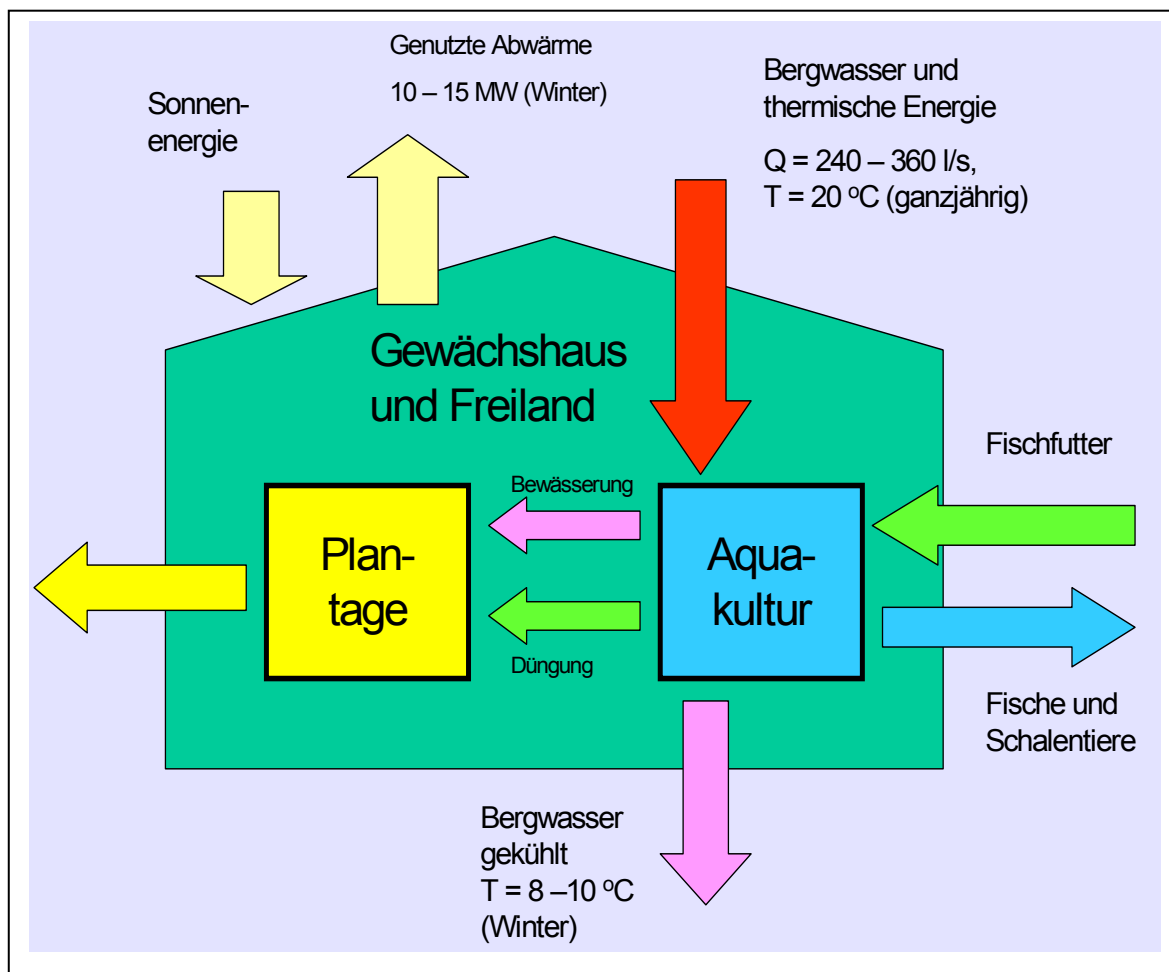


GEOTHERMIE

Überblicksbericht zum Forschungsprogramm 2002

Harald L. Gorhan

harald.gorhan@ewe.ch



Innovative Nutzung von warmen Tunnelwässern aus den beiden AlpTransit-Röhren:

Schematische Darstellung von Energieflüssen in einem Treibhaus zur Produktion von tropischen Frucht- und Zierpflanzen sowie von Speisefischen.

Programmschwerpunkte und anvisierte Ziele

Forschungsschwerpunkte des Programms *Geothermie* sind:

Entwicklung der Hot-Dry-Rock / Hot-Wet-Rock-Technologie (HDR-/HWR-Technologie) zur Strom- und Wärmeproduktion in der Schweiz im **Deep-Heat-Minig-Projekt (DHM-Projekt)**. Bisherige Experimentieranlagen haben die Funktionstüchtigkeit des Prinzips des Hot-Fractured-Rock-Verfahrens bewiesen. Die geplante Anlage in Basel soll Vorbild für ähnliche Nachfolgeprojekte sein (z.B. Genf, Lausanne, Zürich) und einen neuen Markt für zuverlässige, saubere und nachhaltige Energie eröffnen. Für die Zukunft dürfte dieses Projekt exportfähiges Know-how und Arbeitsplätze für hochqualifiziertes Personal schaffen. Es ist geplant 2008 mit der Wärme- und Stromproduktion zu beginnen (installierte Leistungen: 20 MW_{th} und 3 MW_{el}). Die internationale Einbindung ist durch die intensive Zusammenarbeit mit der IEA bzw. mit dem EU-Geothermieprojekt in Soultz-sous-forêts gegeben.

AlpTransit, Wärmenutzung von warmen Tunnelwässern: der Wissensstand über die Wärmepotentiale und generellen Nutzungsmöglichkeiten der beiden Tunnelröhren konnte in zusammenfassender Form auf eine vergleichbares Niveau gebracht werden. Detaillierte Machbarkeitsstudien laufen zur Zeit am Lötschberg Nord-Portal und am Gotthard Süd-Portal. In diese Untersuchungen eingeschlossen sind die Verwendungsmöglichkeiten für den Betrieb von Treibhäusern (siehe Titelblatt); als Referenzprojekt dient das bereits bestehende Tropenhaus in Ruswil (LU). Nach eher konservativen Potentialabschätzungen sollte pro Portal eine Leistung von 3 bis 4 MW_{th} für eine Nutzung zur Verfügung stehen.

Bezüglich Forschung **untiefe Geothermie** stehen Untersuchungen über den Langzeiteffekt von Mehrfach-Erdwärmesonden, die Lebensdauer von Erdwärmesonden (EWS) in Bezug auf Druckverhältnisse bzw. Hinterfüllung, und besonders wichtig, die Qualitätssicherung bei Energiepfahlanlagen und EWS-Anlagen mittels geothermischen Response-Tests im Mittelpunkt.

Schwerpunkte des Programms für **Pilot- und Demonstrationsanlagen** sind:

- In allen Regionen der Schweiz stehen wirtschaftlich und energetisch vorbildliche geothermische Anlagen aller wichtigen Typen in Betrieb. Deren energetische und wirtschaftliche Kenndaten sind überprüft und publiziert.
- An jedem der vier AlpTransit-Portale ist mindestens ein Projekt zur Nutzung des Tunnelwassers realisiert worden. Die energetischen und wirtschaftlichen Daten sind überprüft und publiziert.
- Die Qualitätssicherungsinstrumente im Bereich Geothermie sind entwickelt, überprüft und eingeführt.

Zur Umsetzung dieser Ziele werden die Aktivitäten im P+D-Bereich unter den folgenden Schwerpunkten durchgeführt:

- Erarbeitung von Gefahrenkarten für alle Regionen der Schweiz
- Aufbau und Einführung einer breit abgestützten Qualitätskontrolle für die Auslegung von komplexen Anlagen zur Nutzung der Erdwärme
- Verstärkung der Zusammenarbeit mit dem Bereich Gebäudetechnik (Erdberührte Betonteile, Energiepfähle, Betonkerntemperierung)
- Generelle Förderung von innovativen Konzepten der Erdwärmennutzung (z.B. Treibhäuser zur Nutzung von warmen Tunnelwässern)

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse 2002

DEEP HEAT MINING

Deep Heat Mining; Entwicklung der Hot-Dry-Rock / Hot-Wet-Rock Technologie in der Schweiz; 2002 [1a]: Als definitiver Anlagestandort wurde der *IWB-Werkhof* Kleinhünigen gewählt (*IWB: Industrielle Werke Basel*). Ein Konzept zur Einbindung dieses Standorts in das Fernwärmenetz ist erarbeitet. Seitens der Basler Regierung wird ein Rahmenkredit von 40 Millionen Franken über das Gesamtprojekt als Beteiligung des Kantons und der *IWB* in Aussicht gestellt. Damit wäre die Finanzierung des Gesamtprojektes zur Hälfte gesichert.

Deep Heat Mining; Teilprojekt „Monitoring Station“ [1b]: Die Monitoring Station in der Bohrung *Otterbach 2* bildet ein zentrales Glied eines seismischen Beobachtungsnetzes, das verschiedenen Anliegen Rechnung trägt: es sollen sowohl natürliche seismische Ereignisse in der weiteren Region, als auch mikroseismische Ereignisse im zu erschliessenden Reservoir aufgezeichnet werden. Ein Instrumentierungskonzept wurde gefunden, das allen Ansprüchen gerecht wird, d.h. eine genügende Redundanz aufweist und speziell im Unterhalt kostengünstig ist.

Deep Heat Mining; Entwicklung der Hot-Dry-Rock/Hot-Wet-Rock Technologie in der Schweiz; 2002. Investigations relatives à l'implantation d'une centrale DHM à Genève [1c]: Une première évaluation a permis de retenir sept zones présentant des caractéristiques plus favorables que les autres, essentiellement du point de vue du voisinage. Ces secteurs sont Avanchets, Poussy, Satigny, Bois de Bay, Les Teppes-Bossonettes, Boiruaills et St. Georges. On a procédé à une analyse plus détaillée des zones, afin d'en retenir un ou deux, dans le but de pouvoir établir l'avant-projet d'un forage d'exploration à mi-2003. La planification énergétique et l'étude de l'insertion du système dans le réseau genevois ont été lancées en juillet 2002, avec l'intervention notamment des *Services Industriels de Genève* et du Service cantonal de l'énergie. Dans un premier temps un plan de travail a été préparé, avec comme but la collecte des données concernant les réseaux et les chiffres de consommation actuels et projetés et l'élaboration du concept général d'un système DHM avec des variantes. Ce travail se poursuivra pendant la première moitié de 2003.

Teilnahme am Geothermal Implementing Agreement der IEA [2]: Prof. Dr. L. Rybach has decided this year to step down from his post as Chairman of the Executive Committee of the Geothermal implementing Agreement, but agreed to remain in the organisation as Vice-chairman, and to continue to be the Swiss representative in the ExCo. The inventory of surface equipment and infrastructure requirements has been continued and refined using data from literature and from the DHM–Basel project. The studies on the energy system include a compilation of basic parameters for a typical HDR-plant with a reservoir accessed by one injection and two extraction holes. Where possible, minimum, maximum and design point values are given. First preliminary studies of power plants include power only, combined heat and power and heat-only-plants. Besides purely geothermal power plants, also combined systems with gas turbine topping cycle and *organic rankine bottom cycle* are being studied.

ERDWÄRMESONDEN UND ENERGIEPFÄHLE, QUALITÄTSKONTROLLE

Langzeiteffekt von Mehrfach-Erwärmesonden (EWS) [3]: Da die Anzahl der installierten Erdwärmesonden auch künftig wachsen wird, kommt der Fragestellung nach der langfristigen gegenseitigen Beeinflussung eine zentrale Bedeutung zu, insbesondere im Hinblick auf Bewilligungs- und Nachhaltigkeitsfragen. Detaillierte Resultate liefern numerische Berechnungen mit finiten Elementen oder finiten Differenzen. Sinkt auf Grund einer bestimmten Konfiguration von mehreren Erdwärmesonden die Verdampfertemperatur in der Wärmepumpe um 2 K, so reduziert sich die Jahresarbeitszahl (JAZ) um etwa 0.15-0.20, was etwa 5% einer typischen Jahresarbeitszahl von 3 bis 4 entspricht. In diesem Fall würde das System bei gleich bleibender Wärmeabgabe etwa 5% mehr Strom benötigen.

Arteserkarte der Schweiz – Teilgebiet Basel – Luzern [4]: Immer wieder kommt es vor, dass beim Abteufen von Bohrungen für das Erstellen einer Erdwärmesonden-Anlage artesisch gespanntes Grundwasser angebohrt wird. Aus Gründen des Gewässerschutzes müssen solche Bohrungen abgedichtet werden, um das unkontrollierte Ausfliessen des Grundwassers zu verhindern. Je nach Bewilligungspraxis der zuständigen Behörden müssen dann mehrere aber kürzere Sonden gebohrt werden; eventuell muss auf eine Erdwärmenutzung sogar gänzlich verzichtet werden. Dadurch resultieren beträchtliche Mehrkosten bzw. eine suboptimale Auslegung der Erdwärmesonden-Anlage. Um diese Risiken bzw. Mehrkosten zu minimieren und das Entstehen von Schäden zu vermeiden, soll eine Arteserkarte der Schweiz entwickelt werden. Diese zeigt auf, wo das Auftreten von artesisch gespanntem Grundwasser nach den vorliegenden Kenntnissen unwahrscheinlich ist. Ausserdem soll ein Leitfaden über den Umgang mit Artesern erarbeitet werden.

Finalisation du module de l'EPFL pour les tests de réponse [5]: Le module pour réaliser les tests de réponse en possession de l'EPFL avait bénéficié en 1998 pour son développement d'un soutien financier de l'OFEN. Ce prototype a été utilisé tel quel sur le chantier de l'EPFL (pour un test sur le comportement thermo-mécanique d'un pieu) et pour un autre test de réponse où il a donné entière satisfaction. Ces essais ont également démontré les possibilités et la fiabilité de cet appareillage.

Workshop zur Qualitätssicherung von geothermischen Response Tests [6]: Für die Auslegung von Erdwärmesonden ist die Kenntnis der thermischen Eigenschaften des Untergrunds eine wesentliche Voraussetzung. Während diese Werte bei kleinen Anlagen meist geschätzt werden oder die Auslegung nach Erfahrungswerten vorgenommen wird, sind für grössere Anlagen Untergrunduntersuchungen bis hin zu Probebohrung(en) erforderlich. Über solche Probebohrungen lässt sich die Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds z.B. durch einen thermischen Response Test (an einer fertig eingebauten Erdwärmesonde) bestimmen. Vorteile sind die Messung über die gesamte Bohrlochlänge und der Einbezug der Hinterfüllung sowie der natürlichen Untergrundverhältnisse einschliesslich evtl. vorhandener Grundwasserflüsse. Das mathematisch-physikalische Konzept der Testauswertung muss mit jenem der Anlage-Auslegung identisch sein. Es ist unzulässig, Parameter, welche mit Hilfe der Linienquellen Methode bestimmt worden sind, in Auslegungsprogrammen zu verwenden, welche auf numerischen Modellen basieren.

Nationale Zusammenarbeit

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

- **Universitäten und Fachhochschulen:** Institut für Geophysik der ETHZ, Centre d'hydrogéologie 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 la Université de Genève, Istituto di scienze della terra e laboratorio di energia, ecologia ed economia della scuola universitaria della Svizzera italiana, Haute école valaisanne und der Fachhochschule Burgdorf;
- **Stromindustrie:** BKW, ATEL, Elektra Baselland, Industrielle Werke Basel
- **Agenturen und Fachverbände:** Agentur für erneuerbare Energien und Energieeffizienz (AEE), Energie-Agentur der Wirtschaft (EnAW), Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS), building and renewable energies network of technology (brenet);
- **Energiefachstellen:** Zusammenarbeit mit alle Energiefachstellen in der Romandie und im Tessin und mit denjenigen der grösseren deutschsprachigen Kantone
- **Zahlreiche Stadt- und Gemeindevertretungen.**

Internationale Zusammenarbeit

Teilnahme am **Geothermal Implementing Agreement der IEA**.

Teilnahme an folgenden zwei EU-Geothermie-Projekten:

- **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).

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

- **Sustainability aspects of geothermal heat pumps**, Twenty-Seventh Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford/CA, USA, 28.01.02.
- **Workshop "Geothermische Stromerzeugung – eine Investition in die Zukunft"**, Landau Deutschland, 21.06.02.
- **Eastern Mediterranean: the geodynamic and geothermal framework**, International Geothermal Days Greece 2002, Milos/Greece, 05.09.02.
- **Geothermal energy: a suitable choice for isolated/island communities**, International Geothermal Days Greece 2002, Milos/Greece, 06.09.02.
- **Umweltaspekte der geothermischen Stromerzeugung**, VDI-GET Workshop Geothermische Stromerzeugung 2002, Potsdam/Deutschland, 18.10.02.
- **Geothermal energy: sustainability, environment, and the Olympic Park in Beijing, China – a summary**, 2002 Beijing International Geothermal Symposium *Geothermal and the 2008 Olympics in Beijing*, Beijing/China, 30.0.02

Pilot- und Demonstrationsprojekte

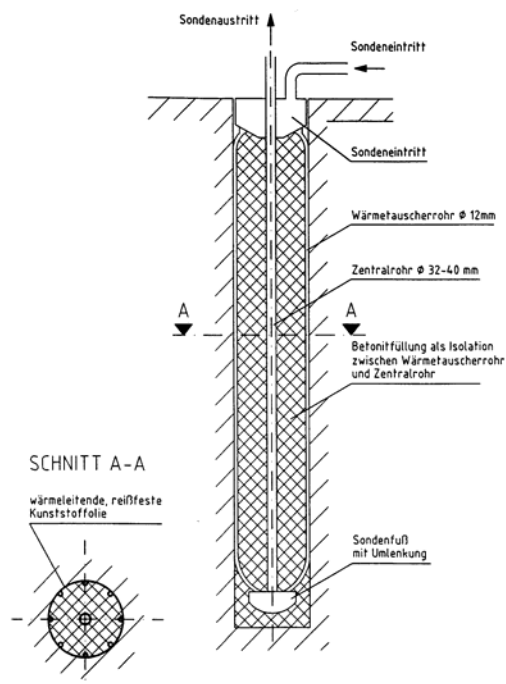
ERDWÄRMESONDEN UND ERDWÄRMESONDEN-FELDER

Misure di un impianto di riscaldamento con sonda geotermiche a Lugano (TI) [7]: Le apparecchiature per la misurazione, installate durante la realizzazione dell'impianto, hanno raccolto dati già dal primo anno e mezzo di funzionamento dell'impianto senza perdere una sola misura. Le apparecchiature permettono di misurare con precisione le buone prestazioni energetiche dall'impianto. Durante il primo anno di misure, sono stati rilevati i seguenti valori caratteristici:

- | | |
|---|------------|
| • potenza d'estrazione media per metro sonda | 52 W/m |
| • energia annuale estratta per metro sonda | 99 kWh/m |
| • energia annuale iniettata per metro sonda (energia solare) | 18 kWh/m |
| • energia termica annuale prodotta dalla pompa di calore | 30'700 kWh |
| • coefficiente di prestazione (COP) medio senza pompe di circolazione | 4.1 |
| • coefficiente di prestazione (COP) medio con pompe di circolazione | 3.8 |
| • livello di temperatura medio all'uscita del condensatore | 44 °C |
| • livello di temperatura medio all'entrata dell'evaporatore | 8 °C |

Il COP medio della pompa di calore di circa 4; dunque 1 kWh elettrico permette di produrre 4 kWh di calore termico per il riscaldamento. La pompa di calore ha un label di qualità e le prestazioni termiche promesse dal fabbricante sono state effettivamente riscontrate in realtà. La sensibilità del coefficiente di prestazione (COP) alla temperatura di riscaldamento elevata e mostra l'importanza di riscaldare con una temperatura più bassa possibile.

Demonstrationsprojekt zum Effizienzvergleich zwischen konventioneller (tiefen) EWS und der Neuentwicklung Regenschirm-Erdwärmesonde [8a]: Dieser Sondentyp wurde mit der Absicht entwickelt, den Wärmeträger-Vorlauf in einen möglichst guten Kontakt mit dem umgebenden Erdreich zu bringen bzw. den Rücklauf isoliert im Zentrum der EWS zurück an die Erdoberfläche zu zirkulieren. Tatsächlich konnte eine leichte Erhöhung der Jahresarbeitszahl (JAZ) im Vergleich zu einer für die gleiche Anlage und in gleicher Tiefe (d.h. 250 m) versetzten, herkömmlichen Duplexsonde festgestellt werden. Allerdings ergab die Auswertung der Temperatur-, Druck- und spezifischen Leistungsdaten, dass die Leistung der Sonden massgeblich von Variationen der Durchflussmengen des Wärmeträgers abhängig war. Ein eindeutiger Beweis über die Überlegenheit der Regenschirm-Erdwärmesonde konnte daher (noch) nicht erbracht werden, um den Einsatz dieser doch etwas teureren Konstruktion zu rechtfertigen. Die folgende Figur 1 zeigt den Längs- bzw. Querschnitt durch eine *Regenschirm-Erdwärmesonde*, die mittels Einfüllen von Bentonit wie ein Regenschirm im Bohrloch aufgespannt wird.



Figur 1: Längs- und Querschnitt durch die Erdwärme-Regenschirmsonde

Demonstrationsprojekt zur Energieeffizienz einer grossen Wohnüberbauung (Unteres Hompeli, SG) im Minergie-Standard [8b]: Die Überbauung Unteres Hompeli besteht aus 4 Häusern, für deren Wärme-Energieversorgung insgesamt 11 EWS mit einer Gesamtlänge von 2'495 m Länge installiert wurden. Anfangs 2002 konnte von der EPFL für diese Anlage ein Respons Test durchgeführt werden. Mit den Kontrollmessungen wurde begonnen, der Schlussbericht ist im Sommer 2005 fällig.

Wirtschaftlichkeitsermittlung einer Sondenisolation im obersten Abschnitt einer EWS-Anlage in Otelfingen (ZH) [9a]: Es wurde die Wärmeproduktion und Wirtschaftlichkeit von einer nicht isolierten mit einer isolierten EWS-Anlage verglichen. Bei letzterer wurden die obersten 20 m sowohl des Sondenvor- als auch der Sondenrücklaufs mit einer Wärmeisolation versehen, um den Kälteeinfluss im Winter zu eliminieren. Beide EWS weisen je eine Tiefe von 220 m auf und werden zur Beheizung von je einem Doppelfamilienhaus verwendet. Die Messungen zeigen, dass eine derartige Isolierung technisch einfach und wirtschaftlich ist - die etwas erhöhten Investitionskosten werden rasch durch geringere Betriebskosten kompensiert.

WP – Anlage Chestonag Automation AG, Seengen (AG) [9b]: Für die Industrieanlage wurden im Berichtsjahr vier EWS à 250 m Tiefe für eine kombinierte Wärme- und Kälteproduktion erstellt, wobei alle Sonden in ihrem obersten Bereich bis in eine Tiefe von 8 m wärmeisoliert wurden. Dies, um den Einfluss von Schwankungen der Oberflächentemperaturen möglichst einzuschränken. Im Jahr 2002 konnte eine JAZ von ca. 4 nachgewiesen werden, ohne dass eine gegenseitige Beeinflussung im EWS-Feld beobachtet wurde. Auch das free-cooling System erwies sich bis jetzt als erfolgreich.

EW-Sondenanlage Überbauung „Bahnhof Süd“ in Aarau [9c]: Zwecks Heizen und Kühlen dieses Bürogebäudes, mit einer Gesamtfläche von 7'210 m², wurden 16 Erdwärmesonden in zwei parallelen Reihen bis in eine Tiefe von je 150 m installiert. Dabei wurden zum Effizienzvergleich die obersten 8 m der EWS von einer Reihe isoliert und die der anderen Reihe nicht isoliert. Die diversen Installationen für die Messüberwachung konnten in diesem Jahr durchgeführt werden, inklusive eines geothermischen Response Tests durch die EPFL. Die Erfolgskontrolle (zweijährige Messkampagne) läuft bis Dezember 2004.

WÄRMENUTZUNG GEOSTRUKTUREN (ENERGIEPFÄHLE)

Exploitation de la chaleur terrestre par des géostructures énergétiques. Méthodologie de détermination des zones potentielles [10]: Cette étude se focalise sur l'exploitation de la chaleur terrestre par les géostructures énergétiques. Les géostructures sont des ouvrages en béton, en contact avec le sol, servant de fondation à une construction ou de soutènement. Les trois grands types de géostructures sont les pieux, les parois et les dalles. Ces structures peuvent être équipées d'un réseau de tubes dans lesquels circule un fluide caloporteur qui permet l'échange de chaleur avec le sol. On les appelle dans ce cas des géostructures énergétiques. Cette technologie est encore peu répandue en Suisse romande, d'où l'objectif de cette étude qui est de permettre son développement en fournissant une méthodologie, basée sur des critères, pour l'identification et la sélection des zones potentielles à sa réalisation.

Regionalgefängnis Rheintal, Altstätten (SG): Beheizung und Klimatisierung mittels Energiepfählen, gekoppelt mit Erdwärmesonden [11]: Im Bereich des Neubaus wurden 114, durchschnittlich ca. 20 m tiefe Pfähle, mit Wärmetauscherröhren ausgestattet (Gesamtlänge 2'382 m). Ausserhalb des Gebäudes wurden zusätzlich sechs 150 m tiefe Erdwärmesonden-Bohrungen abgeteuft. Die Durchführung der Null-Messungen ist gestartet worden und der Schlussbericht ist im Herbst 2003 fällig.

Pieux énergétique avec distribution de chaleur et de froid intégrée dans la structure : Centre Scolaire Ver-l'Eglise / Fully [12]: La volonté de réaliser l'école Vers l'Eglise de Fully selon le standard MINERGIE a orienté le système de production de chaleur vers un ensemble de quatre pompes à chaleur. Vu que, pour des raisons de stabilité géologique, le bâtiment repose sur 118 pieux battus, on a profité d'en équiper 41 de sondes géothermique double U afin de les faire fonctionner en tant que source froide pour les pompes à chaleur. L'été, la production de froid pour le bâtiment est réalisée par échange direct sur la source froide. Dans les salles de classe, la distribution de chaleur et de froid s'effectue par rayonnement du plafond. Les installations techniques sont complétées par une ventilation douce avec récupération de chaleur. Des mesures effectuées (juin 2001 - mai 2002), il ressort que:

- le coefficient de performance (COP, sans comptabilisation des énergies auxiliaires) est supérieur à 4.5;
- le coefficient de performance annuel (COP A, avec comptabilisation de l'énergie auxiliaire de pompage dans la source froide) se situe aux alentours de 3.8;
- le rendement global annuel de l'installation de production de chaleur (incluant l'énergie des corps de chauffe électriques) est de 3.2;
- le fonctionnement estival de l'installation maintient un confort intérieur appréciable, tout en rechargeant la source froide;

- la fréquence d'enclenchement des compresseurs est faible, ce qui est favorable à leur longue durée de vie.

On peut constater une bonne correspondance entre les données du calcul MINERGIE et les résultats mesurés à degrés-jours équivalents: l'indice de MINERGIE se situe à 28 kWh/m².an (valeur-limite pour bâtiments administratifs : 40 kWh/m² par année). Ces résultats soulignent la bonne performance du système.

Energiepfahlanlage Dock Midfield, Zürich Flughafen [13]: Das Dock Midfield, mit allen technischen Anlagen, wurde im November 2002 fertig gestellt und dem Betreiber *unique* (Flughafen Zürich AG) übergeben. Die Energiepfahlanlage wurde ab Frühsommer 2002 provisorisch in Betrieb genommen. Das Umluft-Kältenetz konnte erfolgreich mit Free-Cooling über die Energiepfähle betrieben werden, wenn auch nur in Teillast. Seit Beginn der Heizperiode wird nun mit der WP Heizwärme erzeugt. Die Messungen dauern bis Ende 2005.

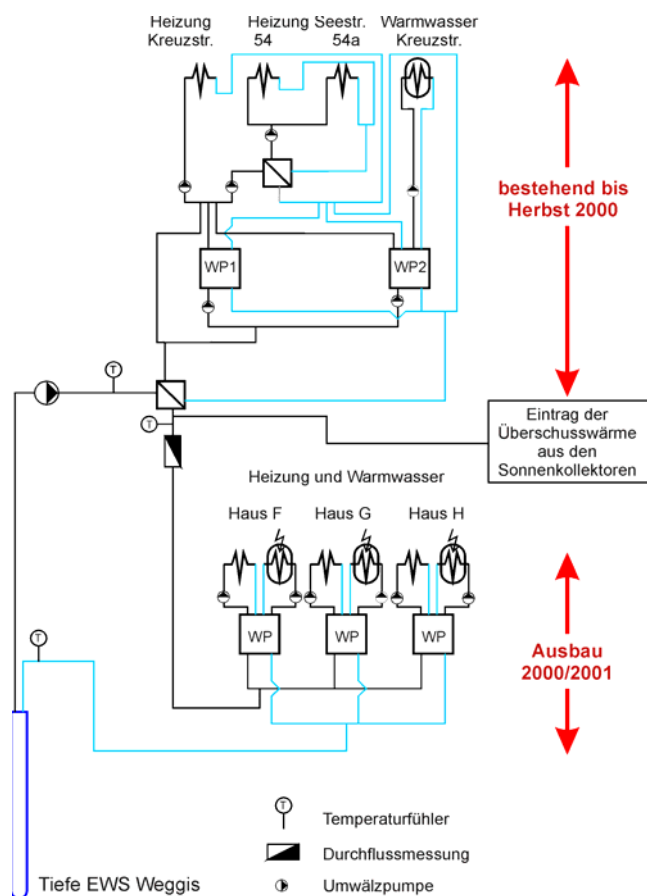
Graps, SG: Messungen Energiepfahlanlage Dividella AG [14]: Dieses Bauvorhaben besteht aus einer Erweiterung von einer Produktionshalle und Büros. Ca. 160 Energiepfähle mit einer aktiven Länge von je 24 m sollen über eine WP eine Wärmeleistung von rund 175 kW bzw. eine Kälteleistung (*free-cooling*) von ca. 70 kW erbringen. Ein innovativer Aspekt bei diesem Projekt ist die erstmalige Verwendung von gekoppelten Energiepfählen (d.h. 2 x 12 m lange Rammpfähle; neu kann nun die gesamte Pfahllänge energetisch genutzt werden). Mit diesem Projekt wurde im November 2002 begonnen.

GRUNDWASSER-WÄRMENUTZUNG

Zweijährige Erfolgskontrolle (Messkampagne) der GW-WP Anlage „Pfarrhaus Bremgarten“ [15a] sowie **„Feuerwehrmagazin und Wohnungen Sisseln, (AG)“** [15b]: Für die Beheizung der katholischen Kirche in Bremgarten, inklusive Pfarrhaus und Pfarrhelferhaus, wurde die bestehende Ölheizung im Frühjahr 2002 zu 37% und für das Feuerwehrmagazin und die dazugehörigen Wohneinheiten (inklusive Brauchwasseraufbereitung) wurde die bestehende Ölheizung im Sommer 2002 zu 100% durch eine GW-WP Anlage substituiert. Beide Anlagen laufen zufriedenstellend mit einer JAZ von ca. 4.

ÜBERTIEFE ERDWÄRMESONDEN

Tiefe Erdwärmesonde Weggis – Messkampagne zur Dokumentation der neuen Einflüsse beim Ausbau der Abnehmerleistung [16]: In den Jahren 1992 und 1993 wurde die Bohrung Weggis mit einer Endteufe von 2'302 m erstellt. Mit Hilfe dieser übertiefen EWS werden mehr als 40 Wohnungen beheizt bzw. mit Warmwasser versorgt. In den Jahren 1995 bis 2000 lieferte sie jährlich eine Wärmemenge von rund 220 MWh für Direktheizung sowie als Quelle für Wärmepumpen zur Heizung und Warmwassererwärmung. Der Direktheizungsanteil erreichte Werte über 60 % der jährlichen Wärmemenge. Die Abnehmerleistung lag bei rund 100 kW. Dabei betrug die mittlere Quelltemperatur der Sonde 40.5°C und die mittlere Rückgabetemperatur 33.3°C (bei Minimalwerten von 20°C). Im Laufe des Betriebsjahres 2000/2001 wurde die Abnehmerstruktur um drei Mehrfamilienhäuser erweitert (siehe Fig.2) Dadurch hat sich die nominelle Abnehmerleistung praktisch verdoppelt.



Figur 2: Aktuelle Abnehmerstruktur der tiefen Erdwärmesonde Weggis

Die dem Sondenkreislauf entnommene Wärme hat sich im Betriebsjahr 2001/2002 ebenfalls auf 420 MWh nahezu verdoppelt. Der Direktheizungsanteil ging auf 8 % zurück. Die mittlere Quellentemperatur der Sonde liegt nun bei 37.2°C und die mittlere Rückgabetemperatur in die Sonde bei 29.6°C. Die Jahresarbeitszahl hat sich in dieser Zeit ebenfalls von ca. 6 auf 4.4 verringert.

WÄRMENUTZUNG VON TIEFEN AQUIFEREN (THERMALWASSER)

Geothermie Contracting Solar One, Itingen, BL [17]: Die Siedlung Solar One in Itingen besteht aus Minergie-Häusern, deren Energieversorgung in Form von Heat Contracting erfolgt. Die Heizenergie wird durch Wärmeentzug, mittels Dublette plus Wärmepumpe, aus einem tiefen Aquifer mit einer Temperatur von ca. 22°C gewonnen. Zur Zeit werden 6 Häuser mit Wärme versorgt,

weitere 6 Einheiten sind in Planung; die Kapazität der Dublettenanlage würde bei gleichem Bau-standards sogar zur Versorgung von mehr als 50 Wohnungen ausreichen - bei einer maximalen Leistung der geothermischen Ressource von 250 kW.

Wärmegewinnung aus Thermalwasser (Schinznach Bad) [18]: Das 44°C heisse Wasser aus einer neuen Fassung wird nicht nur direkt als Badewasser genutzt, sondern mittels WP auch für die Beheizung der energieintensiven Bauten (Aquarena, Thermi und Treibhaus) verwendet:

- Die Arbeitszahl der WP liegt zur Zeit bei 4. Verbesserungen auf 4.5 sind möglich, wenn die Betriebsbedingungen für die Heizanlage weiter optimiert werden.
- Wasserqualität, Temperatur und Reinheit sind unverändert gut. Kein Thermalbrunnen zeigt Anzeichen von Erschöpfung.
- Das Projektziel 550 t Heizöl zu substituieren wird zu 77% erreicht (d.h. 387 t/a).

Exploitation du forage géothermique JAFE de Saillon [19a]: Die Beheizung des Schulhauses funktioniert problemlos, bei derjenigen des Schwimmbades gibt es mit dem Badewasser immer noch Probleme chemischer Natur. Leider ist im Herbst zusätzlich eine Tauchpumpe durch Kurzschluss ausgefallen und muss revidiert werden. Die Abschlussarbeiten mussten deshalb auf das Jahr 2003 verschoben werden.

Exploitation du nouveau forage géothermique P600 de Lavey les Bains [19b]: L'eau thermale fournie permet de couvrir la presque totalité des besoins en chauffage, production d'eau chaude sanitaire, ainsi qu'évidemment le réchauffage de l'ensemble de l'eau des piscines du complexe thermal. Cela est possible grâce à une exploitation en cascade de l'eau thermale à différents niveaux de température, produits par un enchaînement hiérarchisé d'échangeurs de chaleur, sans utilisation d'aucune pompe à chaleur. Sur les 1'829 kW que représente le besoin moyen annuel en chaleur du centre thermal, seulement 100 kW sont apportés par une chaudière à mazout d'appoint (5.5%). Cette consommation d'énergie fossile est nécessaire d'une part pour faire face à des situations météorologiques exceptionnelles et d'autre part pour des raisons d'hygiène de l'eau des piscines (élimination de germes de type Legionella). Les rejets actuels du centre thermal, qui se chiffrent entre 600 et 1'100 l/min d'eau à une température comprise entre 30 et 34°C, pourraient être valorisés dans un projet de chauffage à distance à St. Maurice. En rajoutant un groupe de chaleur-force à la centrale de chauffage, la puissance maximale à distribuer atteindrait environ 4.7 MW ou l'équivalent de plus de 500 équivalent-logements.

NUTZUNG WARMER TUNNELWÄSSER

Potentiel géothermique et possibilités d'utilisation des eaux chaudes des tunnels de base d'Alptransit [20]: Les conditions géothermales régnant à l'intérieur des massifs montagneux font que les eaux drainées par les tunnels implantés à grande profondeur sont susceptibles de drainer des eaux souterraines relativement chaudes. Ces eaux, captées au portail du tunnel, peuvent être utilisées comme source de chaleur pour le chauffage de bâtiments ou dans l'agriculture. A ce jour, plusieurs exemples de valorisation de cette énergie existent en Suisse. La chaleur véhiculée par les eaux souterraines des tunnels de base d'Alptransit, celui du Lötschberg et celui du St. Gotthard, actuellement en construction, recèlent un potentiel thermique considérable, en raison des massifs à températures élevées qu'ils traversent et des importantes venues d'eau attendues. Diverses réflexions ont été menées depuis plusieurs années, dans le but de déterminer les possibilités d'utilisation de cette énergie dans les régions proches de tunnels. Dans l'ensemble des quatre portails, il existe un réel intérêt pour la valorisation du potentiel géothermique des tunnels, au niveau des autorités communales et cantonales. De leur côté, les constructeurs des tunnels manifestent de même un intérêt marqué pour la reprise de cette chaleur par des tiers, vu l'obligation de limiter la température des eaux rejetées dans les rivières.

Statusbericht. Wärmenutzung warmer Tunnelwässer aus dem St. Gotthard und Lötschberg-Basistunnel [21a]: Die Aktivitäten und Bewertung der thermischen Tunnelwassernutzung Basis-tunnel Gotthard und Lötschberg sollen von zentraler Stelle und nach einheitlichen Massstäben erfolgen. Die Vorgehensstrategie sieht vor, in mehreren Phasen bis zu einer möglichen Realisie-

rung vorzugehen. Der vorliegende Bericht zeigt die Ergebnisse der Bearbeitungsphase 1. Es werden darin die Grundlagen Wärmeangebot Tunnelwasser, Wärmebezügler-Gebiete und bauliche sowie terminliche Abhängigkeiten mit dem Bau der *AlpTransit* dargestellt. Der Baufortschritt der Basistunnel lässt auf eine mögliche Bergwassernutzung ab 2008-2010 (Gotthard), resp. 2004 (Lötschberg) schliessen. Aufgrund des positiven Wärmequellenangebots sollen in einem nächsten Schritt detailliert die Möglichkeiten der Wärmenutzung untersucht werden. Dadurch können mögliche Realisierungsvorbereitungen für die Bergwassernutzung rechtzeitig gestartet und Abhängigkeiten mit *AlpTransit* koordiniert werden (Abgang der Leitungen, Trasseführung etc.).

Machbarkeitsstudie. Tunnelwassernutzung für Heizzwecke, Lötschberg-Basistunnel (Portal Frutigen) [21b]: In dieser Studie werden die technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für eine sinnvolle Nutzung der warmen Tunnelwässer in der Portalzone Frutigen abgeklärt. Besonderes Gewicht wird dabei auf neue und innovative Anwendungen dieser Wässer gelegt werden (z.B. Betrieb von Gewächshäusern (s. Titelblatt), Erlebnisbad, etc.). Die somit gewonnenen Informationen werden zukünftig wichtige Grundlagen für effektive Projektrealisierungen bilden.

Machbarkeitsstudie. Tunnelwassernutzung Lötschberg Süd [21c]: Aus dem NEAT Lötschberg-Basistunnel wird nach dessen Fertigstellung warmes Bergwasser ausfliessen. Heutige Schätzungen gehen von einer Schüttmenge von 80-180 l/s bei einer Temperatur von 20-25°C aus. Am Hauptportal Raron steht somit bei einer Abkühlung auf 10°C eine Wärmeleistung von 3.3-7.6 MW zur Verfügung.

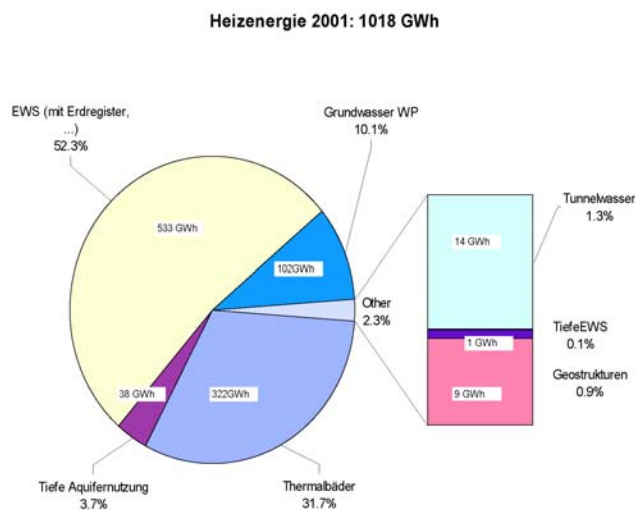
Gewinnung geothermischer Energie aus dem Hauenstein Basistunnel [22]: Die Wärmepumpe ist 2002 gut gelaufen. Ein kurzer Ausfall war bedingt durch Luft im Ansaug der Tunnelwasserpumpe. Der Betriebsaufwand für den Tunnelwasserkreislauf ist noch relativ hoch. Die Störungen werden fast ausschliesslich in diesem Teilsystem verursacht. Die Verschmutzung des Tunnelwassers ist unterschiedlich. Teilweise werden Speisereste bis zum Grobfilter in der Heizzentrale geführt. Die Probleme mit dem Feinfilter sind noch nicht gelöst. Durch die Eisenanteile im Tunnel wird der Rückspülmechanismus beeinträchtigt. Der automatische Betrieb der Filterreinigung musste ausgesetzt und durch eine periodische manuelle Reinigung ersetzt werden. Seit Anfang Oktober werden zwei grössere Liegenschaft mit Wärme versorgt. Erste Auswertungen deuten auf erheblich längere Betriebszeiten der Wärmepumpe hin. Der Schlussbericht ist im Frühjahr 2003 fällig.

GEOTHERMISCHE KARTEN, POTENTIALE UND STATISTIKEN, GÜTESIEGEL

Geothermische Karte Tessin. Wärme aus Boden und Wasser – Kanton Tessin [23]: Der Schlussbericht erscheint im Frühjahr 2003. Es gab Verzögerungen wegen personeller Wechsel an der Spitze der Scuola universitaria della Svizzera italiana bzw. unerwarteter Probleme bei der Messung von thermischen Leitfähigkeiten an Gesteinsproben.

Evaluation du potentiel géothermique du Canton de Vaud [24]: **Le but du projet** est de permettre aux instances cantonales de connaître les potentialités existant dans les domaines concernés et d'établir un plan de valorisation à moyen et long terme. Le projet consiste en un travail d'évaluation préliminaire des potentialités existant sur le territoire du canton de Vaud dans trois domaines d'utilisation du potentiel calorifique de la terre, à savoir les géostructures énergétiques (pieux, parois moulées, etc.), les aquifères profonds, ainsi que la géothermie haute énergie.

Statistik geothermischer Nutzung in der Schweiz für das Jahr 2001 [25]: Ziel war die Erhebung der gesamten geothermischen Nutzungen in der Schweiz in den Jahren 2000 und 2001. Die Aufschlüsselung der Wärmeproduktion aus diesen Nutzungssystemen für das Jahr 2001 ist aus Figur 3 ersichtlich.



Figur 3: Diagramm mit Anteil der jeweiligen Nutzung im Jahr 2001

Gütesiegel für Planer von Geothermieranlagen, Geothermiepreis (Phase1, 2002) [26]: Monovalente Erdwärmesonden-Heizanlagen erfreuen sich heute bei neu gebauten EFH und kleinen MFH grosser Beliebtheit. Wegen der Einfachheit der Systeme können diese heute in der Regel „ab Stange“ gekauft werden. Klein-EWS-Anlagen werden heute oft über die Wärmepumpenverkäufer (z.B. Hersteller auf Publikumsmessen) direkt verkauft. Solche im Schweizer Mittelland erstellten Anlagen verlangen zwar eine gewisse Erfahrung der Installateure und Bohrfirmen, erfordern aber kein eigentliches geothermisches Engineering durch Spezialisten.

Grössere Erdwärmennutzungs-Anlagen (VDI 4640) wie EWS-Sondenfelder, Geostrukturen, Grundwasser und Nutzung von warmen Tunnelwässern sowie mittelgrosse Anlagen in höher gelegenen Gebieten der Schweiz, bivalente Anlagen, Heizen und Kühlen, saisonale Speicherung, evtl. Kopplung an solarthermische Anlagen erfordern jedoch gute Kenntnisse der im Untergrund ablaufenden Vorgänge. Hier ist professionelles Engineering durch zertifizierte Geothermie-Spezialisten unerlässlich. Hier setzt das vorliegende Projekt an. Für komplexe geothermische Anlagen werden im Rahmen dieses Projektes:

- Planer zertifiziert, die die Vorgaben als *Geothermie – Experten* erfüllen;
- Empfehlungen / Richtlinien für die Nutzung der Erdwärme erstellt (Heizen/Kühlen, Sondenfelder, Geostrukturen, saisonale Speicherung);
- das *Gütesiegel Geothermieranlagen* (Arbeitstitel) für korrekt ausgelegten Anlagen (unterirdischer Teil) verliehen (Verleihung an Planungsbüro; Erstellen Statistik Gütesiegel-Geothermieranlagen);

- ab 2003 jährlich ein Geothermie-Preis an besonders innovative oder besonders interessante Geothermieranlagen verliehen.

Dabei wird vorausgesetzt, dass für jede komplexe EWS-Anlage der geothermische Responsetest durchgeführt wird.

Bewertung 2002 und Ausblick 2003

FORSCHUNG

Als grosser Fortschritt in der DHM-Forschung sind die nun vorliegenden Resultate der in 2002 erfolgreich durchgeführten geothermischen Tiefbohrung Otterbach 2 in Basel zu betrachten. Dank der Funktion von Herrn Prof. L. Rybach als Chairman des IEA-Geothermal Executive Committee, konnte das Projekt mit wichtigem Know-how von ähnlichen Hot-Dry-Rock-Projekten aus dem Ausland versorgt werden. Im Jahr 2003 gilt es nun, Finanzquellen für das Abteufen einer tiefen Produktionsbohrung (ca. 5'000 m) zu finden.

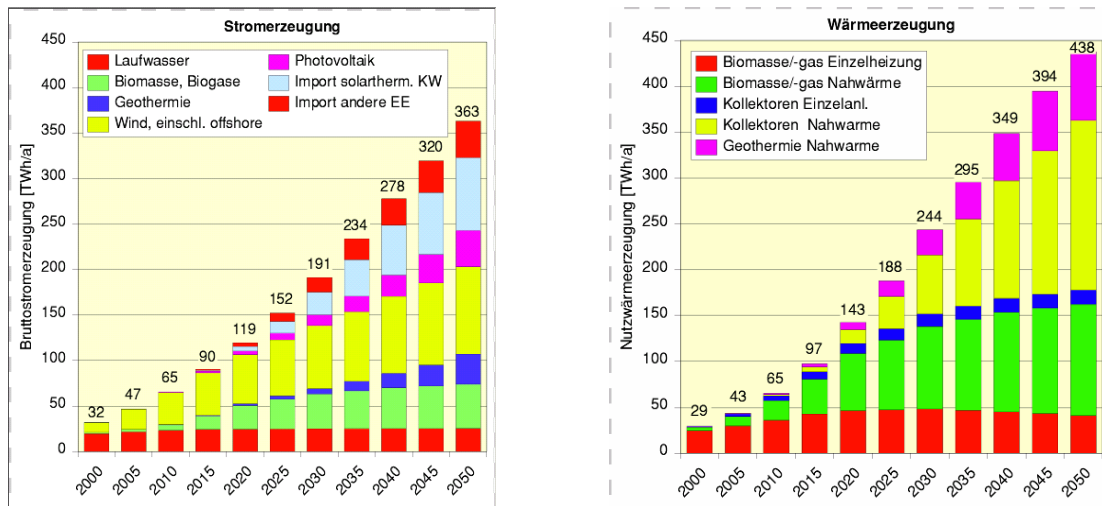
Der grösste Forschungsbedarf besteht bei der kombinierten Strom- und Wärmegewinnung. In dieser Technologie steckt ein bedeutendes energetisches Potenzial. Es existieren nationale und internationale Forschungsprojekte (IEA, EU-Forschungsprogramm) mit schweizerischer Beteiligung, welche in diesem Gebiet tätig sind. In der Schweiz konnte dank dieser Zusammenarbeit und dank des Projekts *Deep-Heat-Mining* Know-how aufgebaut werden, welches international gefragt ist. Für die schweizerischen Hochschulen und für die Maschinenbau- und Elektroindustrie bietet sich hier eine grosse Chance.

Aus all diesen Gründen wird das Schwergewicht der Fördermittel im Forschungsbereich auf die Entwicklung der Hot-Dry-Rock Technologie gelegt. Das Programm *Geothermie* unterstützt die dazu notwendigen wissenschaftlichen Arbeiten national und international. Dazu gehören

- das Langzeitverhalten und die Nachhaltigkeit der Energieproduktion aus HDR-Anlagen;
- die hydraulische, chemische und felsmechanische Charakterisierung des Reservoirs;
- die Erarbeitung einer detaillierten Potenzialkarte für HDR-Anlagen;
- Untersuchungen zu Risiken von HDR-Anlagen (z.B. induzierte Seismizität);
- Arbeiten für die Entwicklung geeigneter Prozesse für Binäranlagen;
- Untersuchungen zu den Möglichkeiten von Hybrid-Prozessen: Die aus der Erde gewonnene Energie wird mit einer Feuerung ergänzt. Diese Feuerung kann mit erneuerbaren Energieträgern betrieben werden und erlaubt die Erhöhung des elektrischen Wirkungsgrades.

Nebst dem Projekt in Basel, welches finanziell u.a. vom Kanton Basel-Stadt, IWB und EBL unterstützt wird, haben in Genf - unter finanzieller Beteiligung von Kanton und Stadt Genf - die Projektierungsarbeiten für ein HDR-Kraftwerk begonnen. Der Kanton Waadt klärt die Möglichkeiten eines solchen Kraftwerkes für die Stadt Lausanne ab, ähnliches ist für die Stadt Zürich geplant. Ziel des Programms *Geothermie* ist die Realisierung mindestens eines geothermischen Kraftwerks mit Strom- und Wärmeproduktion in der Schweiz bis 2010.

Längerfristig hat die Geothermie das Potenzial, einen bedeutenden Teil der schweizerischen Energieversorgung zu übernehmen. In diesem Sinne sind auch die jüngst erstellte Langfrist-Prognosen (siehe Fig. 4) für die Nutzung der Geothermie in Deutschland [27] interessant:



Figur 4: Prognose Deutschland: Wärme und Stromproduktion aus erneuerbaren Energien

Die Forschungsziele 2002 in der untiefen Geothermie (EWS, Geostrukturen, geothermischer Response Test, etc.) konnten voll erreicht werden. Ergänzende Arbeiten werden 2003 weitergeführt. Damit die Anwendung der Geothermie flächendeckend erfolgen kann, sind für alle Nutzungstechnologien Qualitätssicherungs-Instrumente notwendig. Diese müssen entwickelt, überprüft und bei den massgebenden Stellen eingeführt werden.

P+D PROJEKTE

Die technischen Voraussetzungen zur Nutzung der geothermischen Energie mit Hilfe von Erdwärmesonden und -feldern, mit Energiepfählen oder zur direkten Nutzung sind zu einem grossen Teil vorhanden. Trotzdem werden sie (noch) nicht breit genutzt. Die Einsatzmöglichkeiten der Geothermie für Grossanlagen müssen darum mit Demonstrationsanlagen besser bekannt gemacht und ihre energetischen und wirtschaftlichen Kennzahlen publiziert werden.

Bei den P+D-Projekten wird deshalb, wie bereits im vergangenen Jahr, das Schwergewicht auf **Messkampagnen beim Betrieb von geothermischen Grossanlagen** gelegt. Das Konzept dabei ist, in verschiedenen Regionen der Schweiz den einwandfreien Betrieb von geothermischen Vorzeiganlagen zu beweisen und damit eine Multiplikation solcher Anlagen zu erreichen (die entsprechenden Informationen und Vermarktungen erfolgen hierbei durch das Programm EnergieSchweiz). Im Kanton St. Gallen sowie im Aargau konnten erste Erfolge nachgewiesen werden.

Basierend auf den ermutigenden geothermischen Ergebnissen aus den beiden *AlpTransit* Projekten, stehen Beratungs- und Informationsarbeiten vis-à-vis der kantonalen Behörde der vier betroffenen Kantone im Zentrum der kommenden Aktivitäten. Einen weiteren Aspekt stellt die Identifikation von zukünftigen Nutzungsmöglichkeiten von den warmen Drainagewässern aus den Tunnelröhren dar (z.B. für Gewächshäuser, Erlebnisbäder, etc., die auch im Sommer Wärmeenergie benötigen).

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: **a) Deep Heat Mining; Entwicklung der Hot-Dry-Rock/Hot-Wet-Rock Technologie in der Schweiz; 2002** (JB) ♦ **b) Deep Heat Mining; Teilprojekt „Monitoring Station“** (JB) ♦ **c) Deep Heat Mining; Entwicklung der Hot-Dry-Rock/Hot-Wet-Rock Technologie in der Schweiz; 2002. Investigations relatives à l'implantation d'une centrale DHM à Genève** (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 2002)** (JB)
- [3] D. Pahud, (daniel.pahud@dct.supsi.ch), ARBEITSGEMEINSCHAFT, Canobbio: **Langzeiteffekt von Mehrfach- Erdwärmesonden (EWS)** (SB) ENET 220005
- [4] H. Graf (h.graf@mbn.ch), MATOUSEK, BAUMANN & NIGGLI AG, Baden: **Arteserkarte der Schweiz – Teilgebiet Basel - Luzern** (JB)
- [5] L. Laloui (lyesse.laloui@epfl.ch), EPFI – ENAC, Lausanne: **Finalisation du module de l'EPFL pour les tests de réponse.** (SB)
- [6] W.J. Eugster (wjeugster@swissonline.ch), POLYDYNAMICS ENGINEERING ZÜRICH, Zürich: **Workshop zur Qualitätssicherung von „geothermischen Response Tests“** (SB) ENET 220180

Liste der P+D-Projekte

- [7] D. Pahud, (daniel.pahud@dct.supsi.ch), LEE – SUPSI, Canobbio: **Misure di un impianto di riscaldamento con sonda geotermica a Lugano (TI)** (JB)
- [8] Ch. Kapp, (ch.kapp@nek.ch), NEK UMWELTTECHNIK AG, Zürich: **a) Demonstrationsprojekt zum Effizienzvergleich zwischen konventioneller (tiefer) EWS und der Neuentwicklung „Regenschirm- Erdwärmesonde“** (SB) ENET 220158 ♦ **b) Demonstrationsprojekt zur Energieeffizienz einer grossen Wohnüberbauung („Unteres Hompe- li“, SG) im Minergie- Standard** (JB)
- [9] M. Eberhard, (service@eberhard-partner.ch), EBERHARD UND PARTNER AG, Aarau: **a) Wirtschaftlichkeitsermittlung einer Sondenisolation im obersten Abschnitt einer EWS- Anlage in Otelfingen (ZH)** (SB) ♦ **b) WP – Anlage Chestonag Automation AG, Seengen (AG)** (SB) ♦ **c) EW- Sondenanlage Überbauung „Bahnhof Süd“ in Aarau** (JB)
- [10] P. Joliquin, (patric.joliquin@epfl.ch), GEOLEO – EPFL; Lausanne: **Exploitation de la chaleur terrestre par des géostructures énergétiques. Méthodologie de détermination des zones potentielles** (SB) ENET 220163
- [11] Ch. Kapp, (ch.kapp@nek.ch), NEK UMWELTTECHNIK AG, Zürich: **Regionalgefängnis Rheintal, Altstätten (SG): Beheizung und Klimatisierung mittels Energiepfählen, gekoppelt mit Erdwärmesonden** (JB)

- [12] 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 Ver-l'Eglise / Fully** (SB) ENET 220162
- [13] M. Hubbuch, (m.hubbuch@hswzfh.ch), FH Wädenswil, Canobbio: **Energiepfahlanlage Dock Midfield, Zürich Flughafen** (JB)
- [14] M. Morath, (morath.marcel@lippuner-emt.com), ING. BÜRO LIPPUNER AG, Grabs: **Messungen Energiepfahlanlage Dividella AG** (JB)
- [15] M. Eberhard, (service@eberhard-partner.ch), EBERHARD UND PARTNER AG, Aarau: **a) Zweijährige Erfolgskontrolle (Messcampagne) der GW- WP Anlage „Pfarrhaus Bremgarten“** (JB) • **b) Zweijährige Erfolgskontrolle (Messcampagne) der GW- WP Anlage „Feuerwehrmagazin und Wohnungen Sisseln, (AG)“** (JB)
- [16] W.J. Eugster (wjeugster@swissonline.ch), POLYDYNAMICS ENGINEERING ZÜRICH, Zürich: **Tiefe Erdwärmesonde Weggis – Messkampagne zur Dokumentation der neuen Einflüsse beim Ausbau der Abnehmerleistung** (SB) ENET 220178
- [17] Ch. H. Häring, (info@haring.ch), HÄRING AG, INNOVATIVE BAUSYSTEME, Pratteln: **Geothermie Contracting Solar One, Itingen, BL** (SB) 210183
- [18] S. Flury, (ing.buero@sytek.ch), SYTEK AG, INGENIEURBÜRO FÜR GEBÄUDETECHNIK, Binnigen: **Wärmegewinnung aus Thermalwasser (Schinznach Bad)** (SB) ENET 220121
- [19] G. Bianchetti, (gabianc@vtx.ch), HYDROGEOLOGIE, GEOTHERMIE, GEOTECHNIQUE, Sion: **a) Exploitation du forage géothermique JAFE de Saillon** (SB) • **b) Exploitation du nouveau forage géothermique P600 de Lavey-les Bains** (JB)
- [20] J. Wilhelm, (jules.wilhelm@bluewin.ch), INGENIEUR-CONSEIL, Pully: **Potentiel géothermique et possibilités d'utilisation des eaux des tunnels de base d'Alptransit.** (SB)
- [21] G. Oppermann (gerhard.oppermann@gruneko.ch) GRUNEKO AG, Basel: **a) Statusbericht. Wärmenutzung warmer Tunnelwässer aus dem St. Gotthard und Lötschberg - Basistunnel** (SB) ENET 220157 • **b) Machbarkeitsstudie. Tunnelwassernutzung für Heizzwecke, Lötschberg- Basistunnel (Portal Frutigen)** (SB) • **c) Machbarkeitsstudie. Tunnelwassernutzung Lötschberg Süd** (JB)
- [22] D. Zürcher, (daniel.zuercher@durena.ch), DURENA AG, Lenzburg: **Gewinnung geothermischer Energie aus dem Hauenstein Basistunnel** (JB)
- [23] M. Thüring, (thuering@ist.supsi.ch), INSTITUTO SCIENZE DELLA TERRA – SUPSI, Canobbio: **Geothermische Karte Tessin. Wärme aus Boden und Wasser – Kanton Tessin** (JB)
- [24] J. Wilhelm, (jules.wilhelm@bluewin.ch), INGENIEUR-CONSEIL, Pully: **Evaluation du potentiel géothermique du Canton de Vaud** (JB)
- [25] Th. Kohl, (kohl@geowatt.ch), Zürich: **Statistik geothermischer Nutzung in der Schweiz für das Jahr 2001** (SB)
- [26] W.J. Eugster (wjeugster@swissonline.ch), POLYDYNAMICS ENGINEERING ZÜRICH, Zürich: **Gütesiegel für Planer von Geothermieranlagen, Geothermiepreis (Phase1, 2002)** (JB)

Referenzen

- [27] **Jahrbuch Erneuerbare Energien 2001**, Stiftung Energieforschung Baden-Württemberg, Radebeul: Bieberstein, 2001. ISBN 3-927656-15-1 mit CD-ROM, Seite I-203.