



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Energieforschung

April 2010

Forschungsprogramm Geothermie

Synthesebericht 2009 des BFE-Programmleiters

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Autor:

Dr. Ruedi Minder, Minder Energy Consulting, rudolf.minder@bluewin.ch

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

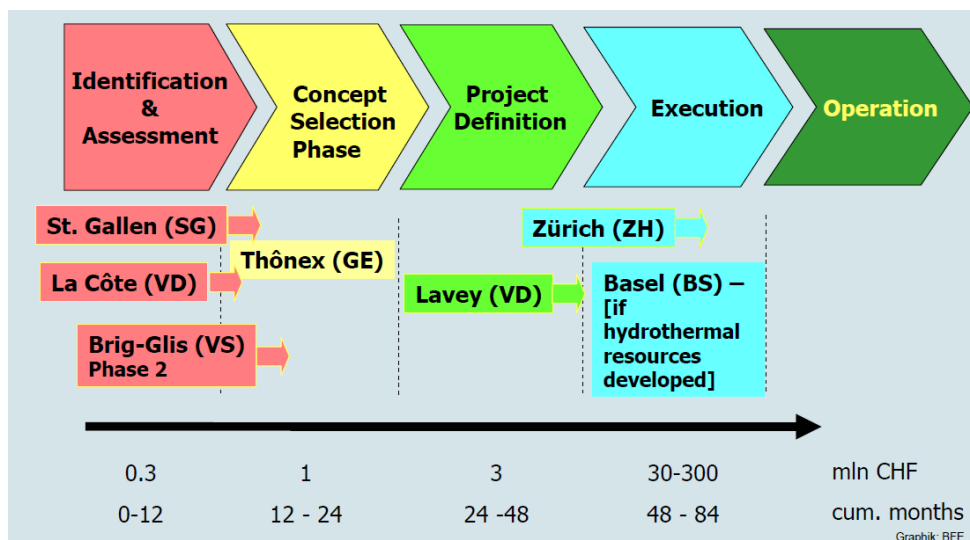
Programmschwerpunkte und anvisierte Ziele

Die Schwerpunkte der Geothermieforschung lagen im Jahr 2009 wiederum in den Gebieten der tiefen Geothermie, einerseits bei der Nutzung der **hydrothermalen Quellen**, andererseits bei den **Enhanced oder Engineered Geothermal Systems (EGS)**. Im Bereich der **untiefen Geothermie**, insbesondere bei den Erdwärmesonden(EWS)-Systemen beschränken sich die Forschungsarbeiten auf besondere, noch nicht am Markt etablierte Anwendungen.

Im Bereich der **untiefen Geothermie** weisen Erdwärmesonden-Systeme für Raumheizungen ein ungebrochenes Marktwachstum auf, die Entwicklung in diesem Bereich wird grösstenteils durch die in dieser Branche tätigen Unternehmen sichergestellt. In einigen Anwendungsgebieten ist jedoch Forschungsbedarf vorhanden, vor allem bei komplexen Systemen, tiefen EWS (>300 m Tiefe), Geo-Strukturen wie z.B. Energiepfähle, sowie unterstützenden Technologien.

sikos die wirtschaftliche Machbarkeit von Projekten zu verbessern. Dazu gehört auch die verbesserte Auswertung der beschränkt vorhandenen Daten aus alten Bohrungen und seismischen Untersuchung. Von grosser Bedeutung ist neben der eigentlichen Forschung die Realisierung von Pilot- und Demonstrationsanlagen. Mit der Unterstützung mehrerer Projekte in geographisch und geologisch unterschiedlichen Regionen sollen – in Zusammenarbeit mit Kantonen, Gemeinden und der Privatwirtschaft – in den nächsten Jahren erste Projekte realisiert werden. Dabei handelt es sich um Projekte, die neben der Stromerzeugung auch Wärme für die Raumheizung produzieren sollen. Fig. 1 zeigt den Entwicklungsstand der verschiedenen Projekte.

Langfristig werden weiterhin weltweit grosse Hoffnungen auf die Technik der **Enhanced oder Engineered Geothermal Systems (EGS)** gesetzt. In Nord-Amerika und Australien erhält EGS immer grössere Forschungsressourcen und es werden vermehrt Pilot- und Demonstrationsprojekte mit



Figur 1: Entwicklungsstand der Schweizer Projekte zur Nutzung hydrothermalen Quellen, welche auf Anfrage vom Bundesamt für Energie finanziell oder beratend begleitet werden

Für die Nutzung **tief liegender hydrothermalen Ressourcen** besteht Forschungsbedarf bei den geophysikalischen Methoden der Prospektion, mit dem Ziel, durch eine Reduktion des Fündigkeitsrisi-

entsprechenden Fortschritten durchgeführt. In der Schweiz haben die Erfahrungen bezüglich der induzierten Seismizität mit dem Projekt in Basel gezeigt, dass für die Entwicklung von tief liegenden Reservoiren noch wenig Erfahrung vorliegt, und dass in diesem Bereich noch grosse langfristige Forschungsanstrengungen

notwendig sind. Zudem sind das öffentliche Verständnis und die Akzeptanz, und daher die Risikotoleranz besonders in dicht überbauten Agglomerationen der Schweiz beschränkt. Es ist unbestritten, dass das Potenzial dieser Technologie sehr gross ist. Aus diesem Grund wird der Forschung und der internationalen Zusammenarbeit auf diesem Gebiet eine hohe Priorität eingeräumt.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse 2009

Untiefe Geothermie

Ein interessantes Thema bei der untiefen Geothermie sind die tiefen Erdwärmesonden (EWS), welche tiefer als ca. 300 m abgeteuft werden. In diesem Bereich gibt es bisher nur wenige Anlagen, auch sind vergleichsweise wenige Bohranlagen verfügbar. Im Allgemeinen werden deshalb bei grösserem Wärmebedarf mehrere weniger tiefe Sonden verlegt. Tiefe Sonden weisen jedoch einige Vorteile auf, die auf gute zukünftige Marktchancen schliessen lassen. Sie sind in dicht besiedelten Quartieren einsetzbar und arbeiten mit höheren Quelltemperaturen, was sich in einem besseren Wirkungsgrad der Wärmepumpe niederschlägt. Zudem können sie statt mit Wasser-Glykol-Mischungen mit reinem Wasser oder andern optimierten Fluiden arbeiten.

Ein Projekt befasst sich mit dem Einsatz tiefer EWS in Kombination mit hoch effizienten Wärmepumpen zur Beheizung grösserer Wohnbauten [1], bei einem weiteren Projekt wird eine 700 m tiefe Sonde messtechnisch untersucht [2]. Dabei wurde ein bei EWS sonst nicht relevantes Problem entdeckt: mineralische Ablagerungen an den Sondenwänden (Fig. 2).



Figur 2: Ablagerungen («Kalkplättchen») aus der Tiefen-sonde Oftringen (Quelle: Oliver Sachs, Eberhard & Partner AG)

Neben den EWS gehört auch die Nutzung des oberflächennahen Grundwassers zur untiefen Geothermie. In diesem Fachbereich wurde das früher mit Unterstützung des BFE entwickelte Computerprogramm «Groundwater Energy Designer» mit neuen Messdaten überprüft und angepasst [3]. Das sehr benutzerfreundliche Programm stösst sowohl bei Planern als auch bei den Bewilligungsbe-

hörden auf grosses Interesse. Es hilft mit, bei Verfahren für die Bewilligung der energetischen Grundwassernutzung besser fundierte Grundlagen bereitzustellen.

Als unterstützende Technik im untiefen Bereich wurden die Entwicklung und die pilotmässige Erprobung eines kleinen und leichten Bohrgeräts erfolgreich abgeschlossen. Das Gerät (Fig. 3) kann an Orten eingesetzt werden, die sonst für EWS-Bohranlagen nicht zugänglich sind [27].



Figur 3: Das Bohrgerät Terradrill kann bei engen Platzverhältnissen eingesetzt werden. (Quelle: Terra AG)

Tiefe Geothermie

AGEPP – Alpine Geothermal Power Plant

Le projet AGEPP [9] est situé sur un des sites les mieux connus en Suisse du point géothermique. AGEPP a pour objectif la production d'électricité et la valorisation de la chaleur. Il s'agit d'un projet inter-cantonal (Vaud–Valais) bénéficiant d'un fort soutien de la part des deux cantons ainsi que des communes voisines. Le projet bénéficie d'un site exceptionnel du point de vue de la géothermie en Suisse, en effet les 2 puits existants ont prouvé une température d'eau anormalement élevée (67 °C) par rapport à la profondeur de captage (<600 m). Les analyses chimiques prouvent qu'il

est possible de trouver de l'eau à une température comprise entre 100 et 120 °C.

Le projet bénéficie d'un actionnariat public / privé très représentatif de la région. On citera les sociétés électriques régionales comme les *Services Industriels de Lausanne* et la *Romande Energie*. AGEPP innove par le couplage de la biomasse à la géothermie pour la production d'électricité. Le projet a été accepté par *Swissgrid* et a été enregistré en novembre 2009. En plus, les Bains de Lavey auront une sécurité d'approvisionnement en eau chaude grâce à ce 3^{ème} forage.

Brigerbad

Entlang dem untiefen Füllmaterial des Rhonetals treten parallel dazu am steil einfallenden Störungskontakt des nordliegenden Kristallins mit den südliegenden Sedimenten heisse Quellen auf. Ähnlich dem Standort Lavey-les-Bains (VD) werden in Brigerbad (VS) Temperaturen der sehr tiefen Quellen von ~110 °C vermutet, welche zur Wärme- und Stromproduktion genutzt werden könnten.

Brigerbad ist neben Lavey-les-Bains der bis anhin vielversprechendste potenzielle Standort im Rhonetal für ein derartiges Energieprojekt, insbesondere weil in der Nähe auch Wärmeabnehmer verfügbar sind (Brig-Glis und Naters). Jedoch gibt es bisher nur Erkundungsbohrungen bis 150 m Tiefe, deren Temperatur von der Mischung des heissen, tiefen Thermalwassers mit meteorischen, oberflächennahen Wässern bestimmt ist.

Zurzeit wird mit finanzieller Unterstützung des Bundesamtes für Energie eine gekernte Bohrung bis 300 m Tiefe für die Thermalwassergewinnung des Brigerbads erstellt. Vorgesehen ist, anschliessend eine zweite gekernte Bohrung bis ca. 600 m abzutiefen. Gleichzeitig mit diesen Bohrungen, welche dem Thermalbad dienlich sind, müssen zusätzliche Untersuchungen gemacht werden, um möglichst viele Informationen für die beabsichtigte Geothermiebohrung bis 3000 m Tiefe zu erhalten.

Géothermie profonde sur la Côte lémanique (VD)

L'étude préliminaire réalisée entre 2008 et 2009, sur la base d'une compilation scientifique des données géologiques existantes, a permis de confirmer le potentiel de géothermie de la région de la Côte [11]. Deux failles géologiques, le décrochement de St-Cergue-Nyon et le décrochement de

Vallorbe-Pontarlier passant sur le territoire d'Aubonne-Etoy, ont été mises en évidence. A proximité de ces deux failles, cinq sites favorables à l'exploitation géothermique ont été identifiés avec la possibilité de répondre aux besoins énergétiques des zones en forte expansion d'Aubonne, d'Etoy, de Gland et de Nyon.

Winterthur

Die primäre Zielsetzung des Projektes *Tiefe Geothermie* des Stadtwerks Winterthur ist eine Abschätzung der vorhandenen geothermischen Ressourcen im Stadtgebiet und im Umland der Stadt Winterthur zu erhalten. Neben diesem zentralen Bearbeitungspunkt werden weitere Fragestellungen behandelt, wie

- Abklärung der geothermischen Nutzungsmöglichkeiten;
- Erarbeitung der Grundlagen von geophysikalischer Prospektion im Untersuchungsgebiet;
- Abklärung der Einbindung des bestehenden Fernwärmesystems in eine geothermische Nutzung;
- Erstellung eines groben Zeit- und Kostenplans zur Projektentwicklung.

Das Projekt konzentriert sich auf die Quantifizierung der Möglichkeiten von Tiefengeothermie im grossräumigen Bereich des Stadtgebietes Winterthur. Dabei wurden in einem ersten Bearbeitungsschritt die bestehenden Literaturangaben herangezogen und auf Aktualität sowie Konsistenz überprüft. Zusätzlich sollen verbesserte Prognosemodelle erarbeitet werden. Hierzu erfolgt eine Integration aller Daten und auf deren Basis eine Neuberechnung der geothermischen Produktivitäten in ausgewählten Aquiferen durchgeführt werden kann.

Thônex

Valorisation du forage géothermique de Thônex 1 – étude d'opportunité [12]: Le forage de Thônex 1 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 2690 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».



Figure 4: Restauration du forage de Thônex en vue d'une production d'énergie thermique [12]

Modelling stimulation in geothermal wells

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 blocking flow. This can limit the productive lifetime of an engineered or enhanced 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 interplay 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 and subject to active development at the CREGE to quantitatively understand the interplay of these effects during reservoir exploitation and to optimize the operation of a geothermal field.



Figure 5: Modelling stimulation geothermal wells [13] (FracChem – LaGeo)

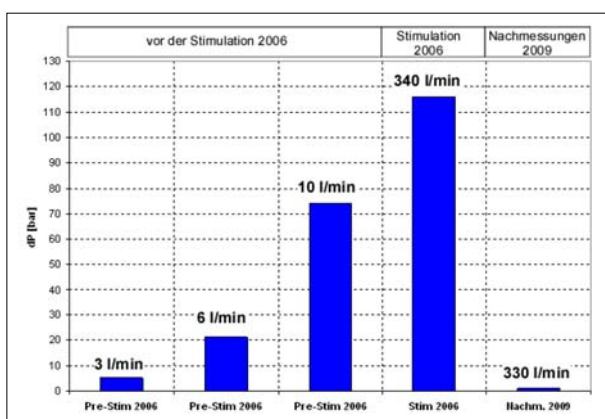
Enhanced Geothermal Systems (EGS)

Projekt Deep Heat Mining Basel

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

Die Risikoanalyse sagt voraus, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit sowohl bei der Fertigstellung (Ausbau durch hydraulische Stimulation) als auch beim Betrieb des Geothermieprojektes *Deep Heat Mining Basel* weitere Erdbeben zu erwarten sind. Diese Beben können die Grössenordnung der Erschütterungen von Ende 2006 / Anfang 2007 erreichen oder sogar überschreiten. Anhand von ver-

einfachenden dynamischen Modellen des Untergrundes, müsste wegen der hohen Besiedlungsdichte am Standort Basel als Folge der Beben während der Ausbauphase mit Sachschäden an Gebäuden in der Grössenordnung von CHF 40 Mio. gerechnet werden, gefolgt von jährlichen Schäden während der Betriebsphase von CHF 6 Mio. Die Gefahr, dass das Projekt natürliche, grosse Erdbeben auslösen könnte, wird als sehr gering betrachtet. Aufgrund der Resultate der Risikoanalyse hat die Regierung des Kantons Basel-Stadt beschlossen, dass das Projekt *Deep Heat Mining Basel* in der beabsichtigten Form nicht weitergeführt werden kann.



Figur 6: Nachmessungen Geothermiebohrung Basel 1 (Projekt DHM): Entwicklung der Injektivität Basel 1 vor, während und nach der Stimulation [Quelle: Geothermal Explorers Ltd.]

Nachmessungen

Zwar wurde bereits die abschlägige Entscheidung über die Projektfortführung beschlossen, aber es ist erinnerenswert, dass keinerlei Daten über den technischen Erfolg oder Misserfolg der ersten Stimulation im Dezember 2006 in der Geothermiebohrung Basel 1 existieren. Es konnten deshalb keine gesicherten Angaben über die ungestörte Reservoirtemperatur in 5000 m Tiefe und über die stimulierte Reservoirdurchlässigkeiten gemacht werden. Mit der Durchführung der ersten Nachmessungen, die eine Temperaturmessung und hy-

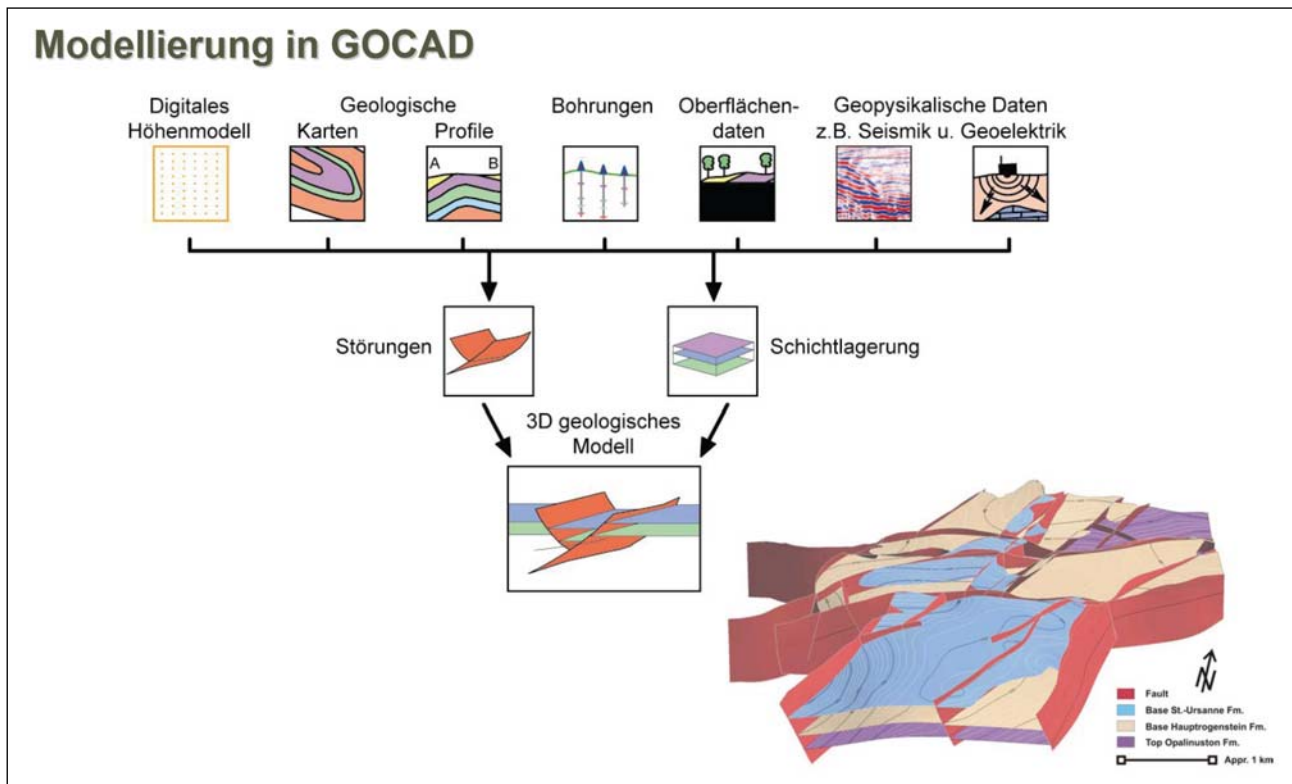
draulische Bohrlochversuche vorsehen, konnte diese Wissenslücke etwas geschlossen werden. Die Nachmessungen wurden mit strengen Auflagen und unter der Bedingung einer minimalen Perturbation des Bohrlochs erlaubt. Wichtige Resultate der Nachmessungen sind:

- Die maximal gemessene Temperatur bei 4600 m Tiefe betrug 173,7 °C. Auf Endtiefe von 5000 m erwarten wir eine Temperatur von 185 °C.
- Die gemessenen Werte für die effektive Gebirgstransmissibilität und die effektive Gebirgspermeabilität zeigen dass die Stimulation im Jahre 2006 eine Erhöhung der Reservoirdurchlässigkeit um das 330 bis 1000-fache bewirkte.

Dies zeigt, dass die Stimulation diesbezüglich als ausserordentlicher Erfolg gewertet werden kann.

3D-Reservoirmodell Region Basel

Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung eines statischen, geologischen 3D-Modells der Region Basel als Werkzeug für Tiefenreservoirbewirtschaftung und Raumplanung. Soweit vorhanden werden verfügbare erdwissenschaftliche Beobachtungen und Messungen verwendet, um eine adäquate Entscheidungsgrundlage für die Bewirtschaftung und Nutzung zu schaffen, und die Unwägbarkeiten im Untergrund auf ein praktikables Mass zu reduzieren. In der Vorbereitung von geothermischen Projekten könnte das Reservoirmodell sein Einsatzgebiet als Planungsinstrument, insbesondere im Hinblick auf die Evaluierung geothermischer Verfahren (EGS, Doublettenutzung Heisswasser führender Aquifere u.a.), sein. Es sollen sowohl Reservoirigenschaften, dynamisches Verhalten des Reservoirs und des Untergrunds, das geothermische Potenzial als auch etwaige Risiken aus dem Modell ableitbar sein. Das Modell stellt ein Werkzeug dar, das ständig aktualisierbar und erweiterbar sein soll.



Figur 7: 3D-Reservoirmodell Region Basel: Methodik der Modellierung [17]

Nationale Zusammenarbeit

Im Berichtsjahr wurde mit den folgenden Schweizer Institutionen eng zusammengearbeitet:

- **Universitäten und Fachhochschulen:** ETHZ (Departemente Maschinenbau und Verfahrenstechnik und Erdwissenschaften), Hochschule Wädenswil, Université de Neuchâtel, Centre de recherche en géothermie, CREGE, 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), energiecluster, u.a.
- **Energiefachstellen der Kantone.**

Internationale Zusammenarbeit

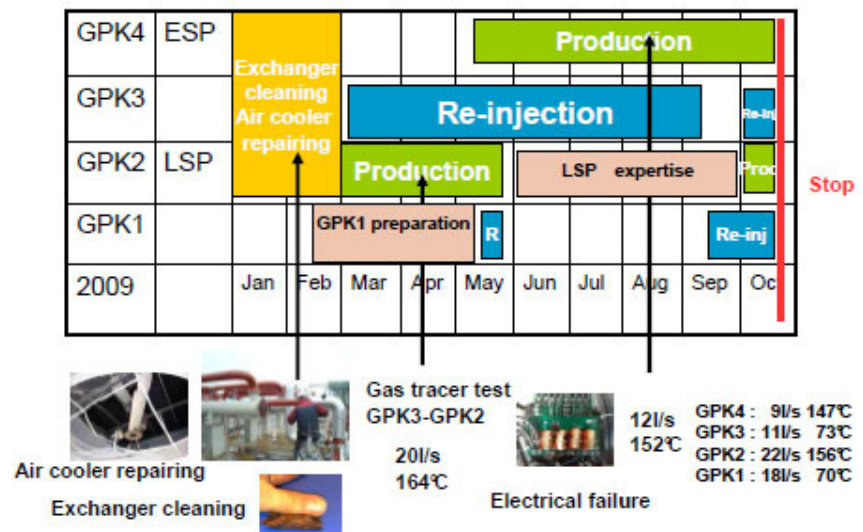
Geothermal Implementing Agreement (GIA) der IEA

Mit der Teilnahme im *Geothermal Implementing Agreement* (GIA) der IEA [16] 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 (G. Siddiqi) und einen Vertreter aus dem Beratungsbereich (Prof. L. Rybach, Vice Chairman des Executive Committee) vertreten.

EGS Soultz- sous- Forêts (F)

At Soultz-sous-Forêts, the EGS reservoir has been circulated with power generation in a test phase, with only one production well (GPK2 in fig. 8) fitted with a long shaft pump at a depth of 350 m [17]. A problem with the chemistry of the lubricating water for the long shaft caused a shaft rupture at the shaft's upper end. A de-ionizing system of the lubricating water has been set up to solve this problem. A further mechanical problem was experienced with an air condenser module, resulting in vibrations and damage – also repaired. The electric downhole production pump in GPK4 was also installed and tested at 500m depth. An equipment is available for long-term monitoring of corrosion/scaling processes on coupons of various steel compositions, as used in the wells and in the surface loop. Then, the system has been circulated without power generation, with two producer wells (GPK2 and GPK4) and two injection wells (GPK1

and GPK3). Furthermore, regular sampling of circulating water has been initiated and micro-seismic monitoring continues.



Figur 8: Übersicht der Aktivitäten beim EGS-Pilotprojekt Soultz-sous-Fôrets (F); GPKx: wells.

The main activities performed on site during the year are shown in the schema below, which is taken from a presentation of Dr. Albert Genter (EEIG) given at the 1st Swiss-French Geothermal Workshop held at Neuchâtel on 10–11 November 2009.

Weitere internationale Kontakte

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

- [26] [B. Sigg, (info@doldergrand.ch), Dolder Grand Hotel, Zürich: Erfolgskontrolle und Planungsinstrumente für EWS-Feld Hotel Dolder Zürich (JB, 100'878)
- [27] D. Jenne, (terra.dj@bluewin.ch), Terra AG, Brittnau: Entwicklung eines Vertikal-Bohrgeräts (SB, 102'304)

- [28] A. Bass (albert.bass@bassalbert), Geothermie Brigerbad AG, 3900 Brig: Pilotprojekt Geothermie Brig-Glis (SB, 102'505; JB, 103'424)
- [29] P. Vallat (patrick.vallat@bluewin.ch), IF-WE, Lausanne: Géothermie profonde sur la côte lémanique (phase B) (JB, 103258)
- [30] J. Hoffmann (joerg.hoffmann@ewz.ch), ewz, Zürich: Geothermiebohrung Zürich Sonnentgarten (JB, 103'268)
- [31] Ph. Rudolf von Rohr (vonrohr@ipe.mavt.ethz.ch), ETH Zürich: Pilotanlage zur Entwicklung von Tiefenbohr-Verfahren mittels hydrothormaler Flamme (JB, 102'981)

Bewertung 2009 und Ausblick 2010

Die geothermische Forschung stand auch 2009 im Zeichen der Kontinuität gemäss dem laufenden Energieforschungskonzept. Bei der **untiefen Geothermie** wurden einerseits Projekte unterstützt, die sich mit Qualitätssicherung und langfristigen Erfahrungen befassen, und andererseits Projekte, die Erlaubnis- und Vollzugsstellen eine systematische und standardisierte Analyse von Erdwärmesonden erlauben sollen. Ein mehrjähriges Projekt wurde mit der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften lanciert, welche unter anderem mittels Labormessungen und Feldversuchen eine Optimierung der Erdsondenfluide zum Ziel hat. Eine Testanlage wird für Heat-pipe-Sonden errichtet, um neue oder unterschiedliche Fluide zu erproben und um für Heat-pipe-Sonden optimierte Wärmepumpen, z.B. in Split-Bauweise zu testen.

Zudem bleibt insbesondere bei grösseren, gut isolierten Gebäuden bleibt die (passive) Kühlung von grossem Interesse.

Bei den **tiefen hydrothermalen Ressourcen** lag im Jahr 2009 der Fokus auf der Unterstützung von Machbarkeits- und Identifikationsstudien, um der-einst möglichst vielen Projekten den Schritt zu den nächsten Phase der Projektevaluation und der Selektion von planbaren Konzepten zu ermöglichen. Zum einen sind Projekte der aus geologischer Sicht Hauptkonzepte der Schweiz (Molassebecken, Oberrheingraben und Rhonetal) vertreten, zum anderen haben Projekte sehr unterschiedliche wirtschaftliche, kommerzielle, organisatorische und politische Aspekte, welche die breite Diversität der schweizerischen geothermischen Landschaft widerspiegeln.

Auch wenn Projekte viele Gemeinsamkeiten und ähnliche Arbeitsprogramme (in der Hauptsache Bohrprogramme) planen, gibt es nur eine sehr geringe Bereitschaft der Projektträger, wirtschaftli-

che Risiken zu teilen und gemeinsam einen Lernpfad hinsichtlich der Abteufung und Standardisierung von Geothermiebohrungen vorzunehmen. Der Entwicklung wird durch die wirtschaftliche Landschaft bestimmt, welche von einem starken Fokus auf lokale Ansätze, Lösungen, und Akteure charakterisiert wird. Weiterhin wird das BFE daran arbeiten, den Informationsaustausch zwischen den verschiedenen Akteuren in diesem Bereich zu unterstützen.

Bei der **tiefen Geothermie bzw. den «Enhanced oder Engineered Geothermal Systems» (EGS)** stellt das europäische Forschungsprojekt in Soultz-sous-Fôrets einen Forschungsschwerpunkt dar. Die erfolgreiche Kurztestphase der ORC-Kraftwerksanlage 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 Projekt, wobei zum einen mit dem Betrieb der Kraftwerksanlage und zum anderen verschiedene Betriebsweisen der je zwei Produktions- und zwei Injektionsbohrungen mögliche Nutzungskonzepte getestet werden sollen. Um aus den bisherigen umfangreichen Investitionen möglichst grossen Nutzen zu ziehen, werden Messungen an Tiefbohrungen durchgeführt. Ermutigend ist die Tatsache, dass die Erfahrung der im Projekt Basel involvierten Spezialisten bei ähnlichen Projekten im Ausland sehr gefragt ist.

Für das Jahr 2010 (und folgende) sind bei der Ausrichtung des Forschungsprogramms keine grundsätzlichen Änderungen geplant. Die Jahre bis 2013 werden durch zunehmenden Spardruck und Budgetkürzungen charakterisiert, was keine Neuausrichtung zulassen wird. Der Forschungsaufwand im untiefen Bereich wird weiterhin 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 das Fündigkeitsrisiko zu senken und den Nachweis der technischen Machbarkeit erbringen zu können. 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 2009 vorhanden

(SB) Schlussbericht vorhanden

Dokumente sowie weitere Informationen auf www.energieforschung.ch unter der angegebenen Projektnummer.

Untiefe Geothermie

- [1] D. Pahud, (daniel.pahud@dct.supsi.ch), LEE – 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)
- [2] E. Rohner, (rohner@geowatt.ch), Geowatt AG, Zürich: *Erfahrungsbericht Heizen/Kühlen mit Erdwärmekörpern* (JB, 102'141)
- [3] 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* (SB, 101'680)
- [4] M. Eberhard (eberhard@eberhard-partner.ch) Effizienz- und thermische Behaglichkeitsermittlung einer über den Fussboden wirkenden erdgekoppelten Heiz- und Kühlanlage in Aarau (JB, 102'461)
- [5] M. Hubbuch (hubb@zhaw.ch), ZHAW, Wädenswil: *Optimierung von Erdwärmesonden* (JB, 103'353)
- [6] M. Eberhard J. Poppei (joachim.poppei@colenco.ch), AF_Colenco AG, Baden: *Grundlagedatenüberprüfung und Anpassungen des Groundwater Energy Designer Programms mittels realisierter Anlagen* (JB, 102'885) http://www.colenco.ch/deu/depts/ge/ged_order.html
- [7] J. Poppei, (POJ@colenco.ch) c/o Colenco Power Engineering AG, 5405 Baden-Dättwil: *Validierung GED* (JB, 102'885)
- [8] F. Rognon (fabrice.rognon@planair.ch), Planair SA, 2314 La Sagne: *Utilisation de géothermie profonde pour le chauffage de grands bâtiments avec des pompes à chaleur à très haute performance* (JB, 103'356)
- [9] S. Imhasly, (imhasly@geowatt.ch), Geowatt AG, Zürich: *Langzeiterfahrungen mit Erdwärmesonden-Systemen in der Schweiz* (JB, 103'022)
- [10] O. Sachs (sachs@eberhard-partner.ch), *Temperaturen und Wärmeförderung der Tiefensonde in Oftringen* (JB, 103'354)

Hydrothermale Geothermie

- [11] F.-D. Vuataz, (francois.vuataz@unine.ch), CREGE, Neuchâtel: *Implementation of BDFGeotherm database (Geo-*

thermal fluids in Switzerland) on Google Earth (SB, 101'842) www.crege.ch/BDFGeotherm

- [12] G. Bianchetti, (bianchetti@alpgeo.ch), ALPGEO SARL, Sierre: *Projet de géothermie profonde à Lavey-les-bains, étude de faisabilité* (SB, 102'130)
- [13] M. Huwiler (Marco.Huwiler@stadt.sg.ch), Stadt St. Gallen, *Machbarkeitsstudie Tiefen-Geothermie Stadt St. Gallen* (SB, 102'635)
- [14] D. Sidler (damien.sidler@sig-ge.ch) SIG, Genève: *Valorisation du forage géothermique à Thonex* (SB, 102'779)
- [15] P. Vallat (patrick.vallat@bluewin.ch), IFWE, Lausanne: *Géothermie profonde sur la côte lémanique (phase A)* (SB, 102'845)
- [16] U. Keiser (u.keiser@hanserconsulting.ch), BHP Hanser und Partner AG, 8021 Zürich: *Betriebs- und Trägerschaftskonzept für eine Explorationsgesellschaft der tiefen Geothermie* (SB, 102'924)
- [17] P. Huggenberger (peter.huggenberger@unibas.ch) Universität Basel: *3D-Reservoirmodell Region Basel* (JB 102'928)
- [18] E. Schill (eva.schill@unine.ch) Universität Neuchâtel: *Charakterisierung des geothermischen Reservoirs Riehen: 3D Struktur und Tracer-Test* (JB, 103'183)
- [19] B. Schüpbach (beat.schuepbach@win.ch), Stadt Winterthur: *Tiefe Geothermie Winterthur* (JB, 103'355)

EGS

- [20] F.-D. Vuataz, (francois.vuataz@unine.ch), CREGE, Neuchâtel: *Modelling stimulation geothermal wells (FracChem - LaGeo)* (102'888)
- [21] 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* (SB, 102'869)
- [22] K. Evans (keith.evans@erdw.ethz.ch) ETH Zürich, *Geotherm: Geothermal Reservoir Processes: Research towards the creation and sustainable use of Enhanced Geothermal Systems* (JB, 103'247)
- [23] F. Ladner (florentin.ladner@geothermal.ch), Geothermal Explorers, Pratteln: *Nachmessungen Geothermiebohrung Basel 1* (JB, 102'676)
- [24] Th. Mégel, (megel@geowatt.ch), Geowatt AG, Zürich: *Teilnahme am Geothermal Implementing Agreement der IEA, Fortsetzung 2009* (SB, 41'661)
- [25] 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, 102'187).

Liste der P+D-Projekte

- [26] B. Sigg, (info@doldergrand.ch), Dolder Grand Hotel, Zürich: *Erfolgskontrolle und Planungsinstrumente für EWS-Feld Hotel Dolder Zürich* (JB, 100'878)
- [27] D. Jenne, (terra.dj@bluewin.ch), Terra AG, Brittnau: *Entwicklung eines Vertikal-Bohrgeräts* (SB, 102'304)
- [28] Bass (albert.bass@bassalbert), Geothermie Brigerbad AG, 3900 Brig: *Pilotprojekt Geothermie Brig-Glis* (SB, 102'505; JB, 103'424)
- [29] P. Vallat (patrick.vallat@bluewin.ch), IFWE, Lausanne: *Géothermie profonde sur la côte lémanique (phase B)* (JB, 103258)
- [30] J. Hoffmann (joerg.hoffmann@ewz.ch), ewz, Zürich: *Geothermiebohrung Zürich - Sonnengarten* (JB, 103'268)
- [31] Ph. Rudolf von Rohr (vonrohr@ipe.mavt.ethz.ch), ETH Zürich: *Pilotanlage zur Entwicklung von Tiefenbohr-Verfahren mittels hydrothermalen Flamme* (JB, 102'981)

Referenzen

- [32] International Energy Agency, Implementing Agreement for a Co-operative Programme on Geothermal Energy Research and Technology (<http://www.iea-gia.org/>)
- [33] 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
- [34] 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
- [35] Stefan Baisch et al., Deep Heat Mining Basel – Seismische Risikoanalyse, Amt für Umwelt und Energie des Kantons Basel-Stadt, 30. November 2009, <http://www.wsu.bs.ch/geothermie>
- [36] G. Siddiqi und R. Minder, Geothermie – Stand und Herausforderungen für die nachhaltige Entwicklung, FORUM GEOÖKOL. 20 (1), 2009
- [37] International Partnership for Geothermal Technology, <http://internationalgeothermal.org>