

*Resultatebericht 2002*

## **DEEP HEAT MINING**

### ***Entwicklung der Hot-Dry-Rock / Hot-Wet-Rock Technologie zur Strom- und Wärmeproduktion in der Schweiz***

ausgearbeitet durch

Dr. Markus O. Häring  
Dr. Robert J. Hopkirk

Mit Beiträgen von

Prof. Dr. Ladislaus. Rybach  
Dipl. Ing. Jules Wilhelm  
Dr. Rudolf Minder  
Dr. François Vuataz

Arbeitsgemeinschaft DEEP HEAT MINING  
c/o Häring GeoProject  
Im untern Tollacher 2  
8162 Steinmaur

# Inhaltsverzeichnis

**Zusammenfassung / Erreichte Meilensteine..... 3**

**Laufende Arbeiten ..... 4**

Auswertung Sondierbohrung Otterbach 2..... 4

    Geothermische Resultate..... 4

    Dünnschliffe an Kristallinkernen ..... 4

    Stratigraphische Auswertung ..... 5

Seismic Monitoring Otterbach 2 ..... 5

Finanzierung DHM Basel..... 7

Planung DHM Anlage Basel ..... 8

    Standort ..... 8

    Energiekonzept ..... 10

    Netzeinbindung ..... 11

    Umweltverträglichkeit..... 12

Planung Genf..... 13

Planung neuer Standorte ..... 14

Potentialstudie CH..... 14

    Infrastrukturelle Rahmenbedingungen ..... 16

Öffentlichkeitsarbeit / Publikationen..... 17

DEEP HEAT MINING in der Presse..... 18

## Beilagen

- Beilage 1:           Fluoreszenzmikroskopie an Dünnschliffen von Granitkernen der Sondierbohrung Otterbach 2.
- Beilage 2:           Fluoreszenzmikroskopie an Dünnschliffen von Granitkernen der Sondierbohrung Otterbach 2.

# Zusammenfassung / Erreichte Meilensteine

## Auswertung Sondierbohrung Otterbach 2

Auswertung Otterbach	L. Rybach konnte aufgrund der zeitlich gestaffelten Temperaturmessungen in der Sondierbohrung Otterbach einen thermischen Gradienten von 4.0 °C/100 m in der Sedimentstrecke und 3.5°C/100m in der Kristallinstrecke nachweisen. Unter diesen Voraussetzungen kann auf 5'000 m Tiefe mit einer Temperatur von 210° - 220°C gerechnet werden. Mit Fluoreszenzmikroskopie an Dünnschliffen der Granitkerne aus der Bohrung Otterbach 2 konnte die Mikroporosität in diesen Graniten sichtbar gemacht werden. Das Bohrgut aus Bohrung Otterbach 1 wurde von der Universität Fribourg stratigraphisch untersucht, dasjenige der Bohrung Otterbach 2 vom Landesamt für Geologie und Rohstoffe in Freiburg im Breisgau.
Monitoring Station	Ein Messkonzept zur zeitlich relevanten Aufzeichnung natürlicher Seismizität und induzierter Mikroseismizität wurde erarbeitet. Darauf basierend wurde eine Messinstallation für die Bohrung Otterbach konzipiert, welche im Januar 2003 eingebaut wird. Zur langfristigen Sicherung des Zugangs der Bohrung Otterbach bis Sohle wird vorgängig die restliche offene Bohrlochstrecke verrohrt. Die entsprechenden Arbeiten haben im Dezember begonnen.
Planung Basel	Als definitiver Anlagestandort wurde der IWB Werkhof Kleinhüningen gewählt. Ein Konzept zur Einbindung in das Fernwärmenetz von diesem Standort ist erarbeitet. Mit einem Ratschlag der Basler Regierung wird ein Rahmenkredit von 40 Millionen Franken über das Gesamtprojekt als Beteiligung des Kantons und der IWB in Aussicht gestellt. Eine Beschluss des Grossen Rates wird im März 2003 erwartet. Damit ist die Finanzierung des Gesamtprojekts zur Hälfte gesichert. Ein Pflichtenheft für die UVP wurde eingereicht.
Planung Genf	Nachdem der Anlagestandort Aire festgelegt werden konnte, wurden 7 verschiedene Standorte in einem technischen Bericht über die geologischen Gegebenheiten identifiziert, welche sich für eine Explorations- resp. Horchbohrung eignen könnten.
Potentialstudie	In einer internen Studie wurden die Rahmenbedingungen für eine systematische Potentialabschätzung der geothermischen Ressourcen in der Schweiz ausgearbeitet. Erste Aussagen zu „heat in place“ werden formuliert.
Öffentlichkeitsarbeit	Es wurden Beiträge zu einer Informationsveranstaltung von Bundespolitikern und zu einem Geothermie-Symposium des deutschen Bundesministeriums geliefert. Die Daten der Bohrung Otterbach wurden publiziert. Mit 3-monatigen Newsletters und aktualisierten websites werden interessierte Kreise über das Projekt auf dem Laufenden gehalten.

# Laufende Arbeiten

## Auswertung Sondierbohrung Otterbach 2

### Geothermische Resultate

- Bericht Rybach** Die zeitlich gestaffelten Temperaturmessungen in der Bohrung Otterbach wurden durch Prof. L. Rybach ausgewertet und interpretiert. Er gelangt zu diesen Schlussfolgerungen:
- Das Temperaturfeld an der Bohrlokation Otterbach konnte bis zur erbohrten Endtiefe verlässlich fortgesetzt werden, Die Temperatur errechnet sich für  $z=2745$  m (korrigierte Endtiefe) auf rund  $123^{\circ}\text{C}$ .
- Wärmefluss Gradient** Der Wärmefluss beträgt rund  $95 \text{ mW/m}^2$ ; ein erhöhter, für den Rheingraben jedoch charakteristischer Wert. Der geothermische Gradient über den gesamten, erbohrten Tiefenbereich liegt um  $40^{\circ}\text{C/km}$ , der Gradient in der Kristallinstrecke bei mindestens  $35^{\circ}\text{C/km}$  (vorläufiger Wert).
- Die Temperaturwerte aus den Bohrungen OT1 und OT2 liegen ausnahmslos auf der Kompilationsgerade nach Rybach (1999).
- An Bohrkernen und cuttings aus der Kristallinstrecke wurden Bestimmungen der Wärmeleitfähigkeit, Wärmekapazität und Wärmeproduktion im Labor durchgeführt (Schärli 2001). Die bestimmten Werte liegen im Rahmen der regionalen Kompilation (Rybach 1999).
- Extrapolation** Mit der für die Kristallinstrecke in OT2 bestimmten, mittleren Wärmeproduktion kann der Temperaturverlauf auch unterhalb der Endtiefe OT2 abgeschätzt werden. In der Tiefe von 5 km können Temperaturen im Bereich von  $210 - 220^{\circ}\text{C}$  erwartet werden, falls keine konvektiven Störeffekte auftreten. Die gute Linearität der Bullard Plots spricht eher gegen solche Effekte.

### Dünnschliffe an Kristallinkernen

- Fluoreszenz-Mikroskopie** An ausgewählten Granitkernen der Bohrung Otterbach 2 wurden Dünnschliffe angefertigt. Ziel war eine systematische Beschreibung der Mineralzusammensetzung und eine Abschätzung vorhandener Mikroporosität. Es ist offensichtlich, dass durch die Entlastung des Gesteins bei der zutage Förderung eine Anzahl Entlastungsrisse entstehen würden. Diese Entlastungsrisse werden die ursprüngliche Mikroporosität vermutlich stark überprägen. Zum sichtbar machen der Haarrisse wurden die Dünnschliffe mit einem Fluoreszenzharz imprägniert. Unter UV-Licht treten die mit der Lösung gefüllten Risse und Poren leuchtend hervor. Die Untersuchungen wurden von Dr. A. Irouschek, an Geräten des mineralogischen Institutes der Universität Bern durchgeführt. Beispiele der Fluoreszenz-mikroskopischen Untersuchungen sind auf den Beilagen 1 und 2 dargestellt.
- Zweck** Mit diesen Untersuchungen wird wichtige Grundlageninformation zum Verständnis des Fluidanteils und dessen Einfluss auf die Wasserzirkulation in schwach-permeablem Gestein gewonnen.

**Petrographie** Die systematische petrographische Analyse der Dünnschliffe bestätigt den typischen Mineralbestand eines Granits mit 25 – 35% Quarz, 40 – 50% Plagioklas, 20% Kalifeldspat und 4 – 7% Hellglimmer.

### **Stratigraphische Auswertung**

**Tertiär** Von der Bohrung Otterbach 1 wurden die Bohrgutproben (Cuttings) über das gesamte Tertiär (18 – 512 m) dem geologischen Institut der Universität Fribourg für mikropaläontologische Untersuchungen zur Verfügung gestellt. Die Proben ergaben interessante Neuerkenntnisse zur Datierung der Basis des Tertiärs im Jura und Rheingraben. Die Resultate werden in Kürze in der Doktorarbeit von Laurent Picot publiziert.

Die detaillierte Datierung der Tertiärschichten geben direkten Aufschluss über die tektonische Geschichte (burial history) des Rheingrabens. Diese Kenntnis ist Grundlage für ein besseres Verständnis der Temperaturgeschichte im oberen Rheingraben.

**Mesozoikum** Die gesamten ungewaschenen Rückstellproben der Bohrung Otterbach 2 wurden dem Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg für detailliertere stratigraphische Untersuchungen zur Verfügung gestellt, nachdem keine Hochschule der Schweiz einen Anspruch darauf erhob. Eine detaillierte Beschreibung der Proben des Mesozoikums wurde auf Ende Jahr in Aussicht gestellt.

**Rotliegend** Resultate zu den Rotliegend- und Kristallinproben sollen zu einem späteren Zeitpunkt nachgeliefert werden.

### **Seismic Monitoring Otterbach 2**

**Messkonzept** Für die Installation einer Monitoring Station in der Bohrung Otterbach 2 standen zwei Fragen im Vordergrund. Erstens: Welche Instrumentenauslage kann den Anforderungen des Erdbebendienstes zur Erfassung natürlicher seismischer Ereignisse und denjenigen des Projekts zur Registrierung mikroseismischer Ereignisse im Reservoirbereich gerecht werden. Zweitens wie kann das Funktionieren von Seismiksensoren in einer Tiefe von 2700 m bei einer Temperatur von 120°C in einer korrosiven Spülung langfristig gewährleistet werden.

**Installationsdesign** Für eine langfristige Nutzung und den Unterhalt der Instrumente ist eine Platzierung im offenen Bohrloch problematisch. Für eine langjährige gesicherte Befahrung des Bohrloches drängt sich eine Verrohrung des Bohrloches bis zur Sohle auf. Allerdings entsteht ein gewisses Risiko einer Verzerrung der seismischen Signale durch die Verrohrung, wobei alle erdenklichen Gegenmassnahmen getroffen werden. Ein wichtiger Vorteil wird durch eine Verrohrung allerdings gewonnen. Die Salz-Tonspülung im Bohrloch kann mit reinem Wasser ersetzt werden, was die Korrosion der Instrumente und Kabel substantiell reduziert. Doch am wichtigsten ist eine langfristig gesicherte Befahrbarkeit der Messstrecke.

Da die Aufzeichnung der natürlichen seismischen Aktivität ab sofort erfolgen soll, die Aufzeichnung frac-induzierter Mikroseismik jedoch erst mit der ersten Tiefbohrung auf 5'000 m relevant wird, ist eine zweistufige Installation vorteilhafter: Vorerst wird ein Strang mit sechs Sensoren über eine Strecke von bloss 50 Metern direkt über der Bohrlochsohle eingehängt. Die Sensoren

werden eingesendet um eine optimale Kupplung mit der Verrohrung resp. der Formation zu gewähren. Mit der Verrohrung wird eine zeitlich gestaffelte (just in time) Instrumentierung möglich.

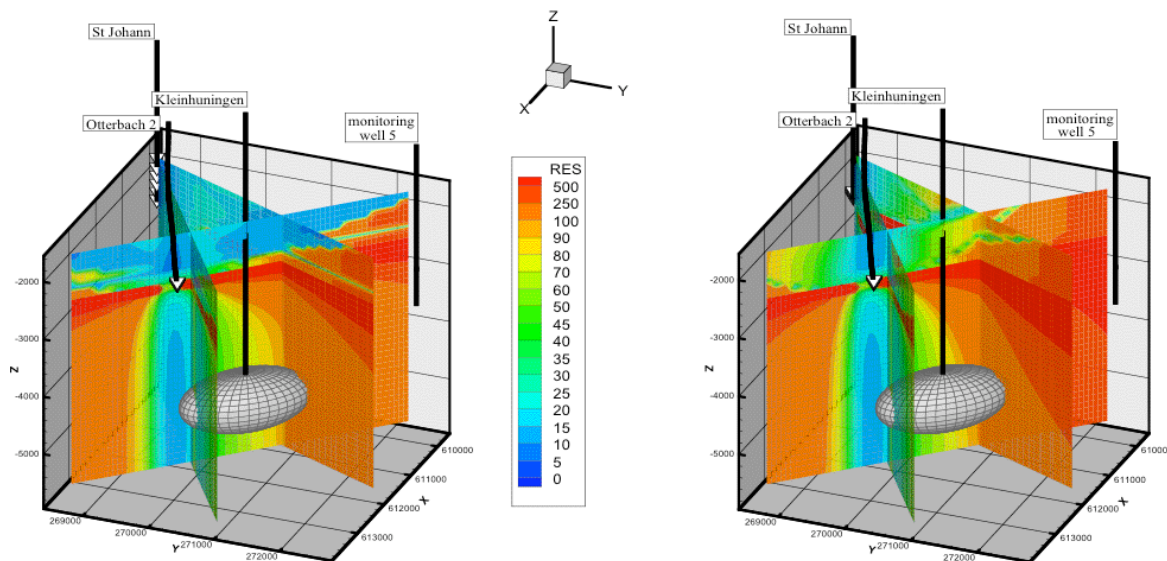
ABB Studie

Von der Firma ABB offshore Systems Ltd wurde die Position der zusätzlich benötigten Messstation und die Anordnung der gesamten Messauslagen in den verschiedenen Projektphasen erörtert und die Lokalisierungspräzision induzierter seismischer Ereignisse modelliert.

### Results with 50m string in Otterbach 2 + 6-level VSP tool in St Johann

700m 6-level VSP string

100m 6-level VSP string

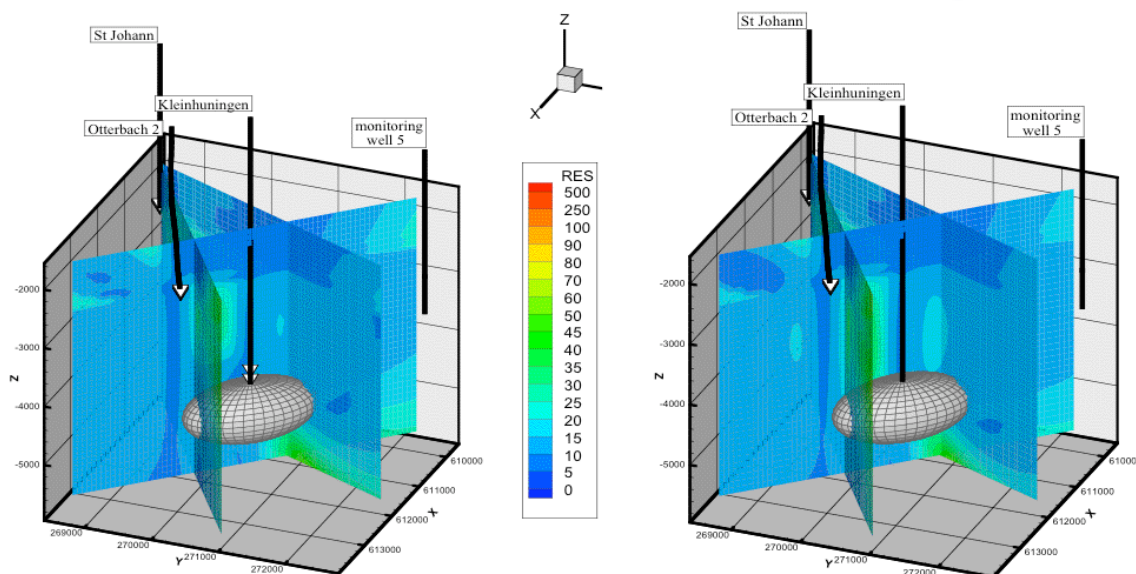


Figur 1: Modellierung der Ortungsgenauigkeit mit einer Messanordnung in 2 Horchbohrungen.

### Results with 50m string in Otterbach 2 & St Johann + VSP tool in Kleinhuningen

700m 6-level VSP string

100m 6-level VSP string



Figur 2: Modellierung der Ortungsgenauigkeit mit einer Messanordnung in 2 Horchbohrungen plus einer temporären Messeinrichtung in einer 5'000 m Bohrung.

- Arbeitsprogramm** Mitte Dezember hat die Installation des Bohrplatzes Otterbach begonnen. Im Januar wird mit einer Workover-Bohranlage die Bohrung Otterbach 2 befahren und die offene Bohrlochstrecke von 2'031 m bis 2'755 m aufgespült und je nach Notwendigkeit nachgebohrt. Danach wird das Bohrloch von 2'030 m bis zur Sohle mit einem 4 1/2" Rohr verrohrt. Zur optimalen Kupplung mit der Formation wird die Verrohrung vollständig einzementiert. Danach erfolgt ein Austausch der Spülung mit reinem Wasser.
- Nach Abbau der Workover-Anlage werden die Messinstrumente am Kabel eingelassen. Ein Funktionstest mit einer seismischen Quelle an der Oberfläche erfolgt bevor die Instrumente eingesendet werden. Eine Wiederholung der gleichen Tests nach dem Einsenden soll Auskunft über die Notwendigkeit, respektive den Nutzen dieser Massnahme geben.
- Die Dauer der Workover Arbeiten beträgt ca. 4 Wochen, der Einbau und Test der Instrumente nimmt ca. weitere 2 Wochen in Anspruch.
- Stand der Arbeiten** Die Bohrfirma UGS GmbH hat die Installationsarbeiten aufgenommen. Der Messstrang wird zurzeit bei der Firma Input-Output zusammen mit der Firma Rochester Cables in den USA hergestellt. Details zum Messstrang und zum laufenden Arbeitsprogramm sind im Statusbericht zum Teilprojekt „Monitoring Station“ Otterbach, Basel vom 21. Nov. 2002 festgehalten.

## Finanzierung DHM Basel

- Ratschlag** Als Grundlage für die Finanzierung eines geothermischen Heizkraftwerks dient der sogenannte Ratschlag an die Regierung und den Grossen Rat des Kantons Basel-Stadt. Das 36-seitige Dokument enthält neben einem vollständigen Projektbeschreibung das Finanzierungsmodell. Vorgesehen ist eine Beteiligung der IWB und des Kanton Basel-Stadt zur Hälfte der Gesamtkosten. Der Ratschlag schlägt einen Rahmenkredit von 40 Millionen Franken für das Projekt vor, der stufenweise nach Erreichen klar definierter Meilensteine fällig wird. Voraussetzung für eine Beteiligung des Kantons und der IWB sind zusätzliche Förderbeiträge des Bundes und insbesondere die Leistung einer Risikogarantie des Bundes. Die restlichen Finanzen werden durch Beteiligungen Dritter und durch Darlehen gesichert. Zu diesem Zweck wird eine Projektgesellschaft gegründet, in welcher die Beteiligten Aktionäre paritätisch vertreten sind.
- Projektphasen** Das Projekt gliedert sich in eine Explorationsphase und eine Ausbauphase. Die Explorationsphase findet mit der Etablierung einer Zirkulation zwischen zwei Tiefbohrungen ihren Abschluss. Bis zu diesem Zeitpunkt muss das Projekt mit Eigenkapital und Förderbeiträgen finanziert werden. Erst in der Ausbauphase werden zur vollständigen Finanzierung auch Darlehen aufgenommen.
- Beschluss** Der Ratschlag wurde von der Finanzkommission des Kantons Basel-Stadt geprüft und liegt jetzt dem Regierungsrat vor, der dem Grossen Rat einen entsprechenden Vorschlag vorlegen muss. Die Verabschiedung des Ratschlages durch den Grossen Rat ist im Frühjahr 2003 zu erwarten. Der Ratschlag war von der Werkkommission der IWB, dem politischen

Kontrollorgan der IWB einstimmig gutgeheissen worden. Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass der Grosse Rat gleich wie die Werkkommission entscheiden dürfte.

	<b>Explorations- phase</b>		<b>Ausbau- phase</b>		<b>Total</b>	
	Mio. Fr.	Anteil	Mio. Fr.	Anteil	Mio. Fr.	Anteil
Investition Total*	<b>40</b>		<b>40</b>		<b>80</b>	
Darlehen	0	0%	24	60%	24	30%
Eigenkapital	20	50%	12	30%	32	40%
<i>Aus Förderabgabe</i>	8	20%	0	0%	8	10%
<i>Subvention Bund</i>	12	30%	4	10%	16	20%
kapitalisiert	20	50%	36	90%	56	70%
nicht kapitalisiert	20	50%	4	10%	24	30%

\*vereinfachte Annahme von Explorations- und Ausbauphase je 40 Mio. Fr. , statt 39 resp. 41 Mio. Fr. gem. Budget.

*kursiv: NAI*

Figur 3: Finanzierungsmodell.

Dritte

Für die Restfinanzierung sind intensive Gespräche mit Energieversorgungsunternehmen und Industriebetrieben im Gange. Eine mögliche Beteiligung Dritter hat sich in den letzten Monaten stark verbessert, nachdem es klar geworden ist, dass die Schweiz die gesteckten CO<sub>2</sub>-Einsparungsziele nicht erreichen wird, und die Einführung einer CO<sub>2</sub>-Steuer mit grosser Wahrscheinlichkeit kommen wird. Das Engagement in ein zukünftiges Kraftwerk, das kein CO<sub>2</sub> produziert, hat deshalb einen ganz anderen Stellenwert bekommen.

## Planung DHM Anlage Basel

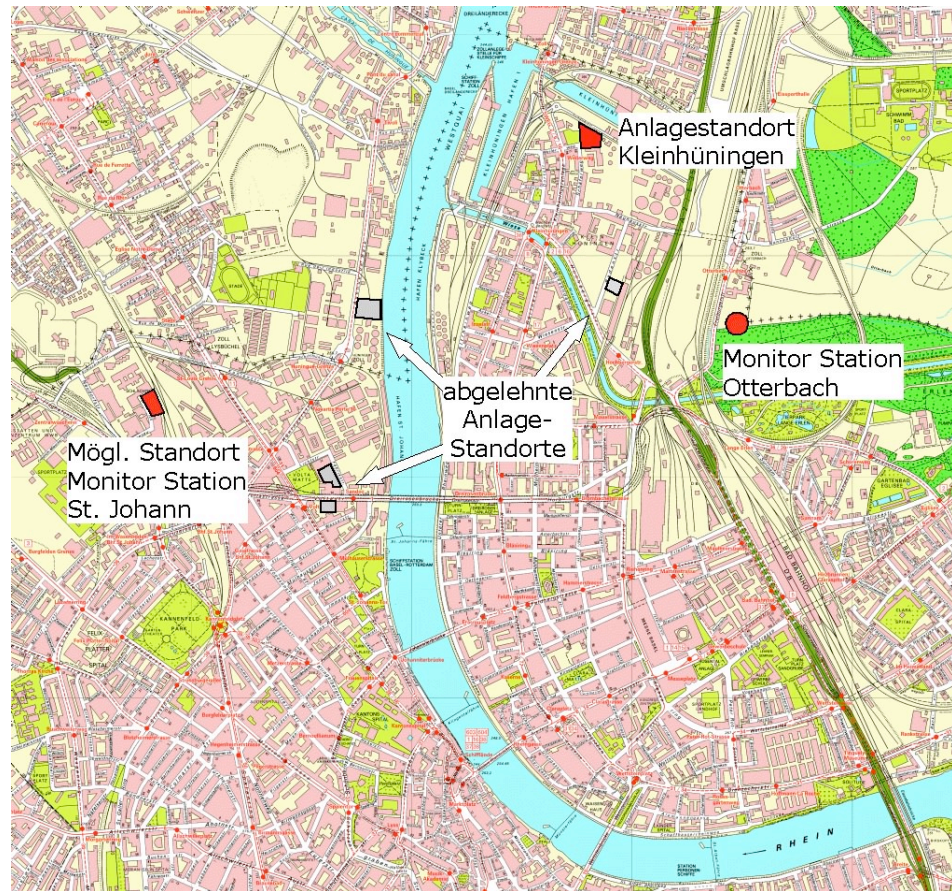
### Standort

Der nächste grosse Schritt in Basel wird die Tiefbohrung auf rund 5'000 m sein. Die Standortwahl kann sich jedoch nicht auf die blosse Eignung als Bohrplatz beschränken, gilt es doch an diesem Ort die gesamte Anlage zu bauen. Dementsprechend waren nicht nur die Platzverhältnisse ausschlaggebend, sondern vor allem auch die Netzeinbindung, welche wiederum das Energiekonzept entscheidend beeinflusst.

### Auswahl

Nach eingehender Prüfung mehrerer Standorte in Basel, insbesondere des Areals nördlich der Unterstation Volta und Teilen des Fernheizwerks Volta sowie des IWB Werkhofs in Kleinhüningen ist die Wahl definitiv auf das letztere gefallen. Das Areal nördlich der Unterstation Volta wäre von der Grösse und betreffend Nähe zum Fernwärmenetz ideal gewesen. In der Stadtplanung ist in diesem Bereich jedoch langfristig eine Grünanlage mit Tiefgarage in Zusammenhang mit einer Grossüberbauung (Campus Projekt) geplant. Novartis als federführende Unternehmung des Campus Projekt hat Ersatzflächen an mehreren Industriestandorten angeboten, die sich bei

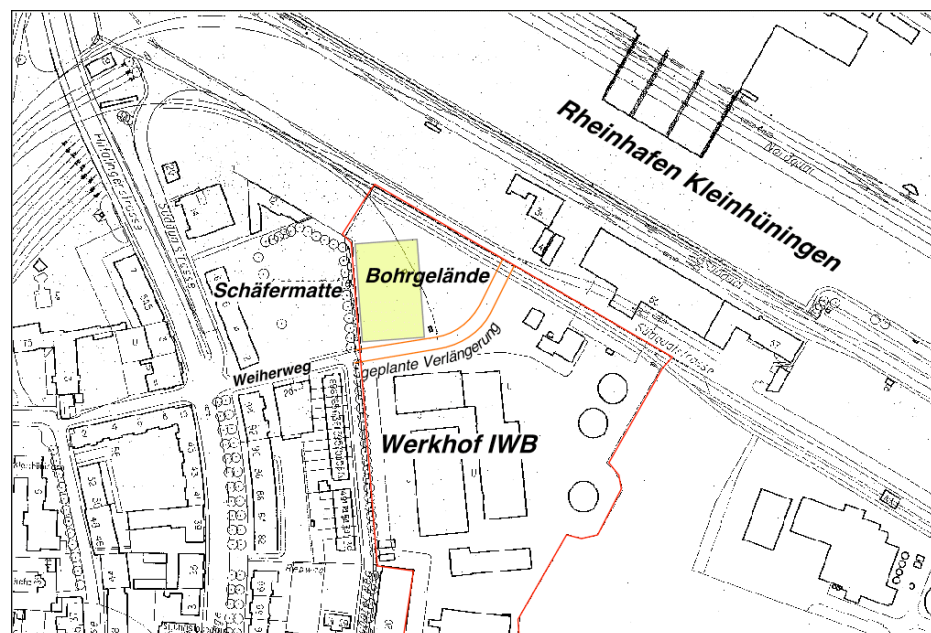
näherer Prüfung jedoch nicht bewährten (Figur 4). Eine technische Lösung für Tiefbohrungen im Fernheizwerk Volta wurde in Zusammenarbeit mit Bohrtechnikern geprüft. Eine solche Variante erwies sich allerdings als prohibitiv teuer.



Figur 4: Evaluierte Standorte in Basel

Kleinhüningen

Ausschlaggebend für die Wahl des Werkhofareals Kleinhüningen waren die grosszügigen Platzverhältnisse und die vorhandene Infrastruktur wie Werkstätten, Zufahrten und Werkleitungsanschlüsse (Figur 5).



Figur 5: Anlagestandort Kleinhüningen

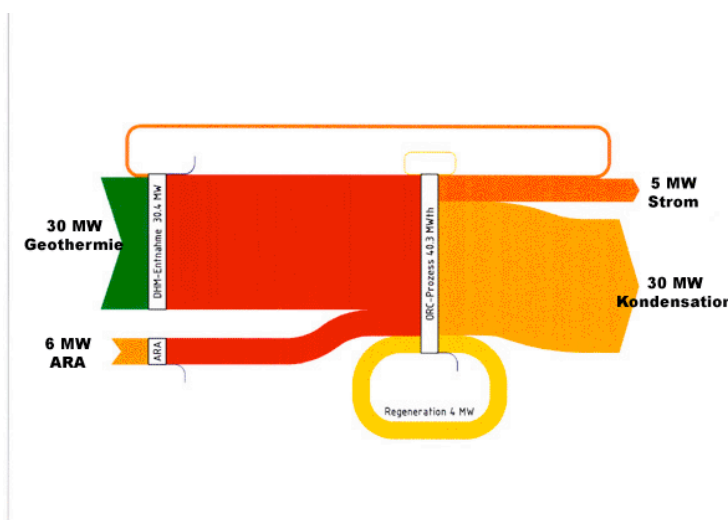
## Energiekonzept

Im Auftrag der IWB hat die Basler Ingenieurunternehmung Gruneko AG eine Konzeptstudie zur Einbindung des zukünftigen DHM-Kraftwerks in das Fernwärmenetz der IWB erarbeitet. Diese Studie wurde in enger Zusammenarbeit mit der ARGE DHM durchgeführt um sicherzustellen, dass die umfangreichen bisherigen Arbeiten im Bereich Energietechnik vollumfänglich genutzt werden konnten.

Zur Diskussion standen drei Szenarien:

1. Nutzung der Geothermie alleine.
2. Kombination Geothermie mit Abwärme der ARA ProRheno.
3. Kombination Geothermie mit Gasturbine.

Zu jedem dieser Szenarien wurden Varianten zur maximalen Strom-/ minimalen Fernwärmeproduktion und minimalen Strom-/ maximalen Fernwärmeproduktion betrachtet. In den Figuren 6 und 7 sind die Varianten der Kombination mit ARA-Abwärme dargestellt, des Referenzszenario für den Ratschlag. Von der Wirtschaftlichkeit her scheint jedoch das Szenario mit Gasturbine das Vorteilhafteste zu sein. Dies vor allem in Anbetracht der Verstärkung des Fernwärmenetzes und Entlastung von veralteten Wärmezeugungsanlagen.



Figur 6: Energieflussbild max. Stromproduktion

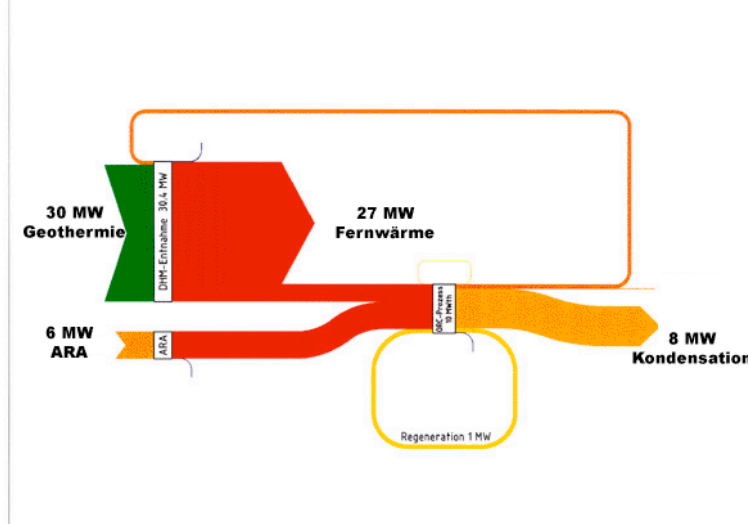


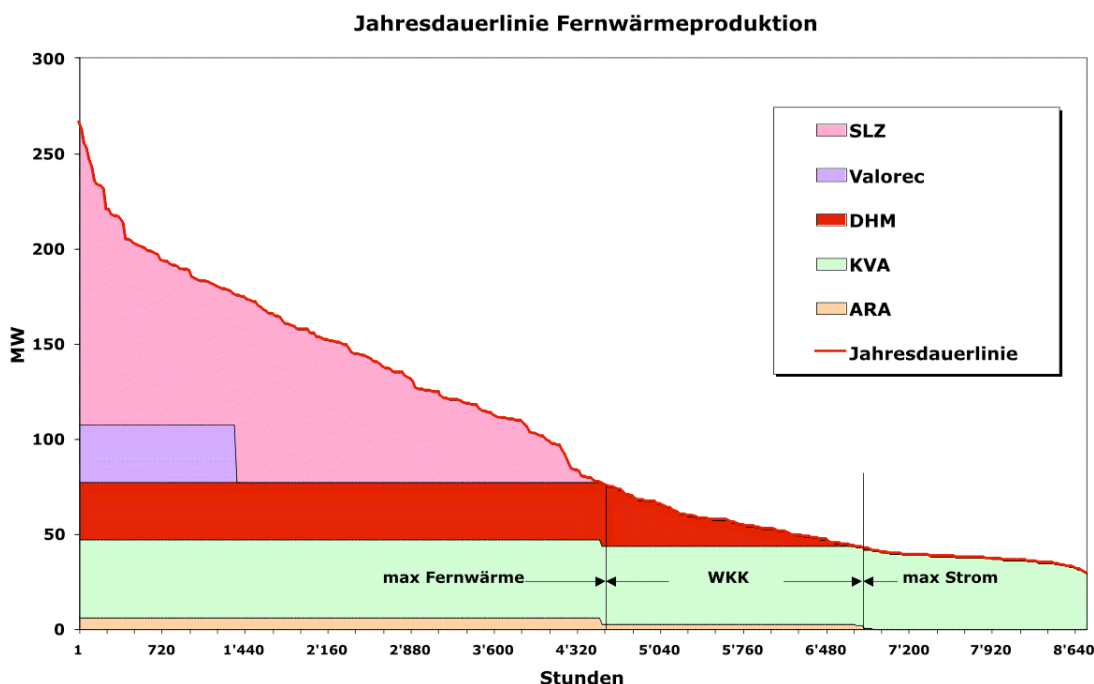
Fig. 7: Energieflussbild max. Wärmeproduktion

Auch wenn die definitive Variantenwahl erst vorgenommen werden kann, wenn die effektive geothermische Leistung der HDR Erschliessung bekannt ist, lassen sich mit dieser Studie doch entscheidende Aussagen zur Optimierung der Wirtschaftlichkeit der Anlage machen.

### Netzeinbindung

#### FW-Produktion

Die Einbindung des DHM-Heizkraftwerkes in die Fernwärmeproduktion Basel ist in Fig. 8 dargestellt. Die Zuschaltpriorität des Geokraftwerks (rote Fläche), gekoppelt mit der ARA-Abwärme (gelbe Fläche) erfolgt in 2. Priorität nach der KVA-Wärmeeinspeisung (grüne Fläche). Nachgeschaltet ist die Wärmeeinspeisung ab Novartis, Werk Klybeck (Valorec), die gasbetriebenen Heisswasserkessel im Heizwerk Bahnhof und die gasbetriebenen Heisswasser- und Dampfkessel im FKW-Voltastrasse. Überkapazitäten im FKW-Voltastrasse könnten im Zeitpunkt fälliger Kesselrevisionen abgebaut werden.



Figur 8: Einbindung des DHM-Heizkraftwerkes in die Fernwärme-Produktion.

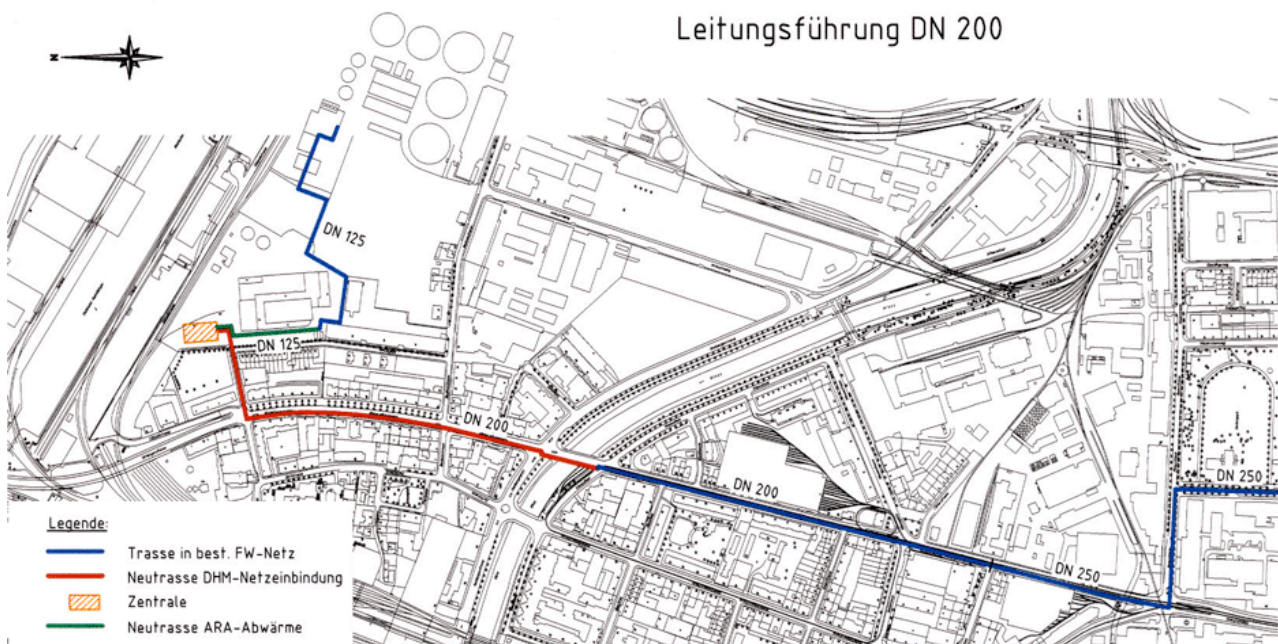
#### Leitungsnetz

Zur definitiven Wahl des Standortes Kleinhüningen musste die Einbindung ins Fernwärmenetz abgeklärt werden (Figur 9).

Das DHM-Heizkraftwerk produziert im Winter max. 30 MW Wärmeleistung. Da sich der Standort der Anlage an der Peripherie des Fernwärmenetzes befindet, erfordert diese Wärmeleistung einen Leitungsneubau zwischen DHM-Heizkraftwerk und Wiesenbrücke in der Dimension DN 200 auf ca. 600 m Länge. Ab Wiesendamm ist stadteinwärts die bestehende Fernwärmenetzstruktur ausreichend dimensioniert, um die 30 MW Wärmeleistung aufnehmen zu können (Figur 9).

Für den Wärmetransport ist ein Stahlmantelrohr-System vorgesehen. Diese Verlegetechnik erlaubt Kosteneinsparungen von ca. 60 % gegenüber der üblichen Kanalbauweise.

Zur Einbindung der Abwärme aus der benachbarten ARA-Basel (ProRheno) kann weit gehend die bestehende Infrastruktur weiter verwendet werden. Lediglich zwischen Schäferweg und DHM-Heizkraftwerk ist ein ca. 170 m langes Neutrassé zu erstellen.



Figur 9: Einbindung ins Fernwärmenetz

## Umweltverträglichkeit

### UVP-Pflicht

Energieanlagen mit einer Leistung über 5 MW sind UVP-pflichtig. Der Entwurf eines standortspezifischen Pflichtenhefts wurde von R. Minder erarbeitet und bei den Behörden eingereicht. Wichtig erscheint bei der Umweltverträglichkeitsprüfung, dass nicht sämtliche Aspekte vor der Bewilligung zum Abteufen der ersten Tiefbohrungen abgeklärt werden können, und dass eine Abstufung des Prüfungsverfahrens im Laufe des Projekts notwendig sein wird.

Für eine Voruntersuchung wurde dem Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt (AUE) vorerst eine Liste der zu untersuchenden Umweltbereiche vorgelegt (Tabelle 1). Als Hauptresultat der Voruntersuchung werden die relevanten Umweltbereiche aufgezeigt, beschrieben und in Form einer Relevanzmatrix dargestellt. Daraus soll hervorgehen, welchen Bereichen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden muss. Die Resultate der Voruntersuchung werden mit den Projektpartnern und den zuständigen Behörden besprochen und bereinigt. Sie bilden die Basis für die nachfolgenden detaillierten Untersuchungen, d.h. den UVP-Hauptbericht.

Umweltbereiche	Mögliche Aspekte
Wasser (Grundwasser und Oberflächengewässer)	Kontamination durch wassergefährdende Stoffe Veränderung des Grundwasserstandes oder Veränderung der Grundwasser-Fließrichtung Kühlwasserentnahme und -abgabe Beeinflussung des Rheins
Boden	Schadstoffeintrag Ablagerung und Entsorgung
Luft	Schadstoffemissionen Schadstoffimmissionen Geruchsbelästigung
Lärm	Lärmemissionen und -Immissionen durch die Bautätigkeit, den Betrieb der Anlage und das Transportaufkommen
Erschütterungen	Bodenerschütterungen und Vibrationen durch die Bautätigkeit, den Betrieb der Anlage und das Transportaufkommen
Verkehr	Veränderung der Verkehrsbelastung
Induzierte Seismizität	Veränderung der Seismizität durch die Veränderungen und Aktivitäten im Tiefengestein

Tabelle 1: Zu untersuchende Umweltbereiche

## Planung Genf

Für die Arbeiten in Genf wird ein separater Zwischenbericht erstellt. Im Folgenden eine kurze Zusammenfassung der Aktivitäten in Genf:

Travaux effectués	Un contrat séparé ayant été attribué en 2002 pour le projet de Genève, le rapport d'activité est présenté sous la forme d'un rapport séparé. Toutefois, un bref résumé de ces activités est donné dans le présent paragraphe.
Synthèse	Un rapport de synthèse des travaux de l'Etape 2, ayant conduit à la validation du site d'Aïre, a été publié en mars 2002. Ce document figure en annexe au rapport d'activité 2002 relatif à Genève. Les recommandations concernant la poursuite des activités dans l'Etape 3 et le programme d'activité qui en découlaient ont été validés.
Géologie	Les études entreprises pour déterminer l'opportunité de procéder à une campagne de mesures sismiques ont conduit à y renoncer dans la présente phase des travaux.
Forage	Au terme d'une campagne de reconnaissance autour du site d'Aïre, sept secteurs, susceptible d'abriter un future forage d'exploration ont été retenus. Un rapport a été soumis par la société HGC à Carouge concernant les

conditions géologiques, hydrogéologiques et hydrologique de sept sites potentiels pour un forage d'exploration dans le canton de Genève.

- Energie Ces études, entreprises au milieu de l'année, seront poursuivies en 2003, dans le but de définir les conditions d'insertion énergétique de la centrale DHM dans les futurs réseaux énergétiques.
- Organisation Au cours du premier semestre, le SIG, Services Industriels de Genève, a repris du DIAE le pilotage du projet, et a mis en place à cet effet une structure ad hoc.

## Planung neuer Standorte

- Grundlagen Eine grundlegende Frage zur Identifikation weiterer DHM Standorte ist eine bessere Kenntnis der geothermischen Verhältnisse im Untergrund unabdingbar.

Das Interesse der wichtigsten Stromproduzenten der Schweiz ist geweckt. Verschiedentliche Anfragen, ob man das Konzept der Pilotanlage in Basel anderswo wiederholen könnte zeigen ein wachsendes kommerzielles Interesse an dieser Technologie. In unseren anfänglichen Studien (1996-1997) haben wir gezeigt, dass konzeptionell Anlagen in mehreren Agglomerationsgebieten denkbar sind. Eine Studie des ORL (1999) hat schliesslich gezeigt, dass es in der Schweiz aufgrund infrastruktureller, aber nicht-geologischer Kriterien genügend Standorte gibt, um einen substantiellen Teil der Strom- und Wärmeproduktion der Schweiz sicherzustellen.

Was das geologische Potential betrifft, gibt es für die Schweiz nur hypothetische, aber keine wissenschaftlich hergeleiteten Potentialkarten. Dass dies eine verdienstvolle Aufgabe der Hochschulen sein könnte haben R. Hopkirk und M. Häring mit Entscheidungsträgern der Hochschulen und Industrievertretern diskutiert. Zurzeit scheinen jedoch Mittel und Ressourcen für ein solches Vorhaben beschränkt zu sein. Vorläufig werden wir in der ARGE DHM Anfragen von Interessenten betreffend Standorteignung individuell prüfen. Vorgehenskonzepte zur Erstellung von Potentialkarten wurden intern erarbeitet. In Deutschland ist die Erstellung solcher Karten bereits an die Hand genommen worden.

## Potentialstudie CH

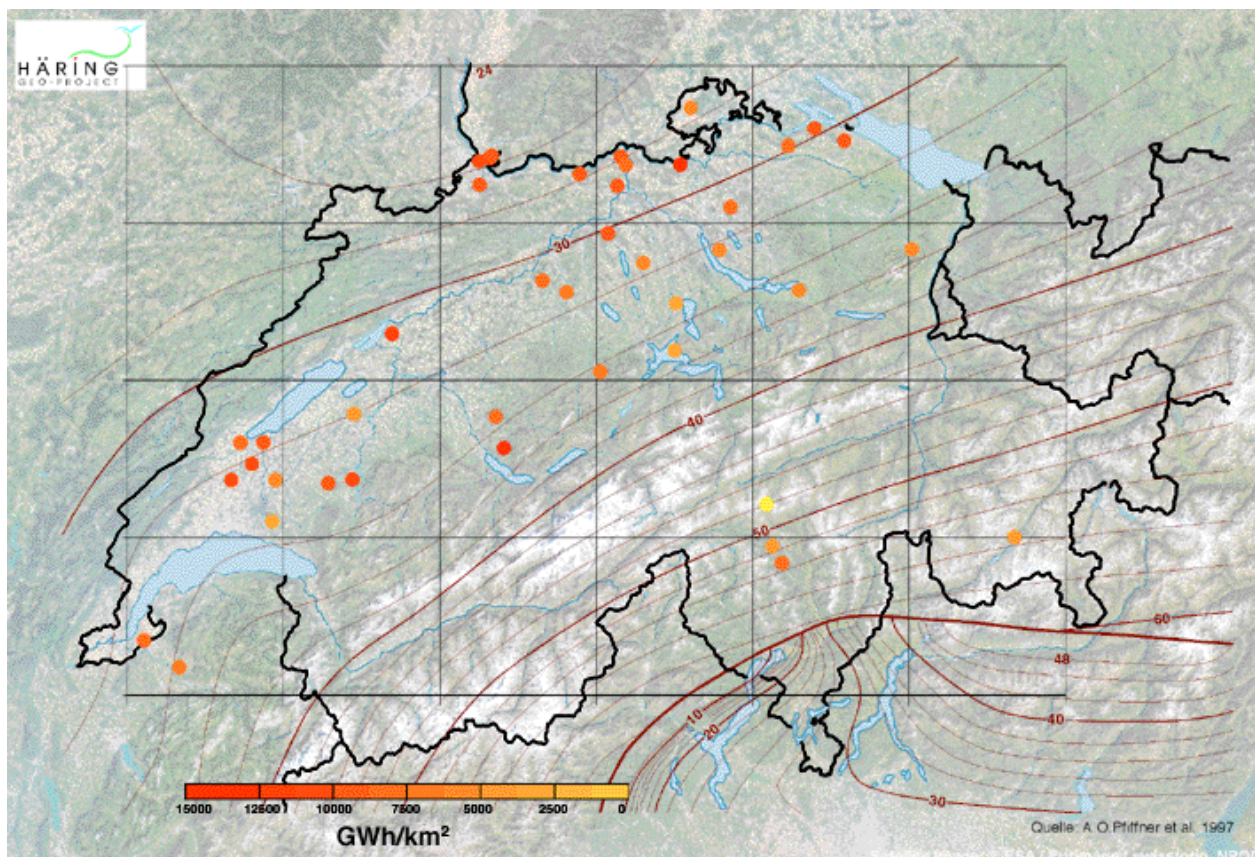
- Systemgrenzen Das DHM Team hat begonnen Grundlagen für eine Potentialabschätzung zu erarbeiten. Zunächst galt es Systemgrenzen zu definieren. Ebenso gilt es den Begriff der Nachhaltigkeit im Bezug zur Geothermie zu definieren. Die absolute, jedoch nur als absolute Untergrenze sinnvolle Randbedingung in der Potentialabschätzung ist die geothermische Energiemenge, welche ungenutzt an die Oberfläche abfließt. Diese Wärmemenge ist definiert im Wärmefluss. Eine Wärmeflusskarte der Schweiz wurde 1995 von Medici und Rybach publiziert (Geothermal Map of Switzerland 1995; Matériaux pour la Géologie de Suisse, Géophysique Nr. 30). Integriert man den Wärmefluss über die Fläche der Schweiz kommt man auf eine Dauerleistung von 3'000 MW oder eine ungenutzte Energiemenge von 26 TWh pro Jahr. Dies entspricht einem Wert von mehr als einer halben Milliarde Franken (bei 2 Rp/kWh). Bis die Geothermie in der Schweiz einen Marktanteil von dieser Grössenordnung erreicht, kann die Nutzung als 100% nachhaltig bezeichnet werden. Nicht berücksichtigt ist hier jedoch, dass jede Kraftwerkanlage eine bestimmte

Lebensdauer aufweist die in Zehnern von Jahren gemessen wird. Betrachtet man die Tatsache, dass sich Gebiete in welchen ein Wärmeentzug stattgefunden hat sich in vergleichbaren Zeiträumen wieder erholen, sind Energiemengen, welche diese Minimalmenge um ein Mehrfaches übertreffen, nachhaltig produzierbar.

Vorgehen

Als Grundlage der Potentialanalyse wurde die Temperaturinformation von 40 schweizerischen Tiefbohrungen mit einer mittleren Bohrtiefe von 2'400 m herbeigezogen. Als nutzbare Energie in Umgebung einer Bohrung wurden folgende Annahmen getroffen:

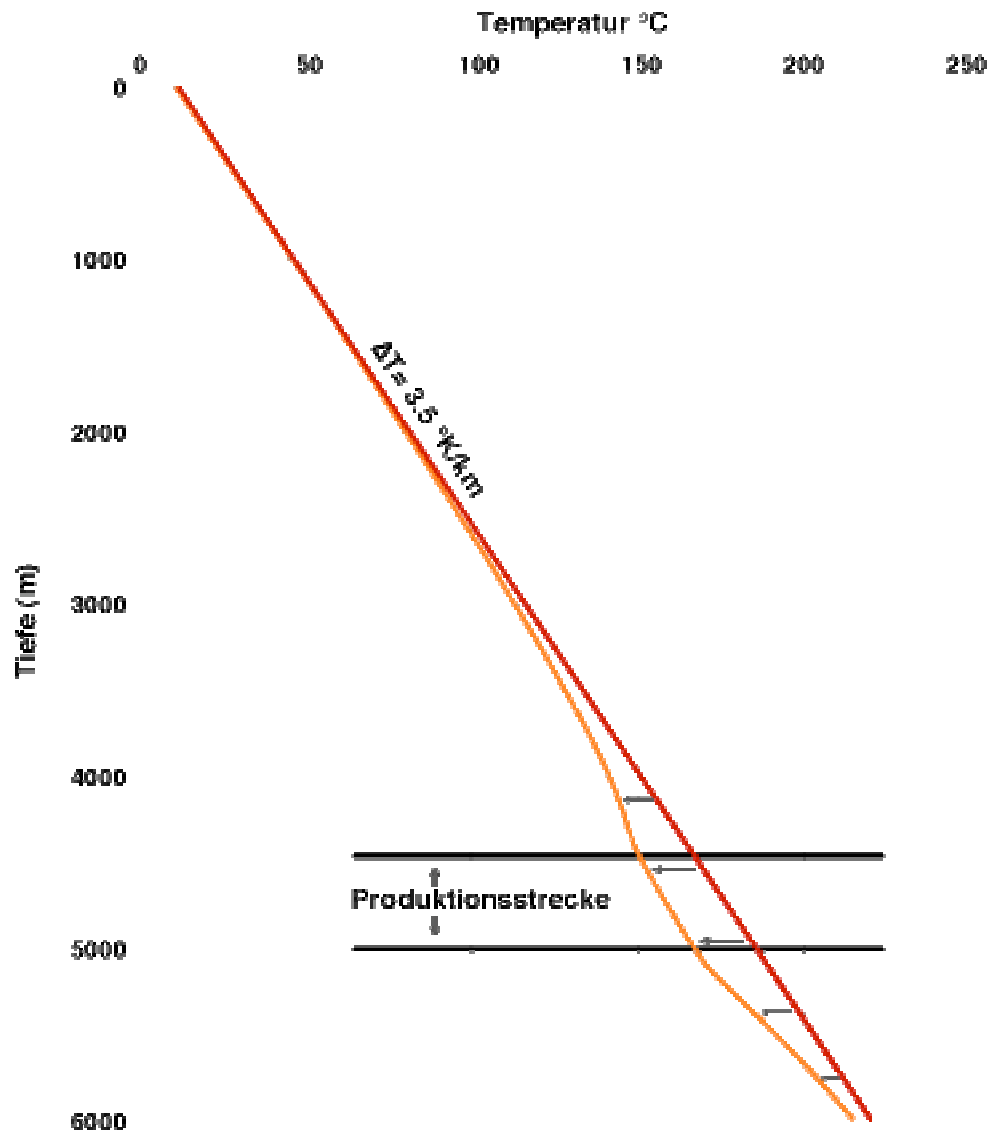
- a) produzierbarer Bereich: ab Tiefe mit Temperatur >120°C bis zu einer bohrtechnisch sinnvollen Grenze von 7 km.
- b) Wärmeentzug: max. 5% Abkühlung des Gesteins in diesem Tiefenbereich.



Figur 10: Wärmeenergie-Potential im Bereich ausgewerteter Bohrungen mit Kontur der Tiefe der Mohorovicic Diskontinuität (geophysikalische Definition der Untergrenze Kruste)..

Resultat

Daraus resultiert z.B. für das Gebiet um Basel Gebiete eine nutzbare Wärmemenge von rund 10 TWh/km<sup>2</sup> (Figur 10). Und dies allein im Hochtemperaturbereich für die Stromproduktion. Die nutzbare Wärmemenge nimmt linear mit der prozentualen Abkühlung des Gesteins zu. Bei einer Abkühlung von 10% verdoppelt sich die nutzbare Wärmemenge somit auf rund 20 TWh/km<sup>2</sup>. Dies ist durchaus realistisch, hat doch der Wärmeentzug in diesen Tiefen keinerlei Abkühlungseffekte im oberflächennahen Bereich zur Folge (Figur 11).



Figur 11: Temperaturprofil nach 15% Abkühlung im Produktionsbereich von 4'500 m bis 5'000 m: Im oberflächennahen Bereich findet keine Abkühlung statt.

Unter Annahme des Minimalansatzes mit einer Abkühlung im Reservoirbereich von 5%, einem tiefen Wirkungsgrades von 10% zur Stromproduktion und einem gängigen Marktpreis von 10 Rp/kWh entspricht dies einem Bodenschatz im Wert von 100 – 200 Mio CHF/km<sup>2</sup>.

### Infrastrukturelle Rahmenbedingungen

#### Nutzung

Eine geothermische Potentialstudie ist untrennbar mit nicht-geologischen Rahmenbedingungen verknüpft. Das wirtschaftliche Potential der Hochtemperatur-Geothermie ist eng an die Nutzung geknüpft. Hier müssen 3 Nutzungsarten unterschieden werden:

- a) Reine Wärme-Einspeisung in bestehende Hochtemperatur-Fernwärmenetze.
- b) Stromproduktion mit Einspeisung der Abwärme in bestehendes Fernwärmenetz.

### c) Reine Stromproduktion.

Die Variante neuer, speziell für geothermische Anlagen konzipierte Wärmenetze werden hier nicht diskutiert. Sie unterliegen anderen Vorgaben und fallen in einen tieferen Temperaturbereich als hier besprochen.

In den Fällen a) und b) ist das Potential stark eingeschränkt, da es auf die Existenz bestehender, relativ grosser Wärmenetze angewiesen ist. Diese Standorte sind sicherlich für eine erste Serie kommerzieller Anlagen attraktiv. Das ökonomisch und ökologisch anzustrebende Ziel ist jedoch die Stromproduktion. Da die Einspeisung in ein Elektrizitätsnetz wesentlich einfacher und beinahe überall erfolgen kann, vergrössert sich die Zahl möglicher Standorte enorm.

Diese Beurteilung erfolgte bereits mit der ORL-Studie 1999, bei welcher über 700 mögliche Standorte in der Schweiz eruiert wurden. Kriterien für eine Positivbewertung waren die Nähe zu grossem Fließgewässer und eine unbebaute horizontale Industriefläche. Geologische Überlegungen spielten dabei keine Rolle.

Eine systematische Studie, welche alle diese Aspekte integriert wurde noch nicht in Angriff genommen. Angesichts des steigenden Interesses der Industrie wird eine solche Arbeit jedoch unumgänglich sein. Erst damit kann eine vernünftige Aussage über das Marktpotential für das Hot-Dry-Rock Verfahren gemacht werden.

## Öffentlichkeitsarbeit / Publikationen

Parlamentarier	Am 17. September fand in Bern unter der Leitung von Nationalrätin und Präsidentin des Schweizerischen Vereins für Geothermie (SVG) Kathy Riklin für Bundesparlamentarier eine Informationsveranstaltung zur Geothermie statt. Das Projekt DHM konnte in einem Kurzreferat vorgestellt werden.
Landau	Am 20.-21. Juni fand in Landau ein Geothermie Symposium mit dem Titel „Geothermische Stromerzeugung“ statt. Veranstalter des Symposiums war das deutsche Bundesministerium für Umwelt und Energie. Bundesminister J. Trittin eröffnete das Symposium persönlich. Wir konnten unser Projekt in einem Referat vorstellen und mit einer Anzahl deutscher Geothermieprojekte vergleichen. In Deutschland sind ausser Bad Urach noch keine weiteren Hot-Fractured-Rock Projekte geplant, die meisten Projekte beschränken sich auf Hydrothermalsysteme oder die Stimulierung poröser Sedimente. Die Aktivität deutscher Geothermie-Forscher konzentriert sich weiterhin auf das EU Projekt in Soultz-sous-forêts. Es ist auch aus deutscher Sicht das zentrale Projekt der Hot-Fractured-Rock Forschung.
Otterbach	Die geologischen Resultate der Sondierbohrung Otterbach wurden im Bulletin für angewandte Geologie, Vol. 7, Nr.1, Juli 2002 publiziert.
Newsletter	Zur Information interessierter Kreise wurden am 16.4 und am 4.10. der DEEP HEAT MINING NEWSLETTER in deutscher und englischer Sprache versandt. Eine Fortführung dieser Informationsschrift im drei Monats-Rhythmus ist geplant.

Internet Die websites [www.dhm.ch](http://www.dhm.ch) und [www.geothermal.ch](http://www.geothermal.ch) dem jeweiligen Projektstand angepasst. Beide websites wurden graphisch neu gestaltet. Die dhm-website wurde so angepasst, dass sie Plattform- und Browser-unabhängig gleich anzuschauen ist. Zudem wurde darauf geachtet, dass sie website von möglichst vielen Suchmaschinen erfasst wird.

## DEEP HEAT MINING in der Presse

Nach dem Erfolg der Sondierbohrung Otterbach wurde in der Presse vom Projekt DEEP HEAT MINING verbreitet Kenntnis genommen. Im Folgenden eine Auflistung der uns bekannten Presseartikel und Publikationen:

Binnerer Anzeiger, 17.1.02:	Energie aus dem Untergrund.
Schweiz. Baublatt, Nr. 14, 15.2.02:	Pilotprojekt für Erdwärmekraftwerk.
Technische Rundschau Nr. 4 2002:	Erdwärme-Kraftwerk im Raum Basel geplant.
Wasser, Boden, Luft, Umwelttechnik, 1-2/02:	Basler „Tauchsieder“ setzt neue Massstäbe.
Monitor, Betriebszeitung Siemens 3/02:	Energiequelle der Zukunft.
Wasser, Energie, Luft Heft 5/6, 02:	Energie aus dem Untergrund.
Basler Zeitung, 25.7.02:	Die Erdwärme hat eine grosse Zukunft vor sich.
Basler Zeitung, 2./3.11.02:	Erdbebenforschung in 2'700 Metern Tiefe.
NZZ am Sonntag, 1.12.02:	Wissen. Aus dem Innern der Erde.

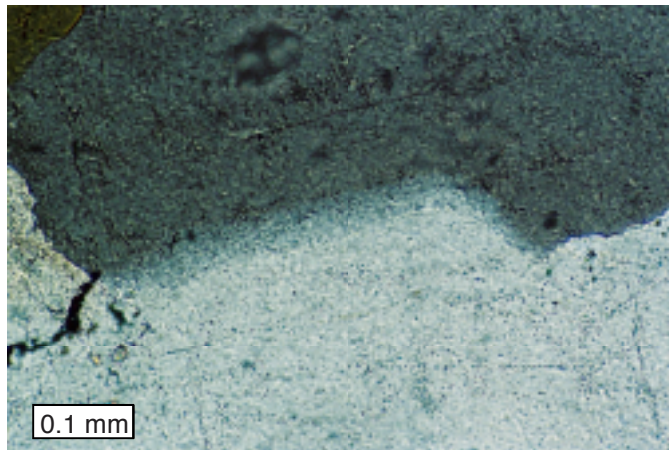
Männedorf, 17.12.2002

Dr. R.J. Hopkirk

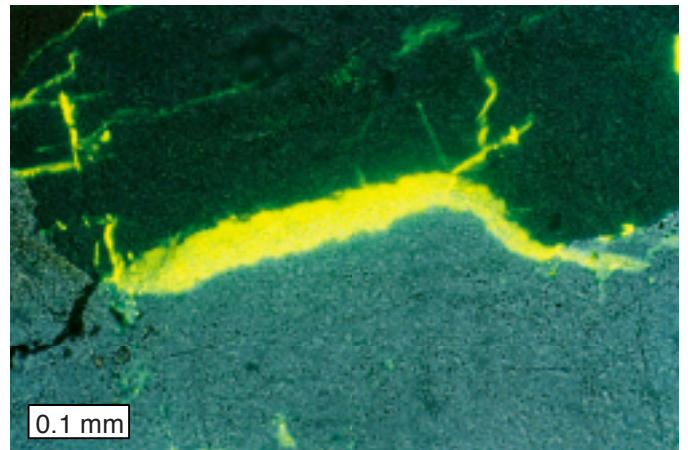
Steinmaur, 17.12.2002

Dr. M.O. Häring

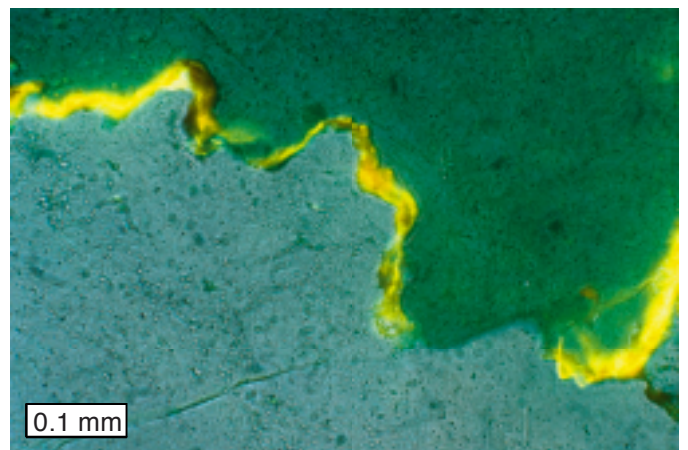
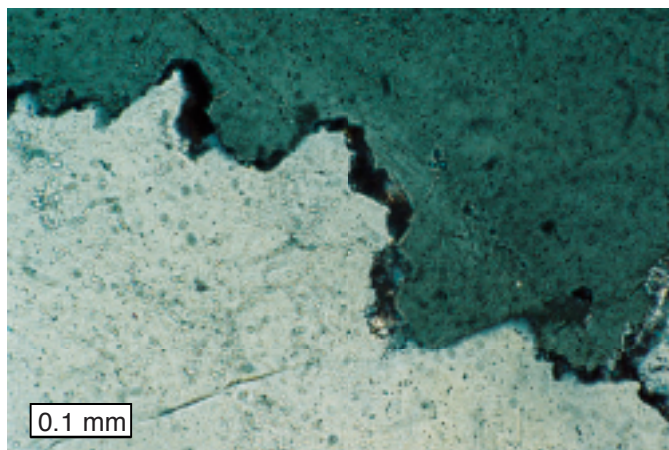
### Polarisiertes weisses Durchlicht



### Polarisiertes UV-Durchlicht

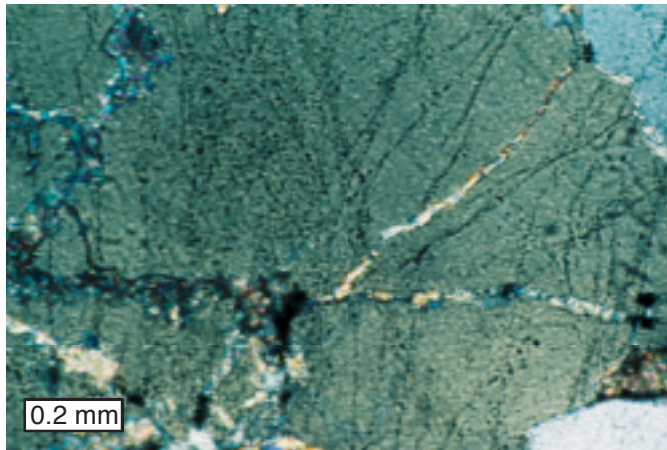


2'726.23 m: Mikroporosität entlang von Quarzkorngrenzen durch Lösungsphänomene.

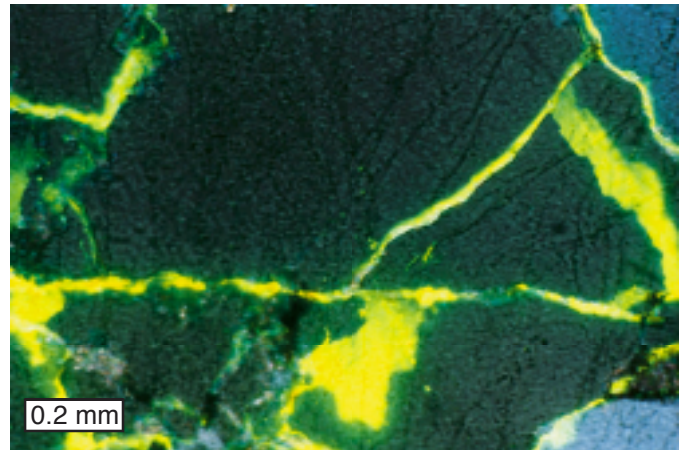


2'726.60 Mikroprosität entlang verzahnter Quarzkorngrenzen.

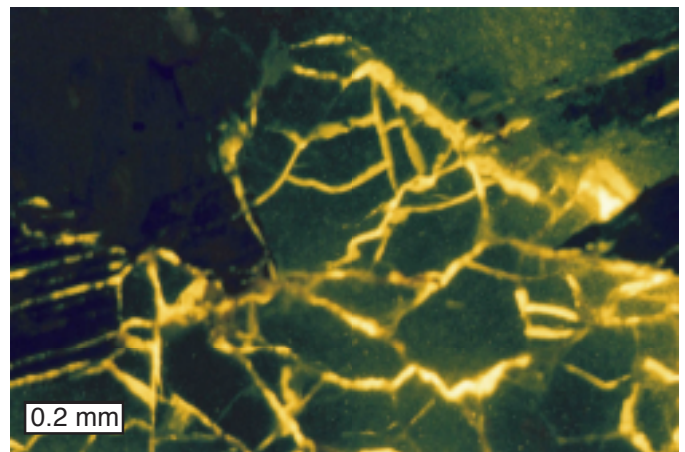
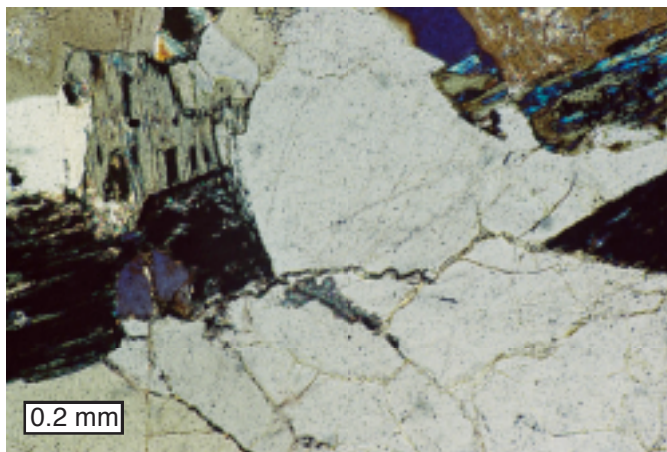
### Polarisiertes weisses Durchlicht



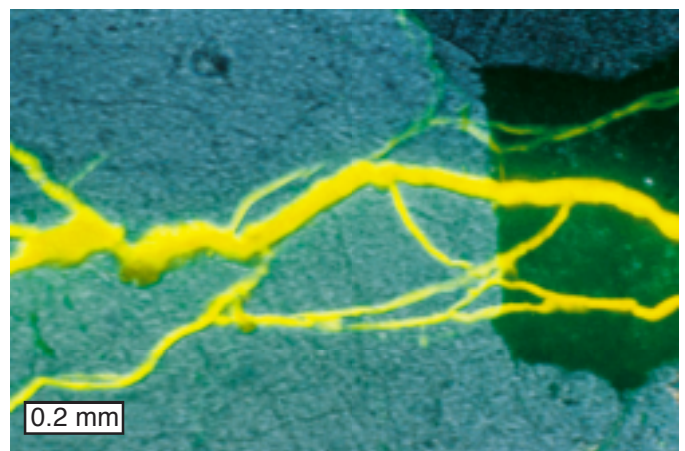
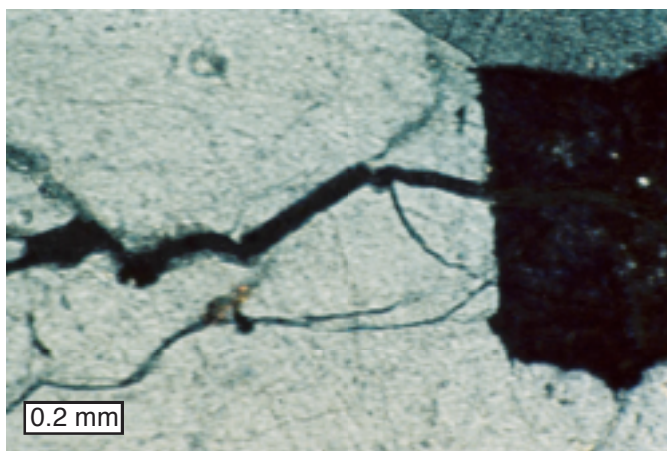
### Polarisiertes UV-Durchlicht



2'706.60 m: Mikroporosität in teil-rekristallisierten Klüften und Poren.



2'726.23 m: Rissbildung quer durch Quarz und entlang Schichtgrenzen in Feldspäten. Vermutlich teilweise durch Druckentlastung entstanden.



2'726.23 m: Rissbildung quer über Mineralkorngrenzen hinweg. Vermutlich durch Druckentlastung entstanden.