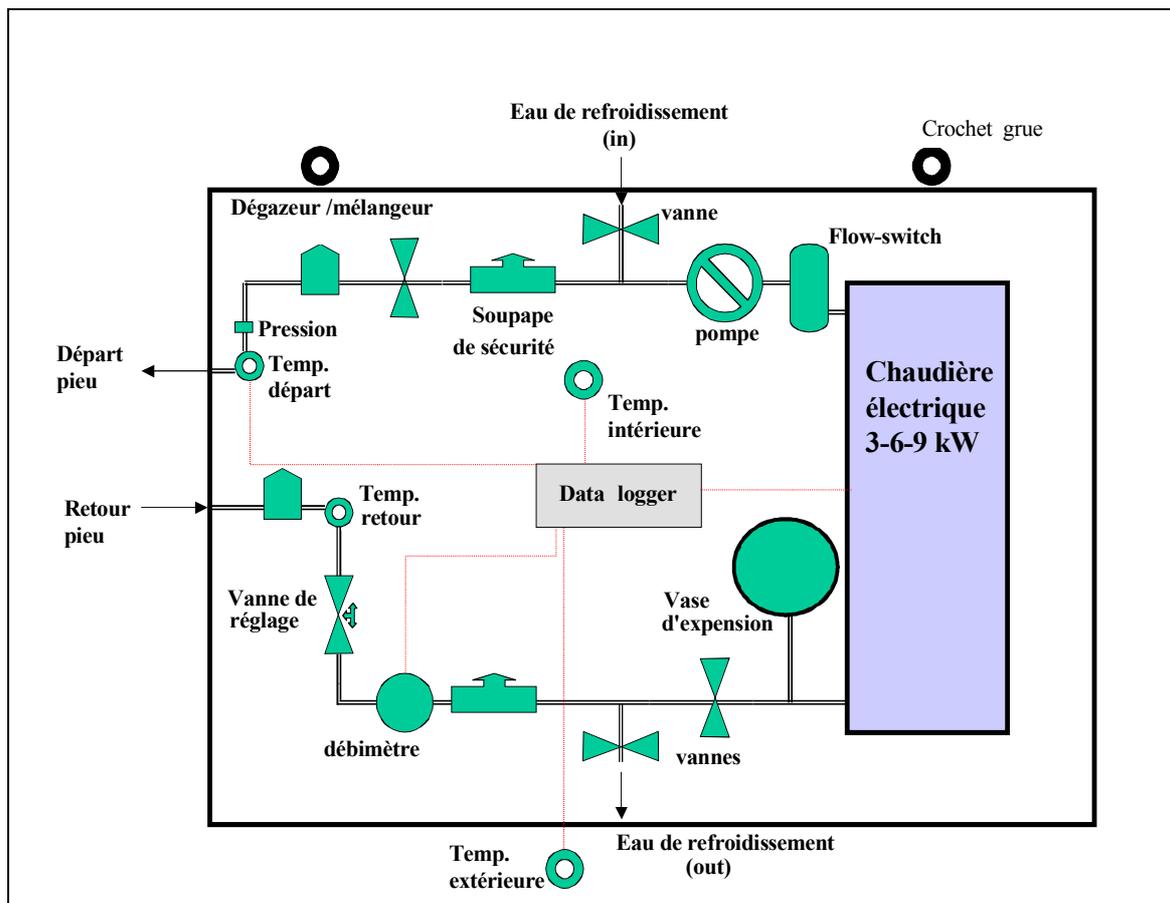


GEOOTHERMIE

Überblicksbericht zum Forschungsprogramm 2001

Dr. H.L. Gorhan

harald.gorhan@ewe.ch; <http://geothermal-energy.ch/>



Schema einer geothermischen Response-Test Apparatur

Für die korrekte Auslegung von geothermischen Grossanlagen ist die Kenntnis der In-situ Wärmeleitfähigkeiten unerlässlich. Obiges Schema zeigt den elektrischen Boiler (3 bis 9 kW), das Expansionsgefäss (50 L), die Umwälzpumpe (0 – 2,5 m³/h) und den Vor- und Rücklauf zum Energiepfahl bzw. zu einer Erdwärmesonde.

Programmschwerpunkte und anvisierte Ziele

Fortsetzung der beiden **Schlüsselprojekte von nationaler Bedeutung**:

- Deep Heat Mining (DHM), inklusive Standort-spezifische Abklärung für Folgeobjekte (z.B. Genf) und Teilnahme am Geothermal Implementing Agreement der IEA.
- Zusammenstellung von Grundlagendaten zwecks Wärmenutzung der beiden AlpTransit Tunnelröhren als Entscheidungsgrundlage für kant. Energiefachstellen und AlpTransit-Gesellschaften.

Auf dem Gebiet **Erdwärmesonden (EWS), EWS-Sondenfelder** und **Geostrukturen** (in erster Linie Energiepfähle) standen die folgenden Forschungsziele im Zentrum:

- Forschung bezüglich Hinterfüllung und Stabilitätsverhalten von Erdwärmesonden tiefer als 300 m. Aufgrund der höheren Quellentemperaturen werden bereits seit einigen Jahren Erdwärmesonden in immer grössere Tiefen verlegt. Wegen des in diesen Tiefen erhöht wirksamen Erddruckes, müssen neue Konstruktionstypen bzw. Materialien für Sonden und Hinterfüllungen getestet werden.

- Beweisführung über das betriebliche Langzeitverhalten von konventionellen untiefen und übertiefen EWS.
- Forschung über die gegenseitige Beeinflussung von Erdwärmesonden und Energiepfählen (Einhalten von Minimalabständen zur Vermeidung von Interessenskonflikten, d.h. von nachbarlichem *Wärmeklau*).
- Der Kanton Tessin stellt bezüglich der Dichte von EWS-Anlagen noch immer einen *weissen Fleck* in der Schweiz dar. Mit Hilfe der in Arbeit befindlichen geothermischen Karte Tessin soll diesem Problem nachgegangen werden.
- Zur Auslegung von grösseren Erdwärmesondenfeldern und Energiepfählanlagen wird die genaue Kenntnis von Bodenparametern, wie thermischer Leitfähigkeit etc., immer wichtiger. Um diese vor Ort zu messen benötigt man mobile und im Betrieb kostengünstige Messinstrumentarien (z.B. *response test* Geräte, s. Fig. 2). Eine entsprechende Forschungsarbeit ist an der EPFL soeben erst angelaufen.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse 2001

Deep Heat Mining; Entwicklung der Hot-Dry-Rock/Hot-Wet-Rock Technologie (HDR/ HWR) in der Schweiz; 2001 [1] / Technischer Bericht, Geothermie-Sondierbohrung Otterbach 2, Basel [3]: Die Sondierbohrung Otterbach 2 hat die Standorteignung von Basel nachgewiesen. Die Temperaturverhältnisse zeigen an, dass die Chancen sehr gut sind, in 5'000 Metern Tiefe Formationstemperaturen von mindestens 200 °C anzutreffen (Fig. 1). Die Orientierung des Spannungsfeldes im Kristallin zeigt keine signifikante Abweichung von den bisherigen oberflächennahen Daten.

Die Standortevaluation in Genf wurde programmgemäss weitergeführt. Geologischen Vorabklärungen erfolgten durch ein lokales Geologiebüro. Parallel dazu wurde ein Pflichtenheft für eine UVP vorbereitet.

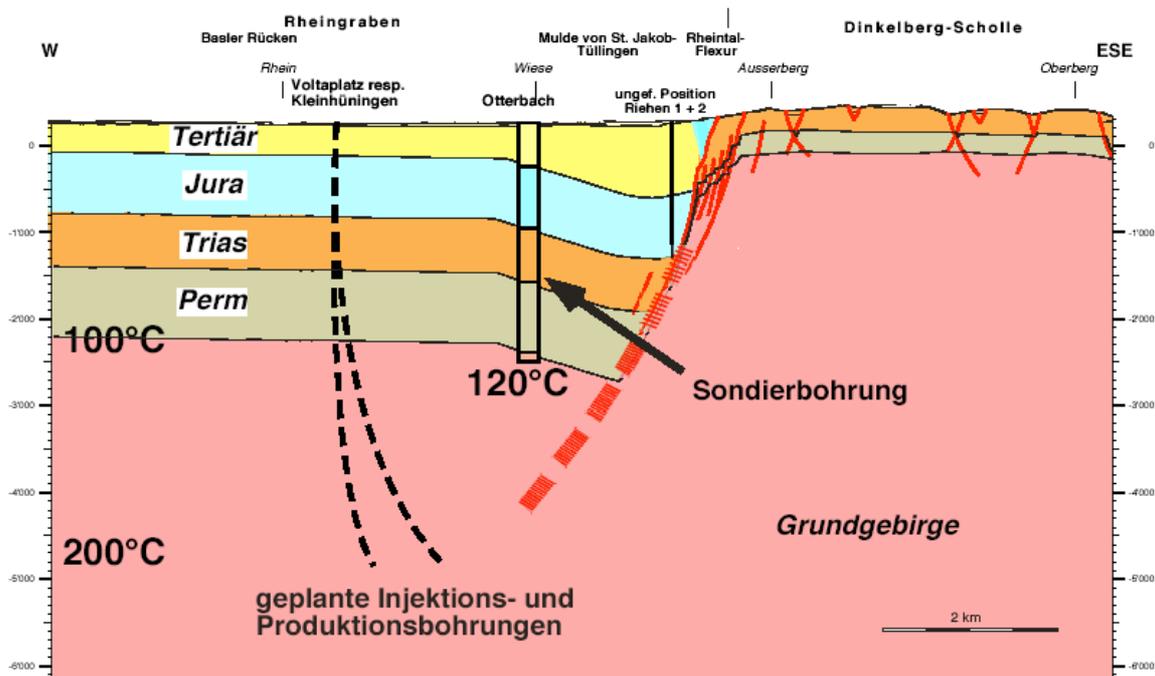
Auf Anfrage des zuständigen kantonalen Departements (DIAE) haben die Industriellen Werke Genf (Services Industriels de Genève, SIG) formell die Teilnahme am DHM Projekt beschlossen.

Zum Standort Aïre haben die Gemeinde Vernier und die Stadt Genf (Grundeigentümer) grundsätzlich positiv Stellung genommen.

Teilnahme am *Geothermal Implementing Agreement der IEA (Annex III, Hot Dry Rock)* [2]. On the organisational side, the year 2002 has seen a consolidation of the structure, together with its further development into new Annexes and, on the technical side, a steady continuation of the work on the two following themes defined:

- data collection and organization for specific sites and projects
- definition of data required for a generic HDR project.

Over the past three years, the concept of the generic project has been built up. Data requirements for the early stages of planning a realistic HDR-plant are added continually, and in 2001 work has started on the construction of a means of presenting and viewing the data requirements.



Figur 1: Bohrung Otterbach: geologische Strukturen und Tiefentemperaturen

Potentiel géothermique et possibilités d'utilisation des eaux des tunnels de base d'Alp-transit. État des investigations [4] / Statusbericht Wärmenutzung warmer Tunnelwässer aus dem St. Gotthard und Lötschberg – Basistunnel [5]. L'état d'avancement des chantiers des deux tunnels de base laisse prévoir leur mise en service en 2007 pour le Lötschberg et en 2013 pour le St-Gothard. En phase d'exploitation, les estimations laissent envisager des débits d'eau utilisables entre 80 et 250 L/s, en fonction des venues d'eau réelles et des travaux d'étanchement effectués dans les tunnels. Les températures des eaux attendues aux portails sont estimées entre 18 et 24 °C [36], si bien que le potentiel thermique utilisable à chacun des quatre portails se situe entre 5 et 18 MW, soit un total de l'ordre de 40 MW.

Lebensdauer von EWS in Bezug auf Druckverhältnisse und Hinterfüllung [6]: Dieses Projekt hat gezeigt, dass die Erdwärmesonde ein sehr robuster Bauteil ist, wenn die entsprechenden Auslegerichtlinien nach VDI 4640 [33] oder nach der Broschüre *Geothermie, praktische Nutzung von Erdwärme* [34] beachtet werden. Die Lebensdauer liegt in der Grössenordnung des Gebäudes selber, dabei sind aber keine Unterhaltarbeiten und Renovationen notwendig. Bei krasser Überbelastung kann eine EWS jedoch versagen. Bei druckfestem, nicht bindigem Un-

tergrund (z.B. Sand-, Kies-, Schotter-Gemischen) besteht die Gefahr, dass die EWS abgeklemmt wird. Besteht der Untergrund aus bindigem, duktilem Material (Lehm, Schluff, Silte, Feinsande), so kann durch die Eisbildung der Untergrund verdrängt werden, und es kann zu Trichterbildungen kommen. In einigen Fällen konnte auch beobachtet werden, dass die Sonde durch die anhängenden Eismassen abgerissen wurde.

Zusammenfassend konnte nachgewiesen werden, dass eine EWS bei richtiger Anwendung ein äusserst robuster Bauteil mit sehr langer Lebensdauer ist. Dadurch kann mit geringem Energieaufwand eine sehr grosse Menge an erneuerbarer Energie aus dem Untergrund schonend und nachhaltig gewonnen werden.

Langzeitverhalten der Erdwärmesondenanlage Elgg [7]: Das Betriebsverhalten der Anlage (nur Beheizung) wird seit 1986 messtechnisch überwacht. Dabei zeigte es sich, dass die Untergrundtemperaturen, gemessen jeweils unmittelbar vor Beginn der neuen Heizperiode, über die letzten Betriebsjahre stabil blieben. Dies auf einem Niveau, welches ca. 1,8 K tiefer liegt als vor der ersten Inbetriebnahme im Dezember 1986. Extrapolationen aufgrund von (geeichten) Modellrechnungen zeigen des weiteren, dass selbst nach 50 Betriebsjahren praktisch keine weitere Abkühlung des Untergrundes stattfinden wird.

Tiefe Erdwärmesonde Weggis – Messkampagne zur Dokumentation der neuen Einflüsse beim Ausbau der Abnehmerleistung [8]: Die **tiefe EWS Weggis** (2'281 m) wurde 1994 in Betrieb genommen. In den Jahren 1995 bis 2000 lieferte sie jährlich eine Wärmemenge von rund 220 MWh für Direktheizung sowie als Quelle für Wärmepumpen (WP) zur Heizung und Warmwasseraufbereitung. Der direkte Heizungsanteil lag bei über 60%. Die Abnehmerleistung hat rund 100 kW betragen. Die Quelltemperatur der Tiefensonde hat bei gut 40 °C und die Rückgabetemperatur bei knapp 35 °C gelegen.

Im Laufe des Betriebsjahres 2000/2001 wurde die Abnehmerstruktur um drei Mehrfamilienhäuser erweitert. Dadurch hat sich die Abnehmerleistung praktisch verdoppelt. Die dem Sondenkreislauf entnommene Wärme hat sich ebenfalls auf 420 MWh verdoppelt. Die Quelltemperatur der Tiefensonde liegt nun bei knapp 40 °C und die Rückgabetemperatur bei rund 30 °C. Nach bald acht Jahren Betriebsdauer funktioniert auch diese Anlage erwiesenermassen (tatsächliche Messwerte) tadellos.

Long Term Influence of Multiple Heat Extraction Bore Holes [9]: Due to the increasing density of borehole heat exchanger (BHE) systems in Switzerland, their mutual influence needs to be investigated. Depending on the number of systems involved, it may take from several tens up to several hundred of years for typical BHE lengths of ~100m before they start influencing each other. There is however a need to account for their long term influence since this situation is supposed to occur more often in future, as the number of ground coupled heat pump systems (GCHP system) steadily increases with time. Since it is difficult to collect measurements of thermally interacting BHE under these conditions, only simulation programs will provide a solution to this problem. This topic needs also to be studied to discuss themes such as *neighbours rights* or sustainability related to GCHP system.

Geothermische Karte Tessin. Wärme aus Boden und Wasser – Kanton Tessin [10]: Der Grundgedanke des Projektes ist es, einen Beitrag zu einer besseren Verbreitung der Geothermie im Tessin zu leisten. Dazu soll ein elektronischer Datenträger hergestellt werden, der in ansprechender Form Informationen zum Thema Geothermie enthält. Berücksichtigt werden Projekte zur Gewinnung von Wärme aus Boden (Erdwär-

mesonden, Erdregister und Energiepfähle) und Grundwasser. Als Datenträger kommen CD-ROM und eventuell das Internet in Frage. Ein weiterer zentraler Teil des Projektes ist die Bestimmung der thermischen Parameter der wichtigsten Gesteine im Tessin. Die Herstellung der dazu nötigen Apparaturen sowie die Messung der Gesteinseigenschaften werden an der lokalen Fachhochschule der italienischen Schweiz (SUPSI) ausgeführt, um den Aufbau von lokalem Know-how zu fördern.



Figur 2: Appareillage pour le test de réponse

Finalisation du module de l'EPFL pour les tests de réponse [11]: Les buts du projet sont:

- L'optimisation des dimensions de ce module de chauffage, afin de faciliter son transport. Idéalement l'appareillage devrait être palettisable et être équipé pour sa manutention par des transpalettes ou par des élévateurs sans risque d'endommagement des composants. Cette optimisation nécessite la reconstruction totale du module (fig. 2).
- La qualité des mesures devrait être identique, voire supérieure par une isolation thermique grandement améliorée de tous les composants et une diminution des pertes de charges dans la tuyauterie.
- Une gamme plus étendue de puissance sera également à disposition pour ce nouveau module

Des tests d'étalonnage et de contrôle de ce module sont prévus, de même que l'étalonnage de tous les capteurs installés. L'automatisation des mesures ainsi que du test est également prévue

avec une acquisition automatique des données telles que les températures (4 capteurs), le débit, la consommation électrique au moyen d'un data-logger et d'un ordinateur portable pour le transfert des données.

L'accréditation selon l'EN 45'000 de l'essai de test de réponse pour sondes géothermiques est également prévue dans le cadre de cette requête. Elle nécessite l'établissement d'un mode opératoire détaillé et de procédures d'étalonnage des capteurs et du module très précises. Ce module de chauffage pour les tests de réponse des sondes géothermique sera le seul appareilla-

ge fonctionnel en Suisse avec de telles performances. Dans sa conception future, il pourra être facilement transporté sur les emplacements prévus pour des essais pour être raccordé à toutes futures sondes. Cet appareil est également performant pour tester les projets de stockage de chaleurs dans les sols au moyen de géostructures (pieux thermiques par exemple). Tous les projeteurs et réalisateurs suisses de constructions d'échangeurs de chaleur dans le terrain pourraient profiter de cette installation pour déterminer la conductibilité thermique des sols pris en compte

Nationale Zusammenarbeit

Im Jahr 2001 wurden vom **SVG drei Bulletin-Nummern** veröffentlicht, die auch im Ausland Beachtung fanden. Nebst eher wissenschaftlichen Artikeln und technischen Beschreibungen von verschiedenen geothermischen Anwendungen, finden sich auch Ankündigungen über Fachvorträge, Kongresse, etc. im In- und Ausland. Des weiteren bietet das Bulletin die Möglichkeit für Firmenannoncen aus der Geothermie Branche (z.B. Bohrfirmen, EWS-Installationsfirmen, etc.)

Die komplett neugestaltete Homepage www.geothermal-energy.ch hat mittlerweile einen beachtlichen Bekanntheitsgrad erreicht und führte zu zahlreichen Anfragen sowohl aus dem In- als auch dem Ausland. Von mehreren Projektmandanten wurden zudem Presseartikel und Beiträge für Fachzeitschriften verfasst.

Im Zuge der Projektabwicklung im Berichtsjahr, wurde mit den folgenden Schweizer Institutionen aufs engste zusammengearbeitet:

- **Universitäten und Fachhochschulen:** Institut für Geophysik der ETHZ, Centre d'hydro-

géologie de l'Université de Neuchâtel, Département de génie civil, Institut des sols, roches et fondations de l'EPFL, Centre universitaire d'étude des problèmes de l'énergie de l'Université de Genève, Istituto Scienze della Terra, Laboratorio di energia, ecologia e economia della Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana, Haute École valaisanne (HEVs) und der Fachhochschule Burgdorf;

- **Stromindustrie:** BKW, ATEL, Elektra Basel-land, Industrielle Werke Basel (IWB)
- **Agenturen und Fachverbände:** Agentur für erneuerbare Energien und Energieeffizienz (AEE), Energie-Agentur der Wirtschaft (EnAW), Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS)
- **Energiefachstellen:** Zusammenarbeit mit alle Energiefachstellen in der Romandie und im Tessin und mit denjenigen der grösseren deutschsprachigen Kantonen;
- **Zahlreiche Stadt- und Gemeindevertretungen.**

Internationale Zusammenarbeit

Die Teilnahme am **Geothermal Implementing Agreement der IEA** ist im Kapitel *durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse* beschrieben. Im Kontext dieses Projektes sind die folgenden Aktivitäten von Herrn Prof. L. Rybach erwähnenswert:

Chairman des Geothermal Implementing Agreement (GIA) Executive Committee.

- Abfassen des *GIA Annual Report 2000* (zusammen mit J. Garnish, ExCo Secretary)
- Vorbereitung von neuen Annexen (*VI: Power Generation, VII: Drilling Technology, VIII: Direct Use, IX: Market Acceleration*)
- Vertretung der GIA bei der REWP (Paris, 23.1.2001, 4.4.2001)

- Co-Chairman, GIA-GEF (*Global Environmental Facility* der Weltbank) Alliance meeting (Brussels, 7.3.2001)
- Vorbereitung und Leitung des 6th GIA ExCo meeting (Brussels, 8./9.3.2001)
- Ausarbeitung des GIA End of Term Report (zusammen mit *J. Garnish*, ExCo Secretary)
- Vertretung der IEA beim DANCEE Workshop *Future of Geothermal Energy in Central and Eastern European Countries* (Copenhagen, 8./9.10.2001)

Des weiteren war Herrn Prof. *L. Rybach* in der *International Geothermal Association (IGA)* wie folgt aktiv tätig:

- Abschlussarbeiten als Chairman, *WGC2000 Organizing Committee (OC)*
- Vorbereitung und Leitung der letzten OC meetings (Ankara, 26./27.2.)
- Sitzung mit dem *Turkish Organizing Committee (TOC)* for WGC2005 (Ankara, 27.2.)
- Kompilation und Redaktion des *Turnover Manuals Review of WGC2000 Organization and Suggestions for WGC2005 Committee*

- Ausarbeitung des *Memorandum of Understanding (MOU) between TOC and IGA*
- Kandidat für Board of Directors (BoD) Election für die Amtsdauer 2001-2003 (gewählt mit der zweithöchsten Stimmenzahl aus 60 Kandidaten)
- Wahl zum IGA Vice President

In verschiedenen europäischen Ländern hat Herr Prof. *L. Rybach* Vorträge gehalten; an der Universität Oradea wurde er zum Honorarprofessor ernannt.

Die beiden folgenden **EU- Geothermie- Programme** wurden vom *Bundesamt für Bildung und Wissenschaft (BBW)* finanziell unterstützt:

- ***Fluid-rock interactions and geochemical modelling of the formation brine in the fissured reservoir of Soultz-sous Forêts HDR test site*** (EC JOR3-CT98-0313, BBW # 98.0008-3).
- ***Data analysis and controls towards understanding reservoir behavior and the creation of a conceptual reservoir model*** (EC JOR3-CT98-0313, BBW # 98.0008-1).

Pilot- und Demonstrationsprojekte

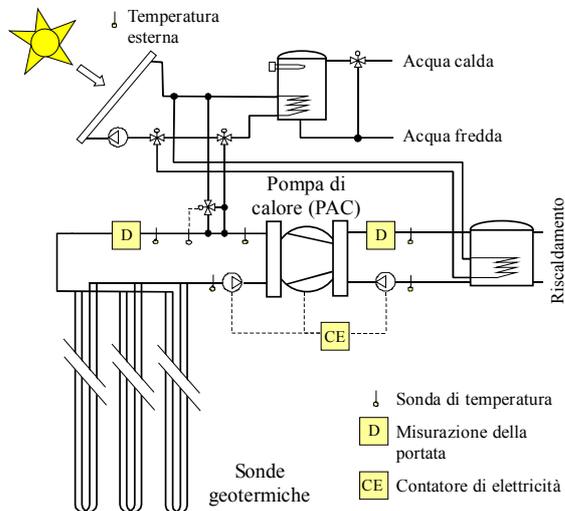
Demonstrationsprojekt zum Effizienzvergleich zwischen konventioneller (tiefer) EWS und der Neuentwicklung einer Regenschirm-Erdwärmesonde [12]: Beim Neubau des CAS Gebäudes in *Wattwil*, Kanton St. Gallen, wurden vier Erdwärmehohrungen à 250 m (EWS 1, 2, 4) und eine Erdwärmehohrung à 230 m (EWS 3) abgeteuft. Dabei wurden in den beiden Bohrungen EWS 1 und 2 zwei herkömmliche Doppel-U-Sonden (*Duplex-Sonden*) und in den Bohrungen EWS 3 und 4 zwei neuartige, von der Firma *NEK Umwelttechnik* entwickelte Regenschirmerdwärmesonden eingebaut. In Zeitreihengrafiken der Temperaturen der beiden Bohrungen EWS 4 und EWS 2 konnte nachgewiesen werden, dass, auch lokal, bis zum Vorliegen des ersten Zwischenberichtes keine thermische Übernützung vorlag. Die Auswertung der Temperatur-, Druck- und spezifischen Leistungsdaten ergab insbesondere, dass die Leistung der Sonden mit den bis zu diesem Zeitpunkt gefahrenen Einstellungen massgeblich von der Durchflussmengenvariation abhängig war. Eine eindeutige Überlegenheit eines der beiden Sonden-

typen konnte noch nicht schlüssig nachgewiesen werden.

Mesure des performances thermiques d'une pompe à chaleur sur sondes géothermiques avec recharge partielle à Lugano [13]: Grâce à Monsieur *L. Ferrari*, président de *GESTI (Groupe Energie Solaire du Tessin)*, ce projet à pu voir le jour. Comme on a du changer la pompe à chaleur, qui utilisait l'air comme source froide, on a profité de cette occasion pour faire installer une pompe à chaleur couplée à trois sondes géothermiques pour utiliser le rocher comme source froide. Ce projet offre l'occasion unique de mesurer les performances thermiques d'une installation pilote de pompe à chaleur sur sondes géothermiques, combinée avec des capteurs solaires pour la recharge partielle du terrain en été par les gains solaires non utilisés (fig. 3).

Les principaux résultats du projet sont la planification et la mise en place des appareillages de mesure, comprenant également l'étalonnage des capteurs de température. La qualité des mesures effectuées permet d'établir un bilan énergétique précis de la pompe à chaleur et des sondes géo-

thermiques dont les premiers résultats sont présentés. Elles permettent en outre de montrer les bonnes performances du système, même si le réglage des températures de consigne pour le chauffage n'est pas encore achevé.



Figur 3: Schéma de principe de l'installation Ferrari, Lugano

Wirtschaftlichkeitsermittlung einer Sondensolation im obersten Abschnitt einer EWS-Anlage in Otelfingen [14]: Für die Beheizung von zwei Doppel-Einfamilienhäusern wird geothermische Energie verwendet. Die bisherigen Messungen haben ergeben, dass eine in den oberen Abschnitten isolierte EWS wärmetechnisch besser abschneidet als eine nicht isolierte. Der tatsächlich wirtschaftlich-technische Gewinn kann aber erst nach der nächsten Heizperiode eruiert werden.

WP – Anlage Chestonag Automation AG, Seengen AG [15]: Im Zusammenhang mit dem Umbau eines ehemaligen Fabrikgebäudes zu Büroräumlichkeiten, wurde 1999 eine neue umweltfreundliche Heizanlage mit integriertem Kühlungssystem (Free-Cooling System) eingerichtet. Hierzu wurden insgesamt 4 Bohrungen à 250 m Tiefe realisiert. Die mit den Erdwärmesonden gekoppelten Wärmepumpen (5 Stück à 14 kW) entziehen im Winter dem Erdreich die benötigte Wärme. Im Sommer wird die Betriebswärme unter Umgehung der Wärmepumpen gleichmässig über die 4 Erdwärmesonden dem Erdreich zugeführt. Um die Einflussnahme der atmosphärischen Bedingungen der obersten Bodenbereiche sowohl beim Wärmeentzug (tiefe Bodentemperaturen) wie auch bei der Wärmerückgabe im Sommer (hohe Bodentemperaturen)

auszuschliessen, wurden bei den Sonden die obersten 8 m und die Zuleitungen zum Haus isoliert. Mit den bis jetzt erhobenen Daten lässt sich erkennen, dass die Anlage in der Heizperiode effizient arbeitet ($\frac{1}{4}$ Strominput zu $\frac{3}{4}$ Wärmeentzug). Im Free-Cooling Betrieb wird die Betriebsabwärme über die gesamte Sondenlänge zurückgegeben. Nach einer Anfangsphase, in welcher aufgrund der anfänglich tiefen Sonden-temperaturen vor allem in den tieferen Bereichen der Sonde viel Betriebsabwärme ins Erdreich gelangt, wird in der späteren Phase hauptsächlich in den oberen Bereichen der Sonde (90 • 100 m Tiefe) Wärme zurückgegeben. Ein Vergleich der Sondentemperaturen untereinander zeigt, dass sowohl in der Heizperiode wie im Free-Cooling Betrieb sehr ähnlichen Werte auftreten.

Pieux énergétique avec distribution de chaleur et de froid intégrée dans la structure : Centre Scolaire Vers-l'Église / Fully [16]: Cette nouvelle école fut réalisée en conformité avec le Standard Minergie. En raison de la qualité médiocre du sous-sol, la construction a été fondée sur des pieux. Ces derniers sont équipés en échangeurs thermiques, selon le principe des pieux énergétiques, et servent au chauffage et au refroidissement du bâtiment.

Les premières mesures effectuées durant l'année 2001 ne permettent pas encore de tirer des conclusions très réalistes, particulièrement pour la saison froide, d'une part du fait que le bâtiment était inhabité ou même partiellement en phase de construction. Cependant, quelques tendances s'y dégagent. L'installation en place présente des coefficients de performance de l'ordre de 5, sans comptabilisation des énergies auxiliaires, et de 4 tout compris. Le fonctionnement estival permet de recharger une bonne partie de la source froide tout en maintenant un confort intérieur remarquable. L'inertie thermique du bâtiment favorise également le bon maintien des consignes de température. Finalement, la fréquence d'enclenchements / déclenchements des compresseurs est faible, ce qui favorise grandement leur durée de vie.

Dock Midfield de l'aéroport de Zürich: mesure et optimisation des performances thermiques du système avec pieux échangeurs [17]: Dieses auf (Energie-) Pfählen (Fig. 4) stehende Flughafengebäude ist nun fertig erstellt, und ab Frühjahr 2002 kann mit der Erfolgskontrolle (Messkampagne) der Wärme-Kälteproduktion aus der *Energiepfählanlage* begonnen werden.



Figur 4: Baustelle Dock Midfield: Einbringen der Energiepfähle

Regionalgefängnis Rheintal, Altstätten, SG: Beheizung und Klimatisierung mittels Energiepfählen, gekoppelt mit Erdwärmesonden, Erfolgskontrolle [18]: Das Hochbauamt des Kantons St. Gallen erstellt in *Altstätten* im Gebiet *Hadler* ein neues Regionalgefängnis. Die Energieversorgung des Gebäudes erfolgt monovalent über alternative Energiequellen. Dazu werden einerseits die gerammten Pfähle als Energieträger genutzt, andererseits zusätzlich 6 Erdwärmesonden abgeteuft. Zur Qualitätssicherung wurde unmittelbar nach Fertigstellung der Horizontalanbindung das System unter Druck von 8 bar gesetzt, um allfällige Leckagen vor den Betonierarbeiten frühzeitig zu erfassen. Dieser Druckzustand wurde bis einige Tage über den Betonierzeitpunkt der jeweiligen Etappe aufrechterhalten und periodisch überwacht. In keinem der kontrollierten Kreisläufe wurde ein Druckverlust festgestellt. Die Inbetriebnahme des Gebäudes und der damit verbundene Beginn der Erfolgskontrolle (Messungen über zwei volle Heizperioden) werden anfangs 2002 erfolgen.

Demonstrationsprojekt zur Energieeffizienz einer grossen Wohnüberbauung (Unteres Hompeli, SG) im Minergie-Standard, deren Wärmebedarf monovalent durch ein Feld tiefer Erdwärmesonden abgedeckt wird [19]: Die Versicherungskasse des Kantons St. Gallen baut in St. Gallen -Ost eine neue Wohnüberbauung, bestehend aus 4 grossen Mehrfamilienhäusern, die über eine gemeinsame Tiefgarage miteinander verbunden sind. Die Wärmeversorgung der im Minergie-Standard projektierten Gebäude wird über ein monovalentes Erdwärmesondensystem erfolgen, wobei jedes Haus eine eigene Heizzentrale aufweist. Die Planung sieht folgende Eckdaten vor:

- Gebäude 1: QH = 30 kW, 2 EWS à 250 m Tiefe
- Gebäude 2: QH = 38 kW, 3 EWS à 220 m Tiefe
- Gebäude 3: QH = 44 kW, 3 EWS à 250 m Tiefe
- Gebäude 4: QH = 33 kW, 2 EWS à 275 m Tiefe

Die gesamte Energieversorgung erfolgt für alle 4 Gebäude monovalent, d.h. ohne Sicherheits- oder Backupsystem. Die Auslegung des Erdwärmesondenfeldes (10 Bohrungen) erfolgte mit dem *eed- Programm*. Ziel des Projektes ist es abzuklären, inwiefern sich im Erdwärmesondenfeld die einzelnen Sonden (Durchmesser: 40 mm, Doppel- U) gegenseitig beeinflussen und wie schnell sich der Untergrund (Molassefels) nach dem Wärmetzug wieder regenerieren kann. Mittels eines Vergleiches der *eed- Auslegung* sowie eines Response-Tests soll die Auslegung des Sondenfeldes validiert werden. Mit den Untergrundarbeiten konnte begonnen werden. Die für die Erfolgskontrolle nötige Instrumentierung wird im kommenden Frühjahr erfolgen.

Zweijährige Erfolgskontrolle (Messkampagne) der Grundwasser-Wärmepumpen-Anlagen Pfarrhaus Bremgarten [20], bzw. der Wohnsiedlung Winkel in Remigen (AG) [21] und Feuerwehrmagazin und Wohnungen Sisseln, AG [22]: In drei Grundwasser-Wärmepumpen Anlagen (Grundwasser hoch bei der Anlage *Sisseln*, Grundwasser tief bei der Anlage *Remigen*, bzw. Grundwasser in unmittelbarer Nähe eines Oberflächengewässers bei der Anlage *Bremgarten*) wird je ein entsprechendes Messsystem eingerichtet. Dieses ermittelt Grundwasserstand und -temperatur sowie den Wärmetzug bei dem Entnahmekreislauf, den Wärmebedarf im Sekundärkreislauf und den Strombedarf für den Verdichter der Wärmepumpe. Zusätzlich wird ein Betriebsstundenzähler eingesetzt und die Rücklauftemperatur unmittelbar vor der Rückgabe ins Grundwasser ermittelt. Mit diesem Messsystem ist es möglich, für die jeweilige Anlage eine Wärmebilanz zu erstellen und so die Effizienz der jeweiligen Anlage zu ermitteln, um diese dann untereinander vergleichen zu können. Weitere Faktoren, wie direkte Entnahme und Rückgabe ins Grundwasser oder das Versickern des Grundwassers, können ebenso bilanzmässig erfasst werden. Mit Beginn der entsprechenden Erfolgsmessungen wird im Frühjahr 2002 begonnen.

Geothermie Contracting Solar One, Itingen, BL [23]: Die geothermische Dubletten-Anlage der *Siedlung Solar One* in Itingen BL ist das Resultat eines vom BFE und dem Kanton Baselland

unterstützten Pilotprojekts für ein geothermisches Wärmeversorgungskonzept *im Heat-Contracting* Verfahren. Die Anlage besteht aus einer Dublette (Entnahme- und Rückgabeburgen), welche Felsgrundwasser des *Oberen Muschelkalkes* in einer Tiefe von 265 m erschliesst. Zurzeit werden sechs Wohneinheiten mit Wärme und Warmwasser durch geothermisch produzierte Wärme versorgt. Die Überbauung eines benachbarten Baugeländes ist in Planung. Der Anschluss an die Geothermie-Dublette wäre sinnvoll, da noch genügend geothermische Energie vorhanden wäre. Die Anlage ist zurzeit bei weitem nicht ausgelastet. Die Konzession wurde mit folgenden Auflagen bewilligt:

- Max. Wasserentnahme 5 L/s
- Abkühlung ($T = 12\text{ K}$)

Die Leistung der Wärmequelle mit den entsprechenden Installationen (Unterwasserpumpe auf 100 m) und der Ergiebigkeit von 5 L/s bei einer Absenkung von 50 m beträgt insgesamt 250 kW. Der Ausbau der Siedlung und dementsprechend der Heizanlage erfolgt stufenweise. Zur Drosselung der Fördermenge ist die Unterwasserpumpe frequenzgesteuert. Im jetzigen Betrieb übersteigt die Fördermenge kaum 2 L/s. Dem Grundwasser, das mit 22 °C in den Wärmetauscher eintritt, werden maximal 7 K entzogen. Die Grundwasserfassung sowie die Rückführung funktionieren einwandfrei.

Geothermische Wärmepumpe, Schulhaus Egelsee, Kreuzlingen [24]: Für den Badebetrieb ist die jetzt zugeführte Thermalwassermenge ideal. Zudem ist der Stromverbrauch für die Bohrpumpe bei der einregulierten Fördermenge von ca. $60\text{ m}^3/24\text{ h}$ und dem sich einstellenden Wasserstand von max. 100 m u. T. tief. Da weder Menge noch Temperatur auf die Wärmepumpe grossen Einfluss haben, sollte der Badebetrieb die 1. Priorität behalten. Die WP-Anlage konnte die erwünschte Substitution von nichterneuerbaren Energien durch Abwärmenutzung erhöhen. Bis heute wurden rund 110 MWh aus dem Abwasser gewonnen, bzw. 131,1 MWh Nutzwärme erzeugt. Bei Fördermengen von $30 \cdot 73\text{ m}^3/24\text{ h}$ schwankt die Temperatur im Normalbetrieb zwischen $23,1$ und $27,9\text{ °C}$. Diese Temperaturschwankungen sind praktisch nur von der geförderten Wassermenge abhängig, welche direkt die Höhe des Wasserstandes im Bohrloch beeinflusst. Dieser Einfluss zeigt sich deutlich bei Beckenfüllungen nach den Sommerferien, wenn die max. mögliche Wassermenge gefördert wird und dabei der Wasserstand von

ca. 100 m auf 175 bis 190 m u. T. absinkt. Dabei steigt die Wassertemperatur um bis zu max. $5,9\text{ °C}$. Die Jahreszeit bzw. Aussenlufttemperatur hat praktisch keinen Einfluss auf diese Temperatur. Die Auskühlung des Thermalwassers vom Bohrloch bis Eintritt ins Hallenbad Egelsee liegt zwischen $0,4$ und $0,8\text{ °C}$. Diese Schwankungen sind kaum Jahreszeitabhängig, sondern werden grossteils durch die geförderte Wassermenge beeinflusst.

Exploitation du forage géothermique JAFE de Saillon [25]: L'exploitation du forage géothermique JAFE permet d'alimenter les consommateurs de chaleur, à savoir l'école de Saillon et les Bains de Saillon. Malgré une considérable amélioration de la productivité du forage (débit de 350 L/min à 31 °C), mise en évidence par les tests de pompage effectués après l'acidification du forage et lors de la mise en production (dès juin 1999), des problèmes de précipitation chimique n'ont pas permis d'alimenter le principal consommateur, c'est-à-dire, les Bains de Saillon. Ce problème n'a malheureusement pas pu être résolu en 2001. Il est à relever cependant que le chauffage de l'école de Saillon au moyen de l'énergie géothermique fonctionne à satisfaction depuis la mise en service de l'installation.

Exploitation du nouveau forage géothermique P600 de Lavey-les Bains [26]: Le forage géothermique profond de Lavey-les Bains a été réalisé au cours de l'été 1997. Basé sur les résultats de deux essais de pompage, le projet de Lavey consiste à exploiter la plus importante ressource géothermique découvert en Suisse à ce jour (1200 L/min à 70 °C). L'énergie géothermique prélevée permet une substitution de l'énergie fossile anciennement consommée par le centre médico-thermal pour le chauffage de locaux, d'eau sanitaire de douche et de bains (optimisation de la cascade énergétique sans pompe à chaleur). Les installations requises ont été effectuées par le canton de Vaud qui fournit la chaleur au propriétaire. Les équipements à l'intérieur du bâtiment ont été réalisés par le propriétaire du bâtiment.

Wärmegewinnung aus Thermalwasser, Schinznach Bad [27]: Die Bad Schinznach AG hat in den letzten Jahren grosse Investitionen für ein attraktives und zeitgemässes Bäderangebot vorgenommen. Zur Sicherung des qualitativ hohen Wertes des Kurgebietes war es daher naheliegend, dass man die Thermalwasservorkommen vor Ort besser nutzen sollte. Für diese Nutzung wurde nun zusätzlich in eine Wärmepumpe und

eine Badwasser-Direktnutzung investiert. Diese Ergänzung der bestehenden Heizsysteme wird mit Thermalwasser (Temperatur ca. 44 °C) betrieben um Schadstoffemissionen von fossilen Brennstoffen möglichst zu minimieren. Das Ziel der Anlage ist es, einen besseren, naturnahen Kurbetrieb durch nachhaltige Nutzung des Thermalwassers für den Badebetrieb bzw. eine Wärmeerzeugung mit Wärmepumpe zu gewährleisten. Um dies zu erreichen, wird in der Direktnutzung nicht benötigtes Wasser wieder in den Aquifer rückgeführt. Diese Massnahmen sollen längerfristig zur Substitution des bisherigen Erdölverbrauches von ca. 500 Tonnen Öl pro Jahr führen. Dabei wird zu beachten sein, dass die konzessionierte Wassermenge von 500 L/min eingehalten wird. Endgültige Messergebnisse liegen noch keine vor.

Wärmenutzung aus dem Ricketunnel, [28]: Der Bahntunnel durch den **Ricken** verbindet mit einer Länge von 8,6 km die Linie *St. Gallen • Rapperswil*. Am Dorfrand von *Kaltbrunn* befindet sich sein Südportal, aus welchem pro Minute 690 Liter Wasser mit einer Temperatur von 12,3 °C fließen. In *Kaltbrunn* wird in einer ersten Ausbaustufe die Beheizung der Mehrzweckhalle, einer Zivilschutzanlage und eines Kindergartens ermöglicht. Damit wird aber erst ein Drittel des vorhandenen Potenzials ausgeschöpft. Die Wärmeerzeugung erfolgt mit einer vierstufigen Wärmepumpe, welche eine installierte Leistung von 156 kWh Heizwärme pro Jahr erzeugt. Die benötigte Antriebsenergie für die Wärmepumpe beträgt ca. 75'000 kWh pro Jahr. Der entsprechende Substitutionseffekt von rund 27'000 Litern Heizöl pro Jahr reduziert die CO₂-Emissionen und die damit verbundene Umweltbelastung.

Wärmenutzung aus dem Umfahrungstunnel Mappo- Morettina [29]: Nell'ambito di uno studio commissionato dall'Ufficio Federale dell'Energia per l'utilizzazione a scopo termico dell'acqua proveniente dalle Gallerie *Mappo-Morettina*, il Municipio di *Minusio* ha accolto favorevolmente la proposta, decidendo di installare un impianto con pompa calore ad uso riscaldamento e produzione acqua calda di consumo. L'installazione eseguita copre il fabbisogno calorico e termico per l'acqua calda dell'edificio di servizio presso il nuovo Centro Sportivo e ricreativo di *Mappo*, ubicato nell'immediata vicinanza del portale Nord-Est della galleria *Mappo-Morettina*. Esso è pure dimensionato per l'eventuale riscaldamento d'un futuro edificio ad uso

ristorante. Durante gli anni 2000 e 2001 è stato raggiunto un rendimento (JAZ) di circa 4.

Gewinnung geothermischer Energie aus dem Hauenstein Basistunnel [30]. Der *Wärmeverbund WVR Rankwog* wurde im Jahr 1999 erstellt und ab Herbst 1999 in Betrieb genommen. Die Anlage beliefert in einer ersten Phase 3 Liegenschaften in *Trimbach* mit Wärmeenergie. Betreiber der Anlage ist *die Elektra Baselland* zusammen mit dem lokalen Energieversorger, der *Atel Versorgung AG*. Der Wärmeverbund nutzt die geothermische Wärme aus dem *Hauensteintunnel* mit einer Wärmepumpe. Die Wärmeengewinnung erfolgt durch eine direkte Wasserentnahme aus dem Ablaufkanal des Hauensteintunnels. Die Wärmepumpe ist mit einem Zwischenkreis angeschlossen. Das abgekühlte Wasser wird wieder in den Auslaufkanal zurückgeleitet. Die Wärmeerzeugung ist für einen ganzjährigen bivalenten Anlagebetrieb ausgelegt. Als Ergänzung zur Wärmepumpe stehen zwei Ölkessel mit 130 kW und 800 kW Leistung zur Verfügung. Der Wärmeverbund beliefert drei Objekte mit Wärmeenergie für Heizzwecke und Brauchwarmwasseraufbereitung (insgesamt 1 MW Anschlussleistung). Der Endausbau ist für eine Anschlussleistung von rund 1,3 MW vorgesehen.

Im ersten Betriebsjahr lag der Energieanteil der Wärmepumpe mit gesamthaft 41% unter den Erwartungen. Gründe dafür sind:

- Die Verschmutzungsproblematik des Tunnelabwassers und Reinigung des Wasserkanals im Tunnel durch die SBB hatte längere Stillstände der Wärmepumpe zur Folge, was häufige Einsätze des Betriebspersonals erforderte;
- ein in den ersten Monaten nicht optimierter Betrieb bzw. Anlagenstillstände während der Inbetriebnahmephase;
- fehlende Niedertemperaturbezüger, d.h. der Endausbau des Wärmeverbundes ist noch nicht erreicht.

Die Leistungswerte der Wärmepumpe liegen jedoch mit einer Jahresarbeitszahl von 4,0 über den Erwartungen, dies dank hohen Quellentemperaturen (16 • 22 °C). Der Energieanteil der Wärmepumpe von insgesamt 886 MWh führte zu einer Heizölsubstitution von rund 85 TOE (Ton Oil Equivalent).

Géothermie du Gd St Bernard [31]: Le Tunnel du Grand-Saint-Bernard à été construit en 1964 afin de favoriser le transit des marchandises et

des personnes à travers les Alpes. Son entrée nord se trouve à une altitude de 1'850 m, la température minimale selon SIA 384/2 est de $\bullet 20^{\circ}\text{C}$, la température minimale moyenne mesurée durant un mois est de $\bullet 4^{\circ}\text{C}$. Un nouveau bâtiment administratif a été construit afin d'abriter les nouveaux systèmes de contrôle du trafic, ainsi que les zones dédiées à la gestion et aux installations de sécurité. Le bâtiment se compose de trois niveaux, formant une surface brute de plancher de 748 m^2 . Les besoins en énergie chaleur à l'intérieur du bâtiment sont répartis de la manière suivante:

- Chauffage statique des locaux: 22,50 kW
- Chauffage par ventilation et chauffage à air: 13,30 kW
- **Puissance totale installée: 38.50 kW**
- Puissance spécifique 38,5 kW; 748 m^2 : $7,9\text{ W/m}^2$

L'installation de production de chaleur totale est en service depuis 1999. Elle a fonctionné à la satisfaction du service d'exploitation du tunnel depuis la mise en service. Dans un souci d'économie de maintenance, une solution est actuellement à l'étude afin de remplacer les filtres synthétiques du monobloc d'évaporation par des filtres métalliques régénérables, compte tenu de l'encrassement plus rapide que prévu, dû essentiellement à l'augmentation du trafic dans le tunnel. La performance (COP) mesurée du système est, en moyenne annuelle, proche de 3,5. Elle

excède des prévisions faites en phase d'avant projet.

Messprogramm eines grossen EWS-Feldes an wärmeisolierten und nicht isolierten EWS, inklusive Durchführung von Thermal Response Tests und Wärmeleitfähigkeitsbestimmungen an Bohr- Cuttings [32]: In Aarau werden ein Bürogebäude und zwei Punkthäuser neu erstellt. Diese Anlage wird bivalent betrieben (Gaskessel plus Erdwärme aus insgesamt 16 Erdwärmesonden, welche in zwei Reihen bis auf 150 m Tiefe zu liegen kommen). Vorausgesetzt, dass jährlich nur an ein paar Tagen Temperaturen von -8°C auftreten, wird die Wärmepumpe ca. 91% des effektiven Wärmebedarfes abdecken können. Es wird von einer JAZ der WP von 4,64 ausgegangen. Im Winter wird dem Erdreich Wärme entzogen bzw. im Sommer Gebäudeabwärme in das Erdreich zurückgeführt (*Free Cooling*). Die eine Reihe Erdwärmesonden wird dabei in den obersten 8 m isoliert (Ausschluss des Einflusses der *neutralen Zone*), die andere Reihe nicht. Zur Ermittlung des effektiven Wärmezuflusses ist gemäss Lithologie beabsichtigt, an 8 Proben Wärmeleitfähigkeitsmessungen zu machen. Zusätzlich wird zur Optimierung des Systems ein thermischer Responsetest durchgeführt. Am Ende der zweijährigen Messperiode sollen Wärmebilanzen erstellt werden. Zusätzlich soll der Kosten-/Nutzen-Effekt der Wärmeisolierung der obersten Schichten eruiert werden. Mit den Projektarbeiten wurde begonnen.

Bewertung 2001 und Ausblick 2002

Forschung:

Als grosser Fortschritt in der DHM- Forschung sind die Resultate der in 2001 nun erfolgreich durchgeführten geothermischen Tiefbohrung Otterbach 2 in Basel zu betrachten.

Dank der Funktion von Herrn Prof. *L. Rybach* als *Chairman des Geothermal Implementing Agreement Executive Committee*, konnte das DHM- Projekt in Basel mit wichtigem Know-how von ähnlichen Hot- Dry- Rock Projekten aus dem Ausland versorgt werden. In 2002 gilt es nun Finanzquellen für das Abteufen einer tiefen Produktionsbohrung (ca. 5'000 m) zu finden.

Basierend auf den ermutigenden Ergebnissen aus den beiden *AlpTransit* Projekten, stehen Beratungs- und Informationsarbeiten für die vier

betroffenen Kantone im Zentrum der kommenden Aktivitäten. Diese Kantone bzw. einzelne Gemeinden haben bereits grosses Interesse an der Nutzung von warmen Tunnelwässern bekundet. Ein weiterer, sehr wichtiger Aspekt ist die Identifikation von zukünftigen Nutzungsmöglichkeiten von den warmen Drainagewässern aus den Tunnelröhren.

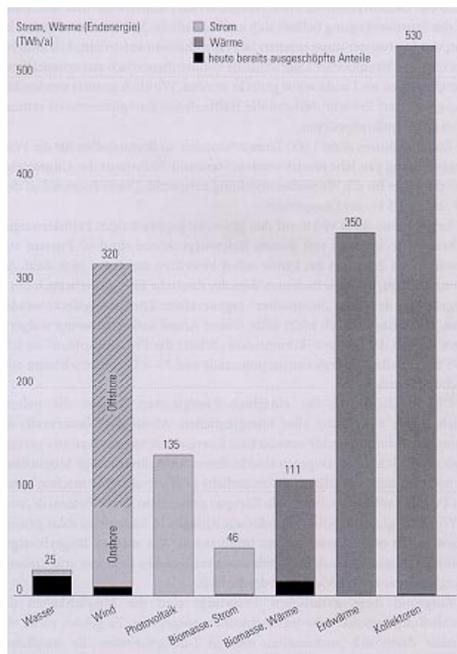
Die Forschungsziele in der untiefen Geothermie (EWS, Geostrukturen, geothermischer response test, etc.) konnten voll erreicht werden, und werden weiterverfolgt.

P+D Projekte:

Im Gegensatz zu der bereits bestens etablierten EWS-Wärmenutzung für Ein- und Mehrfamilienhäuser, befindet sich Nutzung der Erdwärme-

und Kälte für Grossanlagen noch im Frühstadium (vergleichbar mit der EWS-Anwendung vor ca. 15 • 20 Jahren). Erste Erfahrungen zeigen aber heute schon in eine vielversprechende Zukunft.

Bei der Beheizung von eher kleinen Baueinheiten steht sicherlich der Verkauf einer WP im Zentrum des Marketings (vorwiegend durch die Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz); bei grösseren Anlagen ist aber eindeutig die Anwendung von Erdwärme und -Kälte das Verkaufsargument der Schweizerischen Vereinigung für Geothermie.



Figur 5: Potential der einzelnen erneuerbaren Energiequellen in Deutschland (Quelle: [35])

Der Nutzung von Erdwärme werden im benachbarten Deutschland sehr grosse Potentiale zugesprochen (siehe Figur 5). Um die Verwendung von Geothermie in unserem Land besser auf dem Markt zu platzieren, bedarf es einer grösseren Anzahl von Vorzeige-Projekten, die erwiesenermassen gut funktionieren. Aus diesem Grund wurden an mehreren Grossprojekten mindestens zweijährige Messkampagnen zu Erfolgskontrolle durchgeführt bzw. finanziell unterstützt. Nur der effektive Nachweis des technisch-wirtschaftlichen Erfolges eines Projektes kann Planer, Bauherrn oder kantonale Entscheidungsträger zur vermehrten Anwendung von verschiedenen geothermischen Nutzungstechnologien motivieren und zur Nachahmung stimulieren. Das gilt natürlich auch für Heat-Contracting bei geothermischen Heizanlagen.

Die bisher gewonnenen Messergebnisse sollen in der Fachpresse publiziert bzw. technische Beschreibungen von erfolgreichen Einzelprojekten in allen drei Landessprachen gedruckt werden.

Aus den genannten Gründen werden Erfolgskontrollen an den meisten P+D-Projekten auch im Jahr 2002 weitergeführt.

Für das Jahr 2002 ist das Update der bis 2000 bereits bestehenden geothermischen Statistik fest eingeplant. Daher sind im vorliegenden Bericht noch relativ wenige Daten über geothermische Leistungen oder geothermisch produzierte Energiemengen aufgeführt.

Von eigentlichen Misserfolgen kann nicht berichtet werden, obschon bei einigen Projekten – aus unterschiedlichen Gründen – gewisse Verzögerungen bei Projektabschlüssen aufgetreten sind.

Liste der F+E-Projekte

(JB) Jahresbericht 2001 vorhanden

(SB) Schlussbericht vorhanden

ENET: Bestellnummer des Berichts bei ENET

- [1] M.O. Häring, (haering@geothermal.ch), ARBEITSGEMEINSCHAFT DHM, Basel: **Deep Heat Mining; Entwicklung der Hot-Dry-Rock/Hot-Wet-Rock Technologie in der Schweiz; 2001** (JB)
- [2] R.J. Hopkirk, (roberthopkirk@compuserve.com), ARBEITSGEMEINSCHAFT GIA, Männedorf: **Teilnahme am Geothermal Implementing Agreement der IEA (Annex III, Hot Dry Rock, Subtask C, Fortsetzung 2001)** (JB)
- [3] M.O. Häring, (haering@geothermal.ch), GEOTHERMAL EXPLORERS LTD., Basel: **Technischer Bericht, Geothermie-Sondierbohrung Otterbach 2, Basel** (SB) ENET: 210139

- [4] J. Wilhelm, (jules.wilhelm@bluewin.ch), INGENIEUR-CONSEIL, Pully: **Potentiel géothermique et possibilités d'utilisation des eaux des tunnels de base d'Alptransit. Etat des investigations** (SB) ENET: 210131
- [5] G. Oppermann (gerhard.oppermann@gruneko.ch) GRUNEKO AG, Basel: **Statusbericht Wärmenutzung warmer Tunnelwässer aus dem St. Gotthard und Lötschberg-Basistunnel**. Projekt ist angelaufen.
- [6] E. Rohner, (engeo@engeo.ch), GRUNDAG AG, Gossau: **Lebensdauer von EWS in Bezug auf Druckverhältnisse und Hinterfüllung** (SB) ENET: 210140
- [7] W.J. Eugster (wjeugster@swissonline.ch), POLYDYNAMICS ENGINEERING, Zürich: **Langzeitverhalten der Erdwärmesondenanlage Elgg** (SB) ENET: 210126
- [8] W.J. Eugster (wjeugster@swissonline.ch), POLYDYNAMICS ENGINEERING, Zürich: **Tiefe Erdwärmesonde Weggis – Messkampagne zur Dokumentation der neuen Einflüsse beim Ausbau der Abnehmerleistung** (SB) ENET: 210115
- [9] D. Pahud, (daniel.pahud@dct.supsi.ch), LEE – SUPSI, Canobbio: **Long Term Influence of Multiple Heat Extraction Bore Holes** (JB)
- [10] M. Thüring (thuering@ist.supsi.ch), ISTITUTO SCIENZE DELLA TERRA – SUPSI, Cadenazzo: **Geothermische Karte Tessin. Wärme aus Boden und Wasser – Kanton Tessin** (JB)
- [11] L. Laloui (lyesse.laloui@epfl.ch), LMS, EPF-Lausanne: **Finalisation du module de l'EPFL pour les tests de réponse**. Projekt angelaufen.

Liste der P+D-Projekte

- [12] Ch. Kapp, (ch.kapp@nek.ch), NEK UMWELTTECHNIK AG, Zürich: **Demonstrationsprojekt zum Effizienzvergleich zwischen konventioneller (tiefer) EWS und der Neuentwicklung einer Regenschirm-Erdwärmesonde** (JB)
- [13] D. Pahud, (daniel.pahud@dct.supsi.ch), LEE – SUPSI, Canobbio: **Mesure des performances thermiques d'une pompe à chaleur sur sondes géothermiques avec recharge partielle à Lugano (TI)**: Anlage erstellt, die vertraglichen Messungen laufen wie geplant.
- [14] M. Eberhard, (service@eberhard-partner.ch), EBERHARD UND PARTNER AG, Aarau: **Wirtschaftlichkeitsermittlung einer Sondenisolation im obersten Abschnitt einer EWS-Anlage in Otelfingen (ZH)** (JB)
- [15] M. Eberhard, (service@eberhard-partner.ch), EBERHARD UND PARTNER AG, Aarau: **WP – Anlage Chestonag Automation AG, Seengen (AG)** (JB)
- [16] M. Anstett, (valais@tecnoservice.ch), TECNOSERVICE ENGINEERING S.A, Martigny: **Pieux énergétique avec distribution de chaleur et de froid intégrée dans la structure : Centre Scolaire Vers-l'Eglise / Fully** (JB)
- [17] D. Pahud, (daniel.pahud@dct.supsi.ch), LEE – SUPSI, Canobbio: **Dock Midfield de l'aéroport de Zürich: mesure et optimisation des performances thermiques du système avec pieux échangeurs** (JB)
- [18] Ch. Kapp, (ch.kapp@nek.ch), NEK UMWELTTECHNIK AG, Zürich: **Regionalgefängnis Rheintal, Altstätten (SG): Beheizung und Klimatisierung mittels Energiepfählen, gekoppelt mit Erdwärmesonden (Erfolgskontrolle)**. Die Inbetriebnahme des Gebäudes ist für das Jahr 2002 vorgesehen.
- [19] Ch. Kapp, (ch.kapp@nek.ch), NEK UMWELTTECHNIK AG, Zürich: **Demonstrationsprojekt zur Energieeffizienz einer grossen Wohnüberbauung Unteres Hompeli, SG im Minerogie-Standard, deren Wärmebedarf monovalent durch ein Feld tiefer Erdwärmesonden abgedeckt wird**. Projekt ist angelaufen.

- [20] M. Eberhard, (service@eberhard-partner.ch), EBERHARD UND PARTNER AG, *Aarau: Zweijährige Erfolgskontrolle (Messcampagne) der GW-WP Anlage Pfarrhaus Bremgarten*. Projekt ist angelaufen.
- [21] M. Eberhard, (service@eberhard-partner.ch), EBERHARD UND PARTNER AG, *Aarau: Zweijährige Erfolgskontrolle (Messcampagne) der GW-WP Anlage Wohnsiedlung Winkel in Remigen (AG)*. Projekt ist angelaufen.
- [22] M. Eberhard, (service@eberhard-partner.ch), EBERHARD UND PARTNER AG, *Aarau: Zweijährige Erfolgskontrolle (Messcampagne) der GW-WP Anlage Feuerwehrmagazin und Wohnungen Sisseln, AG*, Projekt ist angelaufen.
- [23] Ch. H. Häring, (info@haring.ch), HÄRING AG, INNOVATIVE BAUSYSTEME, *Pratteln: Geothermie Contracting Solar One, Itingen, BL* (SB) ENET: 210183
- [24] W. Tschuck, (w.tschuck@bluewin.ch), HEIZUNGSPLANUNG + ENERGIEBERATUNG, *Bottighofen: Geothermische Wärmepumpe, Schulhaus Egelsee, Kreuzlingen* (SB) ENET: 210152
- [25] G. Bianchetti, (gabianc@vtx.ch), HYDROGEOLOGIE, GEOTHERMIE, GEOTECHNIQUE, *Sion: Exploitation du forage géothermique JAFE de Saillon* (JB)
- [26] G. Bianchetti, (gabianc@vtx.ch), HYDROGEOLOGIE, GEOTHERMIE, GEOTECHNIQUE, *Sion: Exploitation du nouveau forage géothermique P600 de Lavey-les Bains* (JB)
- [27] S. Flury, (ing.buero@sytek.ch), SYTEK AG, INGENIEURBÜRO FÜR GEBÄUDETECHNIK, *Binnigen: Wärmegewinnung aus Thermalwasser (Schinznach Bad)* (JB)
- [28] R. Cotting, (cotting-ag@bluewin.ch), COTTING INGENIEURBÜRO AG, *Uznach: Wärmenutzung aus dem Rickentunnel* (JB)
- [29] A. Gobbi, (ing.de-carliu@bluewin.ch), STUDIO MARCO DI CARLI, *Locarno: Tunnelwassernutzung Mappo-Moretina* (SB) ENET: 210138
- [30] D. Zürcher, (daniel.zuercher@durena.ch), DURENA AG, *Lenzburg: Gewinnung geothermischer Energie aus dem Hauenstein Basistunnel* (JB)
- [31] Ch. Meldem, (contact@meldemenergie.ch), MELDEM ENERGIE SA, *Lausanne: Géothermie Gd-St-Bernard* (SB) ENET: 210151
- [32] M. Eberhard, (service@eberhard-partner.ch), EBERHARD UND PARTNER AG, *Aarau: Messprogramm eines grossen EWS-Feldes an wärmeisolierten und nicht isolierten EWS, inklusive Durchführung von Thermal Respose Tests und Wärmeleitfähigkeitsbestimmungen an Bohr-Cuttings*. Projektbeginn ist Januar 2002.

Referenzen

- [33] Verein Deutscher Ingenieure: *Thermische Nutzung des Untergrundes, VDI 4640*. VDI-Gesellschaft Energietechnik, Postfach 10 11 39, D- 40002 Düsseldorf, 1998
- [34] M. Brunner, Dr. H.L. Gorhan et al. (Autorenkollektiv): *Geothermie, praktische Nutzung von Erdwärme*. Bundesamt für Energie, 1998.
- [35] M. Fishedick und J. Nitsch: *Nach dem Ausstieg. Zukunftskurs Erneuerbare Energien*. S. Hirzel Verlag Stuttgart, Leipzig 2000, S 41 • 46.
- [36] A. Busslinger: *Geothermische Prognosen für tiefliegende Tunnel*. Diss. ETH Nr. 12715, 1998, S 14 • 170.