidungsgrundlage für die Fortführung des Projektes bieten. Die Machbarkeitsstudie gliedert sich in die folgenden fünf Arbeitspakete (AP) auf:

- AP1 Ressourcen-Evaluation gemäss aktuellem Kenntnisstand;
- AP2 Erschliessungstechnik und -kosten;
- AP3 Erschliessungsstandorte im Raum St. Gallen;
- AP4 Kostenszenarien;
- AP5 Empfehlung und weiteres Vorgehen.

GP-La Côte : Géothermie profonde sur la Côte lémanique (canton Vaud) [11]: Le projet entend évaluer la faisabilité d'exploiter des aquifères carbonatés profonds dans des zones à forte perméabilité, situées sur la Côte lémanique (VD), au pied du Jura. En effet, il est très probable que la fracturation engendrée par les grands décrochements du Jura affecte favorablement la perméabilité des aquifères profonds du Malm et du Dogger, situés à des profondeurs moyennes de l'ordre de 800 ± 200 m, respectivement $1'700 \pm 200$ m. Le projet dans son ensemble se subdivise en différentes phases, qui vont se succéder durant la période juillet 2008 – décembre 2011 (date prévue pour la mise production d'un puits profond). La phase A du projet, prévue de juillet à novembre 2008, représente une étude préliminaire sur deux sites favorables du point de vue géothermique et occupés par quatre localités (Nyon, Gland, Aubonne et Etoy). Elle doit permettre, sur la base d'une analyse préliminaire des informations existantes au niveau du sous-sol (géophysique, géologie, hydrogéologie et géothermie) et des possibilités de valorisation de la chaleur pour du chauffage à distance, de sélectionner une ou deux localités pour la poursuite du projet avec une étude de faisabilité.

Restauration du forage de Thônex en vue d'une production d'énergie thermique [12]: Le forage de Thônex a été réalisé en 1993 avec le but de trouver de l'eau chaude utilisable pour des buts énergétiques. Le forage arrivait jusqu'à une profondeur de 2 690 m mais n'avait jamais produit un débit suffisant pour l'utilisation. Il avait donc été abandonné. Des études sur l'utilisation du forage comme sonde géothermique profonde ont montré qu'au maximum une production de chaleur de 900 MWh/an pourrait être atteinte.

Le projet de restauration du forage de Thônex a des buts scientifiques ainsi que des buts de démonstration. Sur le plan scientifique, le projet permet d'étudier l'état du forage, en particulier les déformations mécaniques et les quantités et propriétés des dépôts minéraux. Ces informations seront utiles pour d'autres projets de géothermie profonde en Suisse. En plus, le projet permet d'installer une station d'enregistrement sismique pour mieux caractériser la zone genevoise dans le but d'engranger des connaissances permettant de préparer des forages plus profonds de type EGS. Sur le plan de démonstration, le projet permettra d'évaluer les possibilités de valoriser, au moins partiellement, un forage «sec».

Modelling stimulation geothermal wells (Frac-Chem – LaGeo) [13]: This project aims to improve the ability to model the impact of chemical stimulation on injectivity and productivity of geothermal wells. A number of wells in hydrothermal projects (e.g. Bad Schinznach) and EGS Projects (Soutz-sous-Forets) use chemical stimulation on a one-off basis. However, to be able to better model the phenomenon one should resort to wells that have undergone multiple chemical stimulation jobs with a documented production/injection history. The project uses data from the Berlin geothermal field in El Salvador (figure 4). The geothermal heat is extracted by conduction and convection. As a consequence, circulating hot water in the crust inevitably leads to dissolution, transport and re-deposition of minerals. In the case of heat extraction projects, the pores and the fractures in the water-bearing rocks may become clogged by mineral deposition, eventually stemming flow. This can limit the productive lifetime of an engineered geothermal system, even though heat may still be available at depth. Current research into water-rock interaction in geothermal reservoirs is directed at ways to enhance energy production and to avoid clogging of the rock openings. Such injectivity and productivity variations result from a complex inter-



Figure 4: Geothermal power plant Berlin, LaGeo, El Salvador.

play of mechanical, hydraulic, thermal and chemical processes. The degree of clogging and scale formation depends on the type of reservoir rocks and how they respond chemically to the injected fluids, as well as on reservoir and surface properties. Numerical simulation of fluid flow with coupled chemical reaction modelling is a powerful tool of choice and subject to active development in at the Crège to quantitatively understand the interplay of these effects during reservoir exploitation and to optimize the operation of a geothermal field.

Enhanced Geothermal Systems (EGS)

Durchführung einer Risikoanalyse zum seismischen Risiko des Projekts Deep Heat Mining Basel [14]: Der Auftrag hat zum Zweck, die besten verfügbaren wissenschaftlichen Entscheidungsgrundlagen zur Beurteilung der Tragbarkeit des Risikos des Projekts Deep Heat Mining für Basel und die trinationale Region in Form einer Risikoanalyse bereitzustellen und auszuwerten. Er beinhaltet:

- die Ermittlung und Quantifizierung in einer probabilistischen Betrachtungsweise der seismischen Gefährdung und des seismischen Risikos des Projekts Deep Heat Mining Basel sowie dessen Vergleich mit der natürlichen Seismizität;
- die Erarbeitung einer geeigneten Darstellung dieses Risikos sowie Vorschläge zur vergleichenden Bewertung der Ergebnisse;
- die Erarbeitung von Empfehlungen für das weitere Vorgehen aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse, allenfalls von verschiedenen Handlungsoptionen.

Nachmessungen Geothermiebohrung Basel1 (Projekt DHM) [15]: Seit dem Abbruch der hydraulischen Stimulation (8.12.2006) wurden in der Geothermie-Bohrung Basel 1 keine weiteren Nachmessungen durchgeführt. Aufgrund des gegenwärtigen Wissensstands kann davon ausgegangen werden, dass die Bohrung Basel 1 zwei potentielle geothermale Reservoirs schneidet, die für eine geothermische Nutzung weiterhin von Interesse sind. Das künstlich geschaffene Reservoir in 5 km Tiefe (unteres Reservoir) und ein hydrothermales Reservoir im Dach des kristallinen Grundgebirges zwischen 2,5–3 km Tiefe (oberes Reservoir). Für beide Reservoirs gilt, dass eine schlüssige Beurteilung des Potentials noch nicht vorgenommen werden konnte, weil wichtige Nachmessungen bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt ausstehend sind. Im vorliegenden Konzept werden verschiedenen Vorgehensweisen formuliert, die darauf abzielen das Potential der beiden Reservoirs abzuschätzen.

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, Crège, 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, Technische Betriebe St Gallen, Verband Fernwärme Schweiz (VFS).
- **Bundesämter, Agenturen und Fachverbände:** Agentur für erneuerbare Energien und Energieeffizienz (AEE, APES), Aktion für vernünftige Energiepolitik Schweiz (AVES), BAFU, Geothermie.ch, SBF, Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS), Energie-cluster, u.a.
- **Energiefachstellen der Kantone.**

Internationale Zusammenarbeit

Geothermal Implementing Agreement (GIA) der IEA [16]: Mit der Teilnahme im Geothermal Implementing Agreement (GIA) der IEA kann die Schweiz regelmässigen Kontakt mit führenden

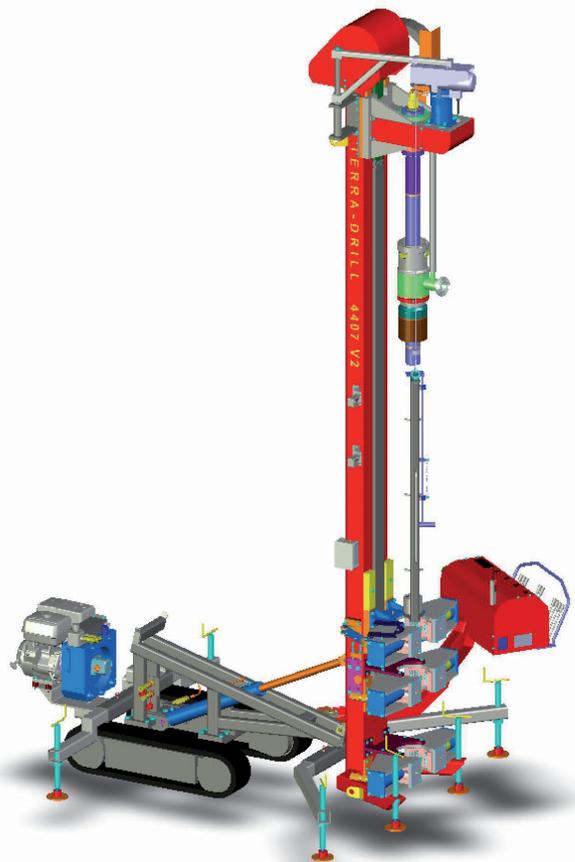
Geothermie-Ländern pflegen, was den Weg zu sonst schwer zugänglichen Informationen öffnet. Zugleich lassen sich Schweizer F&E-Resultate international positionieren und durch die Kanäle

der IEA verbreiten. Die Schweiz wird im Executive Committee durch das BFE (Dr. G. Siddiqi) und einen Vertreter aus dem Beratungsbereich (Prof. L. Rybach, Vice Chairman des Executive Committee) vertreten. Derzeit sind folgende Arbeitsbereiche (Annexes) aktiv:

- Annex I: Environmental Impacts of Geothermal Energy (mit Schweizer Teilnahme);
- Annex III: Enhanced Geothermal Systems (EGS) (mit Schweizer Teilnahme);
- Annex VII: Advanced Geothermal Drilling Techniques (ohne Schweizer Teilnahme);
- Annex VIII: Direct Use of Geothermal Energy (mit Schweizer Teilnahme).

Ein Schwerpunkt in der aktuellen Tätigkeit des GIA ist die Positionierung der Geothermie als nachhaltige und Klima schonende Energie-Technologie. In diesem Zusammenhang fand im November 2008 ein Workshop in Taupo, Neuseeland statt, der Schweizer Beitrag findet sich unter [18]. Ein Positionspapier des GIA zu Händen des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ist unter [19] aufgeführt.

EGS Pilot Plant. European Geothermal Project for the Construction of a Scientific Pilot Plant based on enhanced Geothermal System, Soultz-sous-Forêts, France [17]: The Soultz project of the European Union is the most advanced deep EGS project worldwide with regard to research and development. After 22 years of research, a pilot power plant was inaugurated in June 2008 (see title photograph). Owing to careful monitoring of all reservoir parameters (seismic, thermal, hydraulic and chemical), the coming project phase will bring for the first time a wealth of data on the continuous production/injection exploitation of an EGS reservoir. The Soultz power plant has two purposes: on the one hand commercial electricity production and on the other hand a scientific platform open to the research teams and their programmes. The management of the Soultz programme is very favourable to the continuation of the work carried out by the Swiss EGS R&D team in the domains of integrated data analysis and the development and use of mathematical modelling tools for pre-



Figur 5: Das Bohrgerät Terradrill, 2. Prototyp.

dicting physical and chemical behaviour within the underground system under producing conditions. Participation in the project planning and in the technical and scientific working groups is advantageous both to actively contribute and to expand the knowledge base on all aspects of the EGS technology.

Mit verschiedenen weiteren internationalen Institutionen fanden im Berichtsjahr Kontakte statt, u.a. mit *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), *LaGeo* (El Salvador).

Pilot- und Demonstrationsprojekte

Erfolgskontrolle und Planungsinstrumente für EWS-Feld Hotel Dolder Zürich [18]: Im Frühling 2008 wurde nach einem umfassenden Umbau der Hotelbetrieb wieder aufgenommen. Der Um- und Erweiterungsbau wurde mit einer komplett neuen Haustechnik ausgerüstet mit dem Ziel, den Energieverbrauch zu halbieren, obwohl die

Energiebezugsfläche mehr als verdoppelt wurde. Mit einer stark gedämmten Gebäudehülle werden Heizkosten und Stromverbrauch massiv gesenkt. 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 Unter-

grund gewonnen wird. Seit Herbst 2008 werden über das Haustechnik-Leitsystem kontinuierlich die Geothermiespeicher-Daten erhoben. Die Datenregistrierung funktioniert grundsätzlich gut und liefert plausible Daten. Nach Abschluss der Messkampagne werden die ermittelten Daten mit den Simulationsrechnungen verglichen und analysiert.

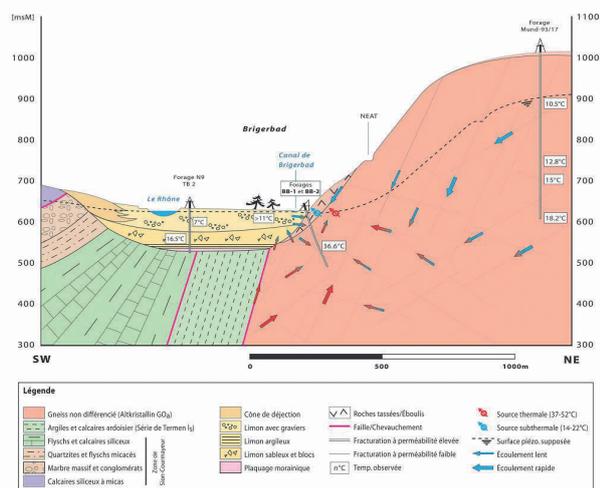
Entwicklung eines Vertikal-Bohrgeräts [19]: Das Projekt hat zum Ziel, ein kleines und leichtes Bohrsystem zu entwickeln, welches sich für den EWS-Anlagenbau im Wohnbereich eignet. Insbesondere EWS-Anlagen für Minergie-Bauten sollen damit rasch und kostengünstig realisiert werden können. Wegen seinen kleinen Abmessungen und der geringen Lärmentwicklung lässt sich das Bohrgerät auch in dicht überbauten und schwer zugänglichen Zonen einsetzen. Im Jahr 2008 wurde ein zweiter Prototyp gebaut, bei welchem die bisher gemachten Erfahrungen einfließen (Figur 5). Insbesondere wurden folgende Verbesserungen vorgenommen: (1) das Raupenfahrwerk wurde auf 950 mm verbreitert. (2) der Bohrwagen erhielt einen eigenen Fahrantrieb. Dieser ist so konstruiert, dass er während des Bohrens abgekoppelt werden und als direkter Antrieb für eine Spülbohrpumpe verwendet werden kann. (3) Duplexaufnahme für zeitgleiches Abteufen von Futterrohren und Imlochhammer: Die Duplexaufnahme wird die Bohrzeit stark verkürzen. Diese Entwicklung wurde beim Europäischen Patentamt angemeldet.

Pilotprojekt Geothermie Brig-Glis (Phase 2A) [20]: Brigerbad ist neben Lavey-les-Bains der bis anhin vielversprechendste potenzielle Standort für ein derartiges Energieprojekt, insbesondere weil in der Nähe auch Wärmeabnehmer verfügbar

Bewertung 2008 und Ausblick 2009

Die geothermische Forschung stand auch im 2008 im Zeichen der Kontinuität. Bei der **untiefen Geothermie** wurden einerseits Projekte unterstützt, welche sich mit speziellen Anwendungen befassen, beispielsweise der Nutzung von Erdwärmesonden bzw. -sondenfeldern zur Heizung und Kühlung. Insbesondere bei grösseren, gut isolierten Gebäuden ist die (passive) Kühlung von grossem Interesse. Nach wie vor von hoher Priorität sind auch Vorhaben, welche mithelfen, die Effizienz und Qualität der Anlagen zu verbessern.

Bei den **tiefen hydrothermalen Ressourcen** wurden im Jahr 2008 mehrere neue Projekte in verschiedenen Regionen der Schweiz lanciert. Die jüngsten Erfolge mit solchen Anlagen in Deutschland haben sicher das Interesse öffentli-



Figur 6 : Schematischer geologischer Schnitt in süd-östlicher Richtung mit konzeptionellem hydraulischen Modell der Berg- und Tiefengewässer in der Region Brigerbad. Meteorisches Wasser zirkuliert durch das Kristallin (in rot), erwärmt sich und wird am Brigerbad an die Oberfläche produziert. Auf Grund des geothermischen Gradienten wird vermutet, dass in grösseren Tiefen höhere Temperaturen vorherrschen.

sind. Jedoch gibt es bisher nur etwa 100 m tiefe Bohrungen, deren Temperatur von der Mischung des heissen, tiefen Thermalwassers mit meteorischen, oberflächennahen Wässern bestimmt ist, wie in nachfolgender Figur 6 dargestellt. Entlang dem untiefen Füllmaterial des Rhonetals treten parallel dazu am steil einfallenden Störungskontakt des nord liegenden Kristallins mit den süd liegenden Sedimenten heisse Quellen auf. Ähnlich dem Standort Lavey-les-Bains (VD) werden in Brigerbad (VS) Temperaturen der sehr tiefen Quellen von rund 110 °C vermutet, welche bei genügenden Fliessraten zur Wärme- und Stromproduktion genutzt werden könnten.

cher und privater Institutionen gefördert. Mit diesen Projekten bestehen gute Aussichten, dass eine erste Schweizer Pilotanlage dieser Art in den nächsten Jahren realisiert werden kann. Ein wichtiger Aspekt ist dabei der Informationsaustausch zwischen den verschiedenen Akteuren in diesem Bereich, der weiterhin unterstützt werden soll.

Bei der **tiefen Geothermie bzw. den «Enhanced Geothermal Systems» (EGS)** stellt das europäische Forschungsprojekt in Soultz-sous-Fôrets einen Forschungsschwerpunkt dar. Die Inbetriebnahme der ORC-Kraftwerksanlage im 2008 war dabei ein wichtiges Etappenziel. Die Begleitung des Betriebs und die Auswertung der gesammelten Daten und Erfahrungen stehen im Zentrum der schweizerischen Beteiligung an diesem Pro-

jekt. Das schweizerische EGS-Projekt – Deep Heat Mining Basel – ist nach wie vor sistiert. Gegenwärtig ist eine Risikostudie in Bearbeitung, welche Optionen für das weitere Vorgehen aufzeigen sollte. Um aus den bisherigen umfangreichen Investitionen möglichst grossen Nutzen zu ziehen, werden Messungen an der Tiefbohrung durchgeführt, welche auch alternative Nutzungen evaluieren sollen. Ermutigend ist die Tatsache, dass die Erfahrung der im Projekt Basel involvierten Spezialisten bei ähnlichen Projekten im Ausland sehr gefragt ist.

Für das Jahr 2009 (und folgende) sind bei der Ausrichtung des Forschungsprogramms keine grundsätzlichen Änderungen geplant. Der Forschungsaufwand im untiefen Bereich wird relativ zu den Bereichen «Tiefe oder hydrothermale

Geothermie» und «EGS» vermindert und wird sich auf komplexe Systeme (z.B. EWS Grossanlagen) konzentrieren. Wichtig ist, dass die Anstrengungen im Gebiet der hydrothermalen Ressourcen mit verstärkter Intensität weitergeführt werden können, um mittelfristig den Nachweis der technischen Machbarkeit erbringen zu können und die Wahrscheinlichkeit und Qualität der Reservoirerkundung und -erschliessung zu steigern. Im Bereich der «EGS» wird neben dem fortgesetzten Engagement an den EGS Projekten in Soultz und Basel sowohl an grundlegenden Problemen der hydraulischen Stimulation (e.g. induzierte Seismizität) als auch an Bohrtechnologien gearbeitet werden. Dabei ist neben der Forschungsunterstützung auch die Kontinuität bei der Förderung von Pilotanlagen unabdingbar.

Liste der F+E-Projekte

(JB) Jahresbericht 2008 vorhanden

(SB) Schlussbericht vorhanden (siehe www.energieforschung.ch unter der angegebenen Projektnummer).

Unter der angegebenen Internet-Adresse sind die Berichte sowie weitere Informationen verfügbar.

- [1] F.-D. Vuataz, (francois.vuataz@unine.ch), Crège, Neuchâtel: Implémentation de la Base de données des fluides géothermiques de la Suisse (BDFGeotherm) sur Google Earth (SB, 101'842).
- [2] C. Baujard, S. Signorelli & T. Kohl, (signorelli@geowatt.ch), Schweizerische Geophysikalische Kommission (SGPK), Zürich: Geothermische Ressourcen, Erarbeitung und Bewertung des geothermischen Potentials der Schweiz, Phase 2008 (SB, 100'022).
- [3] 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).
- [4] 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 (SB, 101'291).
- [5] E. Rohner, (rohner@geowatt.ch), Geowatt AG, Zürich: Erfahrungsbericht Heizen/Kühlen mit Erdwärmekörpern (JB, 102'141).
- [6] 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).
- [7] M. Eberhard (eberhard@eberhard-partner.ch) Effizienz- und thermische Behaglichkeitsermittlung einer über den Fussboden wirkenden erdgekoppelten Heiz- und Kühlanlage in Aarau (JB, 102'461).
- [8] M. Eberhard (eberhard@eberhard-partner.ch), J. Poppei (joachim.poppei@colenco.ch), AF_Colenco AG, Baden: Grundlagedatenüberprüfung und Anpassungen des Groundwater Energy Designer Programms mittels realisierter Anlagen (JB, 102'885).
- [9] G. Bianchetti, (bianchetti@alpgeo.ch), Alpgeo SARL, Sierre: Projet de géothermie profonde à Lavey-les-bains, étude de faisabilité (JB, 102'130).
- [10] M. Huwiler (Marco.Huwiler@stadt.sg.ch), Stadt St. Gallen, Machbarkeitsstudie Tiefen-Geothermie Stadt St.Gallen JB, 102'635).
- [11] P. Vallat (patrick.vallat@bluewin.ch), IFWE, Lausanne: Géothermie profonde sur la côte lémanique (JB, 102'845).
- [12] D. Sidler (damien.sidler@sig-ge.ch) SIG, Genève: Valorisation de la forage géothermique à Thonex (JB, 102'779).
- [13] F.-D. Vuataz, (francois.vuataz@unine.ch), Crège, Neuchâtel: Modelling stimulation geothermal wells (Frac-Chem - LaGeo) (102'888).
- [14] J. Hofer (juerg.hofer@bs.ch), Amt für Umwelt und Energie, Stadt Basel: Durchführung einer Risikoanalyse zum seismischen Risiko des Projekts Deep Heat Mining Basel (102'869).
- [15] F. Ladner (florentin.ladner@geothermal.ch), Geothermal Explorers, Pratteln: Nachmessungen Geothermiebohrung Basel1 (102'676).
- [16] Th. Mège, (megel@geowatt.ch), Geowatt AG, Zürich: Teilnahme am Geothermal Implementing Agreement der IEA, Fortsetzung 2008) (JB, 41'661).
- [17] 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

- [18] B. Sigg, (info@doldergrand.ch), Dolder Grand Hotel, Zürich: Erfolgskontrolle und Planungsinstrumente für EWS- Feld Hotel Dolder Zürich (JB, 100'878).
- [19] D. Jenne, (terra.dj@bluewin.ch), Terra AG, Brittnau: Entwicklung eines Vertikal-Bohrgeräts (JB, 102'304).
- [20] M. Buser (marcos.buser@bluewin.ch), Planergemeinschaft Geothermie, Brig: Pilotprojekt Geothermie Brig-Glis (Phase IIa) (JB, 102'505).

Referenzen

- [21] International Energy Agency, Implementing Agreement for a Co-operative Programme on Geothermal Energy Research and Technology (<http://www.iea-gia.org/>).
- [22] I. Fridleifsson et al., The possible role and contribution of geothermal energy to the mitigation of climate change, (February 2008), http://www.iea-gia.org/documents/FridleifssonetalIPCCGeothermalpaper2008FinalRybach20May08_000.pdf.
- [23] G. Siddiqi et al., 15 Years of Direct Use – District Heating Riehen, Canton Basle-City, NW Switzerland, IEA Sustainability Workshop, Taupo (New Zealand) 10 Nov 2008.

Impressum

Juni 2009
Bundesamt für Energie BFE
CH-3003 Bern
Druck: Ackermann Druck AG, Bern-Liebefeld
Bezug der Publikation: www.energieforschung.ch

Programmleiter

Dr. Rudolf Minder
Minder Energy Consulting
Ruchweid 22
CH-8917 Oberlunkhofen
rudolf.minder@bluewin.ch

Bereichsleiter

Dr. Gunter Siddiqi
Bundesamt für Energie BFE
CH-3003 Bern
gunter.siddiqi@bfe.admin.ch