

Programm
Geothermie

Projekt “Deep Heat Mining”

Anwendung der Hot-Dry-Rock / Hot-Wet-Rock Technologie zur Strom- und Wärmeproduktion in der Schweiz

Resultate der Arbeiten **2001**

ausgearbeitet durch

Arbeitsgemeinschaft Deep Heat Mining

c/o Häring Geo-Project
Im untern Tollacher 2
CH- 8162 Steinmaur

im Auftrag des
Bundesamtes für Energie



Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung / Erreichte Meilensteine.....	2
Arbeiten Januar – Dezember 2001	3
Standortarbeiten	3
Basel	3
Standort Genf	8
Gesamtprojekt	9
Begleitende Arbeiten	9
Information / PR	11

Figuren

Figur 1	Sondierbohrung DHM Otterbach 2; Überblick 1:10'000
Figur 2	Kenntnisstand vor / nach der Bohrung Otterbach
Figur 3	Gemessenes und extrapoliertes Temperaturprofil Basel
Figur 4	Horizontale Maximalspannung im Kristallin von Basel: Interpretation der Bohrlochwandvermessung
Figur 5	Widerstands- und Akustische Abbildung der Bohrlochwand im Grenzbereich Rotliegend - Kristallin
Figur 6	Gemessene Matrix-Wärmeleitfähigkeiten, Otterbach 2
Figur 7	Geplante Instrumentierung

Tabellen

Tabelle 1	Publikationen und Presseberichte zu DHM
-----------	---

Beilagen

Beilage 1	DEEP HEAT MINING Broschüre zum Symposium von 22.11.01
-----------	---

Zusammenfassung / Erreichte Meilensteine

• Sondierbohrung Basel

Zweck / Ziele	Zweck der Bohrung war im Rahmen des Projekts DEEP HEAT MINING die geologische Standorteignung für die Entwicklung eines geothermischen Heiz-Kraftwerks nach dem Hot-Dry-Rock Verfahren geologisch abzuklären. Die Ziele, das Dach des kristallinen Grundgebirges zu eruieren, die Temperaturverhältnisse bis dorthin und die Spannungsverhältnisse im Grundgebirge zu ermitteln, wurden vollumfänglich erreicht.
Erkenntnisse	Die Bohrung wurde erfolgreich tiefer als die geplanten 2'500 m bis auf 2'755 m ausgeführt. Überraschend war die unerwartet grosse Mächtigkeit des Salzlagers im Mittleren Muschelkalk und eine über 800 m mächtige bis anhin unbekannte Rotliegend-Sequenz.
Resultate	Die Temperaturverhältnisse zeigen an, dass die Chancen auf 5'000 Metern Tiefe Formationstemperaturen von mindestens 200°C anzutreffen sehr gut sind. Die Orientierung des Spannungsfeldes im Kristallin zeigt keine signifikante Abweichung von den bisher bekannten oberflächennahen Daten. Es kann davon ausgegangen werden, dass das Spannungsfeld auf 5'000 m Tiefe ähnlich orientiert sein wird.
Weitere Arbeiten	Die Bohrung ist mit einem Brunnenkopf verschlossen und für weitere Messungen und Untersuchungen zugänglich. Der Ausbau der Bohrung mit einer zusätzlichen Hilfsverrohrung im untersten Bereich, sowie die Instrumentierung mit geophysikalischen Messgeräten wird vorbereitet.

• Standortevaluation Genf

Geologie / UVP	Die Arbeiten wurden programmgemäss weitergeführt. Die geologischen Vorabklärungen wurden an ein lokales Geologiebüro vergeben. Parallel dazu wurde ein Pflichtenheft für eine Umweltverträglichkeitsprüfung vorbereitet.
Behörden	Das zuständige kantonale Departement hat formell eine Teilnahme am Projekt DHM beschlossen. Der Standort Aire in der Gemeinde Vernier wird von den Behörden als günstig beurteilt.

• PR / Information

SVG	Erste Ergebnisse der Bohrung Otterbach wurden im SVG Bulletin vom November publiziert.
Symposium	Die Resultate der Bohrung Otterbach und ein Ausblick auf die weiteren Schritte in Basel wurden im November an einem Symposium interessierten Kreisen und der Presse vorgestellt.
Dokumentation	Zum Symposium erschien eine aktualisierte Dokumentation zum Projekt in Basel. Zudem wurde ein Film zum Projekt mit Szenen der Bohrung Otterbach fertiggestellt.
Web	Die websites www.dhm.ch und www.geothermal.ch informieren laufend über den aktuellen Stand der Projekte.

Arbeiten Januar – Dezember 2001

Standortarbeiten

Basel

Sondierbohrung Die Sondierbohrung hatte zum Zweck die geologische Standorteignung für eine DHM Pilotanlage in Basel zu prüfen. Als wichtigste Ziele im Vordergrund standen

- Verschaffen von Kenntnis über Tiefe der Kristallinoberfläche und Kenntnis der Schichtenfolge im Sedimentstapel.
- Verschaffen von Kenntnis zum Spannungsfeld im Dach des kristallinen Grundgebirges.
- Verschaffen von Kenntnis zu Temperatur, Wasserverhältnisse, Geochemie und Klüftung im kristallinen Grundgebirge.
- Kenntnis des Isolationseffekts des Sedimentstapels.
- Kenntnis der Laufgeschwindigkeit akustischer Signale im Sedimentstapel.
- Schaffung einer Horchbohrung zur späteren akustischen Überwachung der Reservoirentwicklung.

Die Sondierbohrung Otterbach 2 ist die Fortsetzung einer 1999 begonnenen Sondierbohrung. Die Vorarbeiten für die Bohrung, d.h. der Bohrplatzbau und die Vorbohrung des Standrohres begannen bereits in den letzten Tagen des Vorjahres. Die eigentlichen Bohrarbeiten im Dreischichtbetrieb begannen am 15. März 2001 (Fig. 2). Die Bohrung verlief ohne grössere technische Probleme weitgehend programmgemäss. Bis zur Endtiefe wurden keine Spülungsverluste oder Zuflüsse registriert. Eine Änderung des Bohrprogramms ergab sich durch die unerwartet grosse Mächtigkeit des Rotliegenden. Bei 2008 Metern wurde eine Kristallinbrekzie angefahren, welche vorerst als Dach des Kristallin interpretiert wurde. Die 7“ Verrohrung wurde in dieser Schicht abgesetzt. Beim Weiterbohren erwies sich diese Brekzie jedoch als eine rund 35 Meter mächtige Schicht grobkörniger kristalliner Gesteinsbruchstücke innerhalb des Rotliegenden. Das Rotliegende ist weitaus mächtiger als angenommen, sodass bei einer Bohrtiefe von 2'300 Metern klar wurde, dass ein erfolgreicher Abschluss der Bohrung nur möglich wird, wenn über die budgetierte Tiefe hinaus gebohrt werden darf. Die Bohrung befand sich zu diesem Zeitpunkt in einem technisch stabilen Zustand und eine Vertiefung bis über 3'000 Meter war möglich. Das kristalline Grundgebirge wurde schliesslich auf 2649 Meter Tiefe angetroffen. Die Bohrung stiess noch 100 Meter in das granitische Grundgebirge vor, wobei 4 Kerne von insgesamt 7. 15 Metern gewonnen wurden. Die Endtiefe von 2'755 Meter wurde am 10. Juni 2001 nach 87 Bohrtagen erreicht. Da keinerlei Anzeichen vom Verlosten oder Zuflüssen bestanden, wurde auf ein Pumpstest nach dem Lufthebeverfahren verzichtet. Im weiteren wurde auch kein Austausch der Bohrspülung vorgenommen, um die offene Bohrstrecke im Rotliegend nicht zu destabilisieren. Die Bohrung wurde Anfangs Juli mit einem Brunnenkopf mit Schieber abgeschlossen. Die Bohrung ist so für weitere Messungen zugänglich und gegen äussere Einflüsse geschützt.

Resultate

Die Bohrproben, die Kerne aus Rotliegend und Kristallin, die geophysikalische Bohrlochvermessung, sowie die zeitlich gestaffelten Temperaturmessungen haben alle erforderlichen Messwerte für eine belastbare Standortbeurteilung geliefert. Die im folgenden aufgeführten Resultate sind nur eine Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse.

Geologie

Erstmals liegt ein vollständiges geologisches Profil durch die gesamte Schichtenfolge des Rheingrabens bis ins kristalline Grundgebirge vor (Figur 1). In der Bohrung wurde systematisch alle fünf Meter eine Probe des Bohrgutes genommen. An den Proben werden vom Landesamt für Geologie Baden-Württemberg zur Zeit noch lithologische und mikropaläontologische Untersuchungen durchgeführt. Von speziellem Interesse sind die vollständige Tertiärabfolge, das unerwartet mächtige Salzvorkommen im Mittleren Muschelkalk und dann vor allem die überraschend mächtige Rotliegend-Sequenz. Die Kristallinkerne sind makroskopisch auf ihre mineralogische Zusammensetzung und Strukturierung untersucht worden. Die mikroskopischen Untersuchungen sind noch im Gange. Mit der geophysikalischen Bohrlochvermessung wurden wertvolle Informationen über die akustischen Eigenschaften des bisher unbekanntes Rotliegenden gewonnen. Diese Kenntnis ist vor allem für die geophysikalische Instrumentierung der Bohrung eventuell auch innerhalb dieser Formation von Bedeutung.

Temperatur

Die Temperatur der Bohrung wurde in drei unabhängigen, zeitlich gestaffelten Messreihen ermittelt (Figur 3). Da die Bohrlochtemperatur durch die Zirkulation der Bohrspülung nicht den Formationstemperaturen entspricht und einen lokalen Kühlungseffekt bewirkt, bedarf es zeitlich gestaffelter Messungen bis ein Gleichgewicht mit der effektiven Formationstemperatur erreicht ist oder wenigstens extrapoliert werden kann. Die erste Messung erfolgte am 12.6.01 unmittelbar nach Erreichen der Endtiefe mit der geophysikalischen Vermessung des Bohrloches. Eine zweite Messung erfolgte 15 Tage später am 27.6. 01 und eine dritte Messung am 10.7.01. Die letzte Messung zeigt schon weitgehend einen Gleichgewichtszustand. Leider konnte bei keiner der drei Messfahrten die Sohle erreicht werden, da die Instrumente an Bohrlochwandausbrüchen bei einer Tiefe von 2555 m resp. 2401 m aufstanden. Trotzdem konnte ein aussagekräftiges Temperaturprofil erarbeitet werden. Die stark unterschiedlichen Temperaturgradienten widerspiegeln deutlich die unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten individueller Lithologien: Eine relativ hohe Wärmeleitfähigkeit in Kalken, vermutlich noch begünstigt durch Wasserführung mit einer konvektiven Komponente. Eine geringe Wärmeleitfähigkeit in den Tonen und eine sehr gute Wärmeleitfähigkeit in den Evaporiten.

Die geringe Leitfähigkeit im Rotliegenden unterstreicht den hohen Tonanteil der Formation und deutet auch eine geringe Wasserführung an.

Die stark variablen Gradienten machen deutlich, dass eine lineare Extrapolation der Temperaturzunahme in ein Reservoir auf 5'000 m unzulässig ist, insbesondere da aus dem Wirtgestein, dem kristallinen Grundgebirge keine direkten Messungen vorliegen.

Immerhin kann mit einer Temperatur von 107°C auf 2'400 m geschlossen werden, dass zur Erreichung einer Formationstemperatur von 200°C auf 5'000 m ab 2'400 m nur noch ein Gradient von 3.56°/100 m nötig ist.

Spannungsfeld Die Untersuchung des Spannungsfelds im kristallinen Grundgebirge war eine der Kernaufgaben der Sondierbohrung. Die Kenntnis der horizontalen Hauptspannungsrichtung gibt Auskunft über die wahrscheinliche Ausbreitungsrichtung durch Stimulation geöffneter Klüfte. Die Kenntnis der mutmasslichen Ausrichtung des zukünftigen Reservoirs beeinflusst die Planung der Tiefbohrungen sowie die Standortwahl weiterer Horchbohrungen. Die wichtigsten Informationen zum Spannungsfeld im Grundgebirge stammen aus den STAR / CBIL Logs. (STAR= Simultaneous Acoustic and Resistivity Imager; CBIL= Circumferential borehole Imaging Log). Absolute Drücke zum Öffnen von Klüften konnten bisher nicht gemessen werden. Diese Messungen sollen im Zuge der Instrumentierung der Bohrung erfolgen, wenn das Bohrloch vorgängig noch einmal befahren werden muss (siehe auch Planung Instrumentierung). Generell ist im Grundgebirge eine horizontale Hauptspannung (Sh_{max}) in Richtung NNW-SSE erkennbar (Figur 4). Diese Richtung stimmt sehr gut mit dem regionalen Spannungsfeld überein, das jedoch bisher nur auf oberflächennahen Daten beruht. Weil hier weitgehend übereinstimmende Resultate vorliegen, kann davon ausgegangen werden, dass auch das Spannungsfeld in 5'000 m Tiefe in einer ersten Annahme ähnlich gestaltet sein wird. Unter dieser Annahme kann deshalb bei einer Stimulation des Felskörpers in 5'000 m Tiefe auch von einer Ausbreitungsrichtung der Klüfte in NNW-SSE Richtung ausgegangen werden.

Weitere Untersuchungen

Thermische Messungen An der ETH Zürich wurden thermische Messungen an 24 ausgewählten Bohrproben und Bohrkernen vorgenommen. In den Sediment- und Kristallinproben wurden die Wärmeleitfähigkeit und die spezifische Wärmekapazität ermittelt. Zudem wurde die radiogene Wärmeproduktion der Kristallinproben ermittelt. Die Wärmeleitfähigkeiten der individuellen Schichtglieder widerspiegeln sich im Temperaturgradient. Die Kenntnis der Wärmeleitfähigkeit der Formationen ist eine wichtige Grundlage zur Abschätzung des Isolationseffekts der Sedimentüberdeckung bei der Evaluation von Standorten neuer geothermischer Projekte. Die gemessenen Matrix-Wärmeleitfähigkeiten sind in Figur 6 dargestellt.

Absenkungs-Modellierung Da die Bohrung ein vollständiges und durch keine Brüche unterbrochenes Profil der gesamten Schichtreihe zeigt, eignen sich diese Daten als Input für eine Modellierung der Absenkungsgeschichte im südlichen Rheingraben. Die Modellierung wird im Rahmen des EUCOR- URGEN Programmes an der Universität Basel durchgeführt.

Fission track Zur Rekonstruktion der thermischen Entwicklung sollen aus einem Teil der Kernproben die Apatite isoliert werden. Anhand der Zerfallspuren, resp. deren partielle Verteilung können detaillierte Aussagen über das Temperaturprofil gewonnen werden.

Bohrlochkorrelation Über die gesamte Bohrlochstrecke wurde ein Gamma Ray und Sonic Log gefahren. Diese charakterisieren die lithologischen Eigenschaften der Schichtenfolge am besten und eignen sich deshalb auch besonders für eine regionale Korrelation mit benachbarten Tiefbohrungen. Die Korrelation wird vom Landesamt für Geologie Baden-Württemberg ausgeführt. Als Vergleichsbohrungen stehen vor allem Erdöl-Explorationsbohrungen im süddeutschen und elsässischen Teil des Rheingrabens zur Verfügung. Aus den Korrelationen können auch kleinräumigere Entwicklungsphasen im südlichen Rheingraben identifiziert werden. Ein Beitrag zum besseren Verständnis des Temperaturfeldes in der Region Basel ist zu erwarten.

Gravimetrie Aus den bestehenden gravimetrischen Datensätzen im Raum Basel, die bisher nur zur Erstellung einer Karte der Bouguer-Anomalien benutzt wurden, kann mit der jetzigen Kenntnis der Schichtenfolge ein differenzierteres Modell des Rheingrabenrandes erarbeitet werden und ein besseres strukturelles Bild des Untergrundes gewonnen werden. Diese Arbeit hat noch nicht begonnen, soll jedoch im kommenden Jahr mit der ETH Zürich aufgenommen werden.

Planung

Ausbau Otterbach Da eine Messung der notwendigen Drücke zum Überwinden der Differenz zwischen Maximal- und Minimalspannung, also der Drücke die zum Öffnen von Klüften gebraucht werden, nicht möglich war, soll dies im Zuge des Ausbaus der Bohrung nachgeholt werden. Die letzten Temperaturmessungen haben gezeigt, dass die offene Bohrlochstrecke im Rotliegenden durch spannungsbedingte Abplatzungen zunehmend versperrt wird und von Messinstrumenten nicht mehr bis zur Sohle befahren werden kann. Soll die Bohrung für seismische Beobachtungen langfristig offen gehalten werden, bedarf es einer Verrohrung dieser offenen Strecke bis ins Kristallin. Ein alternativer Ausbau der Bohrung, der auf eine Verrohrung verzichten würde wird in einer laufenden Instrumentierungs-Studie (siehe unten) geprüft.

Sowohl für eine Messung der Minimalspannung, wie auch die geophysikalische Instrumentierung der Bohrung, mit oder ohne nachträglicher Verrohrung des Rotliegenden, muss das Bohrloch erneut befahren werden. Zur Zeit wird geprüft, ob das mit einer Work-over Anlage oder bloss im coiled tubing Verfahren gelöst werden kann. Ausschlaggebend ist die Möglichkeit mit einer dieser beiden Methoden auf Sohle Injektionstests durchzuführen und danach eine optimale Messgarnitur einzubauen. Das vollständige Messprogramm sieht folgende Punkte vor:

- Erfassung der bottomhole-Temperatur und des Temperaturgradienten nach der schon erfolgten thermischen Stabilisierung von 10 bis 14 Monaten, wobei die Formationstemperatur durch die Reinigungsprozedur allerdings wieder etwas gestört wird und die Messungen mehrmals wiederholt werden müssten;
- Messung der horizontalen Komponenten der minimalen Hauptspannung mittels einer Serie hydraulischer Mini-Frac-Versuchen zwischen Doppelpackern;
- Diese Serie soll eventuell, abhängig von der endgültigen Interpretation der bestehenden Logging-Resultaten mit akustischem Televiwer, Kaliberlog, usw. durch ein nochmaliges akustisches Logging im kristallinen Bereich

ergänzt werden. Zweck davon wäre, die Orientierung der frisch erzeugten Risse zu erfassen.

Instrumentierung

Für die Identifikation und Lokalisierung der akustischen Signale während eines Stimulationsprozesses im zukünftigen Reservoir sind vom Konzept her mindestens drei individuelle Beobachtungsstationen im Wirtgestein (Grundgebirge) vorgesehen. Da der Top des kristallinen Grundgebirges nun tiefer als ursprünglich erwartet liegt, würde das ebenfalls tiefer als vorgesehene Horchbohrungen erfordern und entsprechend höhere Investitionskosten verursachen. Es ist deshalb von grossem Interesse Möglichkeiten zu finden, diese Kosten zu reduzieren, sei es durch eine geringere Anzahl Bohrungen oder auch durch eine kürzere Bohrstrecke.

In der Sondierbohrung Otterbach ist ein Grossteil der Rotliegend Strecke nicht verrohrt. Es wird nun geprüft, ob man mit einer Instrumentierung des Bohrloches in diesem Bereich seismische Signale aus dem Grundgebirge noch genügend stark und mit rekonstruierbarem Strahlengang erfassen kann um die Signalquelle mit genügender Präzision lokalisieren zu können. Zur Zeit sind dazu zwei parallel laufende Studien im Gange:

- Ein technisch und finanzieller Kosten-Nutzen Vergleich der Anwendung einer Fühlerkette oder eines einzigen Fühlers. Dabei werden die Zuverlässigkeit jeder Installation und die Einflüsse der getroffenen Wahl auf die Langzeitstrategie des Projekts geprüft. Die spezifischen Charakteristiken des Bohrlochs müssen dabei berücksichtigt werden, insbesondere die lange zur Verfügung stehende open-hole Strecke im Rotliegenden (ca. 600 m) und die Materialeigenschaften dieses Gesteins im Vergleich mit denjenigen des Granits.
- Verschiedene Methoden zum Einbau und Unterhalt der Fühler werden hinsichtlich Machbarkeit, Beschädigungsrisiko und Kosten evaluiert.

Seismik

Im Rahmen des Entwicklungsprogramms für ein geothermisches Heiz-Kraftwerks nach dem Hot-Dry-Rock Verfahren ist wiederholt die Frage nach der Erkundung des Untergrundes mit Reflexions-Seismik aufgetaucht. Der Hintergrund dazu bildet das klassische Vorgehen zur Exploration nach Kohlewasserstoffen. Dort ist die Erkundung von Strukturen, die Kohlewasserstoff-Fallen bilden, die Grundlage für eine erfolgreiche Exploration. Ohne die Verwendung von Reflexions-Seismik wäre das nicht möglich. Im Vergleich zu Tiefbohrungen ist Seismik relativ „billig“. Die beiden Methoden lassen sich jedoch nicht miteinander vergleichen, da die Informationsinhalte völlig unterschiedlicher Natur sind. Eine interne Studie wurde durchgeführt, welche einerseits den „Kenntnisbedarf“ eruiert und im weiteren eine Kosten-Nutzen Analyse einer Seismik-Kampagne und einer alternativen Lösung durchführt.

Kurz zusammengefasst ist die Kenntnis der Strukturierung bis um Dach des Kristallin für die Erschliessung eines geothermischen Reservoirs in 5'000 m Tiefe von zweitrangiger Bedeutung. Bedeutung hat dies nur für eine sichere Planung der Absetzteufen der Verrohrung in den Sedimenten. Als alternative Lösung wird deshalb eine stark erhöhte Lagerhaltung von Verrohrungen beim Bohren vorgeschlagen, welche auch einer unerwarteten Geologie Rechnung

trägt. Die Studie kommt zum Schluss dass selbst die Kosten einer für den „worst case“ ausgelegten Lagerhaltung von Rohren noch immer günstiger ist als die günstigste überhaupt noch sinnvoll vertretbare Seismik-Kampagne. Die Schlussfolgerungen aus der Studie sind:

- Eine Seismikkampagne kann selbst bei einem grossen Aufwand nicht genügend Sicherheit bieten, dass auf eine Reservehaltung von Verrohrungen verzichtet werden könnte.
- Einer grosszügigen Reservehaltung von Rohren ist deshalb klar der Vorzug zu geben: Sie bietet die grösste Risikominderung bei deutlich kleinerem Aufwand. Auf eine Seismikkampagne kann demnach verzichtet werden.

Standort

Die Sondierbohrung Otterbach 2 hat die Standorteignung von Basel nachgewiesen. Als nächster Schritt im Projekt steht nun die erste Bohrung ins Reservoir auf 5'000 m an. Der Bohrstandort wird zugleich auch der Produktionsstandort der Pilotanlage sein. Aus diesem Grund muss vor der Detailplanung der Tiefbohrung der gesamte Platzbedarf für eine Pilotanlage geklärt werden. Da es weltweit noch kein vergleichbares Heiz-Kraftwerk gibt müssen die einzelnen „Module“ wie permanenter Bohrplatzbedarf, temporärer Bohrplatzbedarf und permanenter Anlagenbedarf, sowie bereits vorhandene Infrastruktur an den potentiellen Standorten erst zusammengestellt und berechnet werden. Zur Verfügung stehen die beiden Standorte Volta und IWB Werkareal Kleinhüningen. Da die Platzfrage nicht nur für Basel sondern auch für alle zukünftigen DHM Projekte von grosser Bedeutung sind, wurde dazu intern eine generische Studie an die Hand genommen (siehe Gesamtprojekt, Begleitende Studien). Die standortspezifischen Aspekte in Basel, insbesondere natürlich die Anschlussmöglichkeiten an das FW-Netz sowie Zugang zu Wasserversorgung, und andere Rahmenbedingungen werden in Folge von lokalen Ingenieurunternehmungen erarbeitet werden müssen.

5'000 m Bohrung

Mit Kenntnis der Schichtenfolge in Otterbach und unter der Annahme, dass am zukünftigen Anlagestandort keine grundsätzlich andere Geologie anzutreffen sein wird, wurde ein erstes grobes Bohrschema der 5'000 m Bohrung entworfen. Es bildet die Grundlage für das Präqualifikations-Verfahren in der Auswahl der Bohrunternehmer. Das vorläufige Design deutet daraufhin, dass für eine erfolgreiche Arbeit eine Bohranlage mit einer Hakenlast von rund 300 Tonnen notwendig sein wird. In dieser Grössenordnung existieren keine mobilen Bohranlagen. Die Zahl der Anbieter beschränkt sich innerhalb Europas auf rund ein halbes Dutzend Unternehmen. In der Schweiz gibt es keine solche Bohranlage. Die Ergebnisse der Präqualifikationsrunde werden in die Bohrplatzplanung wie in die Budgetierung der nächsten Projektphase einfließen.

Standort Genf

Etudes

Les études et les travaux de l'Etape 2 se sont poursuivis conformément au programme prévisionnel, d'une façon générale, durant toute l'année 2001. Les objectifs prévus de cette étape, entamée à la fin de l'année passée, visaient à préciser certains aspects spécifiques relatifs au site (géologie, environnement), et de définir les conditions, dans les domaines énergétique, administratif et financier, pouvant conduire à la réalisation d'une installation DHM à Genève.

Géologie	Après des travaux préparatifs, dont le but était de définir le cadre des investigations, les études <i>géologiques</i> ont été confiées en juin au bureau Géologie-Géophysique de Genève. Le rapport final, achevé en décembre, comporte une compilation des données existantes, et donne des indications relative à une coupe prévisionnelle du terrain dans la région d'Aïre.
Etudes Impact env.	Des investigations concernant les <i>impacts sur l'environnement</i> , effectuées par le bureau CSD Ingénieurs-conseils, de Carouge, ont été achevées en novembre 2001. Le but de ces travaux était de procéder à une appréciation environnementale du site et des impacts pouvant être engendrés par le projet, dans le but, notamment, de disposer des informations pouvant être communiquées au propriétaire des terrains, la ville de Genève, et à la commune de Vernier.
Participation DIAE	Répondant à la demande du Président du Département concerné du canton (DIAE), le Conseil d'administration des Services industriels de Genève a pris la décision, dans le courant du mois de novembre, de <i>participer formellement</i> au projet DHM sur territoire genevois. La forme et les modalités de cette participation seront définies au début 2002. Cette prise de position permettra d'activer l'examen des questions relatives aux aspects <i>énergétiques</i> , en plus des questions <i>administratives</i> et <i>financières</i> du projet.
Site Aïre	La ville de Genève, propriétaire des lieux, et la commune de Vernier, sur laquelle se trouve le site d'Aïre, se sont prononcées favorablement sur le principe d'une mise à disposition des <i>terrains</i> , moyennant certaines conditions à respecter (séquences d'occupation, bruit, aménagement). Ces conditions feront l'objet de négociations à venir, de même que la participation éventuelle au projet des deux villes.
Résultats	Conclusions des études et des démarches ci-dessus seront consignées dans le rapport annuel de l'étape 2. Ce rapport contiendra une synthèse des résultats et des recommandations sur la poursuite des démarches. Sa publication est prévue en février 2002.

Gesamtprojekt

Begleitende Arbeiten

Platzbedarfs-Studie

Ziel der Arbeit	Nach dem erfolgreichen Abschluss der Sondierbohrung Otterbach muss die Frage der Standortwahl für die DHM-Anlage Basel in der nächsten Zeit intensiv behandelt werden. Wichtige Aspekte sind dabei der Platzbedarf für die oberirdischen Anlagen sowie die lokale Infrastruktur. Die in Basel in einem Grobverfahren früher ausgewählten möglichen Standorte müssen nun anhand eines Inventars der oberirdischen Anlagen überprüft werden. Die im Jahr 2001 durchgeführten Arbeiten umfassen eine erste Bestandaufnahme mit zugehörigem Kommentar.
Anlagen	Eine detailliertes Inventar oberirdischer Anlagen wurde auf Grund von Informationen von andern geothermischen Projekten, Angaben von Bohrfirmen, Systemlieferanten sowie Schätzungen ermittelt. Eine Schwierigkeit war dabei, dass die effektiven Eckwerte des DHM-Heizkraftwerks heute erst grob

bekannt sind. Die ermittelten Werte wurden deshalb mit einem „Sicherheitszuschlag“ versehen und liegen somit eher an der oberen Grenze.

Die ermittelten Daten beziehen sich auf eine Anlage mit einer Injektions- und zwei Produktionsbohrungen und einer thermischen Leistung von ca. 30 MW. In einem weiteren Schritt wird untersucht, wie der Flächenbedarf bei einem Ausbau der Anlage am gleichen Standort zunimmt.

Energieumwandlung Diese Position umfasst den eigentlichen Heizkraftwerksteil. Die Daten basieren auf heute verfügbaren Technologien (ORC-Kreislauf). Primär wird davon ausgegangen, dass das Kraftwerk mit Flusswasser gekühlt wird, also keine Luftkondensatoren oder Kühltürme benötigt werden.

Ebenfalls in dieser Position eingeschlossen sind die Geräte zur Auskopplung der Fernwärme.

Primärkreislauf Diese Position umfasst alle benötigten Elemente für den Primärkreislauf, d.h. den Kreislauf des geothermischen Wassers. Bei den Zirkulationspumpen kann eventuell eine Lösung mit einer Kombination von Injektionspumpen und Tauchpumpen im oberen Bereich der Produktionsbohrungen in Frage kommen.

Bauphase Während der Bauphase werden für die Bohreinrichtungen, Ver- und Entsorgung, Lagerung etc. grössere Flächen benötigt, welche anschliessend in der Betriebsphase für andere Einrichtungen zur Verfügung stehen. Allerdings sollten auf diesen Flächen keine festen Installationen und Gebäude vorgesehen werden, da es in einer späteren Projektphase wieder notwendig werden kann, schwere Bohr- und Baugeräte einzusetzen.

Betriebsphase Auch während der Betriebsphase sind Einrichtungen für den Unterhalt der Bohrlöcher vorzusehen (z.B. Austausch von Tauchpumpen, Reinigungsarbeiten, Messungen etc.). Zu diesem Zweck ist z.B. ein „work-over rig“ vorgesehen, das rasch auf- und wieder abgebaut werden kann.

Weitere Einrichtungen Diese Position umfasst verschiedene Räume und Flächen und Hilfssysteme. Je nach Standort sind diese Einrichtungen teilweise bereits vorhanden. Teilweise können diese Einrichtungen statt direkt auf dem Anlageareal auch in einer gewissen Distanz eingerichtet werden.

Weitere Arbeiten In einem nächsten Schritt werden die vorausgewählten Standorte näher untersucht und eine Bestandsaufnahme der vorhandenen Einrichtungen sowie verfügbaren Flächen durchgeführt. Dabei sind auch baurechtliche und umweltrechtliche Fragen einzubeziehen wie Bauhöhen, Lärmentwicklung, Zonenvorschriften etc.

Anschliessend werden erste Anlagekonzepte erarbeitet, welche alle wichtigen Elemente enthalten und als Grundlage für erste Verhandlungen mit Landbesitzern, Behörden und weiteren involvierten Kreisen dienen.

HDR Potential

Zweck Um in Zukunft einen wahrnehmbaren Marktfaktor entwickeln zu können, bedarf es einer möglichst detaillierten Kenntnis des Potentials, d.h. Kenntnis der Anzahl und Grösse von Anlagen welche nach ökonomischen Gesichtspunkten vorab in der Schweiz in den nächsten 20 – 50 Jahren gebaut werden können. Die Abschätzung des geothermischen Potentials für DHM Anlagen beruht auf der Quantifizierung einer grossen Anzahl von

Kriterien. Ansatzweise wurden einige Kriterien bereits in früheren Arbeiten (siehe Dokumentation der ARGE DHM 1996, -97, -99) besprochen und in qualitativer Art und Weise beurteilt. Ein wichtiges Kriterium – vor allem in der Einführungsphase dieser Technologie – ist die Abnehmerstruktur. Für die Einführungsphase besonders wichtig ist dies aufgrund der Notwendigkeit vorläufig wenigstens eine Anlage mit Wärme-Kraft-Koppelung bauen zu müssen, um die noch zu hohen Investitionskosten rechtfertigen zu können. Das langfristige Ziel bleibt allerdings die wirtschaftliche Stromproduktion, welche wesentlich Standort-unabhängiger ist, als die Wärme- und Strom Produktion.

Kriterien

Die Kriterien können in drei Hauptgruppen unterteilt werden: a) Abnehmerkriterien, b) geographisch-raumplanerische (oberflächenbezogene) Kriterien, und c) geologische Kriterien.

In diesem Jahr wurde eine Studie zu den geologischen Kriterien in Angriff genommen. Ziel ist es nicht eine Systematik („Kochbuch“) zu schaffen, nach welchem jeder geographische Punkt in der Schweiz auf sein Potential beurteilt werden kann. Es soll eine Grundlage erarbeitet werden welches die wichtigsten Aspekte zur Beurteilung des geothermischen Potentials sind. Dies jedoch nur in Bezug auf die Erschliessung von Hochtemperatur-Reservoirs. Niedrigtemperatur-Erschliessungen, wie z. B. Erdwärmesonden, Grundwassernutzung (ungespannte Wässer, Felsgrundwässer, resp. Thermalwässer), Tunnelwärme etc. basieren auf anders gewichteten Kriterien. Einige der wichtigsten Kriterien zur Potentialabschätzungen für DHM Anlagen seien hier erwähnt:

- Mächtigkeit der Sedimentbedeckung
- Wärmeleitfähigkeit der Sedimentbedeckung
- Wärmeproduktivität der Kruste
- Tiefe der MOHO (Krusten-/ Mantelgrenze)
- Geologisches Alter von Intrusiva
- Strukturelle Entwicklung (Hebungs-Versenkungsgeschichte)
- Eisbedeckung während der letzten Eiszeiten
- Topographische Effekte

Oberflächennahe Temperaturgradienten sind zu überprüfen inwieweit sie durch vertikale Tiefengrundwasser-Konvektion geprägt sind oder tatsächlich einem regionalen Wärmefluss entsprechen.

Zur Zeit steht noch offen, ob die Summe der Kriterien sich in einer Karte darstellen lassen, respektive bevorzugte Regionen sich kartieren lassen. Erste Überlegungen ergeben, dass die Beurteilung zu vielschichtig sein dürfte, um sich in einer einfachen Karte ausdrücken zu lassen. Auf jeden Fall wird die Studie eine wichtige Grundlage zur Abschätzung des Beitrages der Geothermie als Energieressource sein.

Information / PR

Symposium

Als wichtigste Veranstaltung für das Projekt kann das Geothermie-Symposium in Basel vom 22. November gewertet werden, an welchem vor einem Fachpublikum und der Presse, sowie Vertretern aus Politik und Wirtschaft die

Resultate der Sondierbohrung Otterbach vorgestellt wurden, sowie die weiteren Schritte im Projekt präsentiert wurden. Mit Stellungnahmen der Regierungsratspräsidentin von Basel-Stadt, der Geschäftsleitung der IWB, dem stellvertretenden Direktor des Bundesamtes für Energie und der Direktion der Elektra Baselland, sowie Voten von Politikern in der Panel-Diskussion, wurde der Stellenwert dieses Projekts in der Energieforschung unterstrichen.

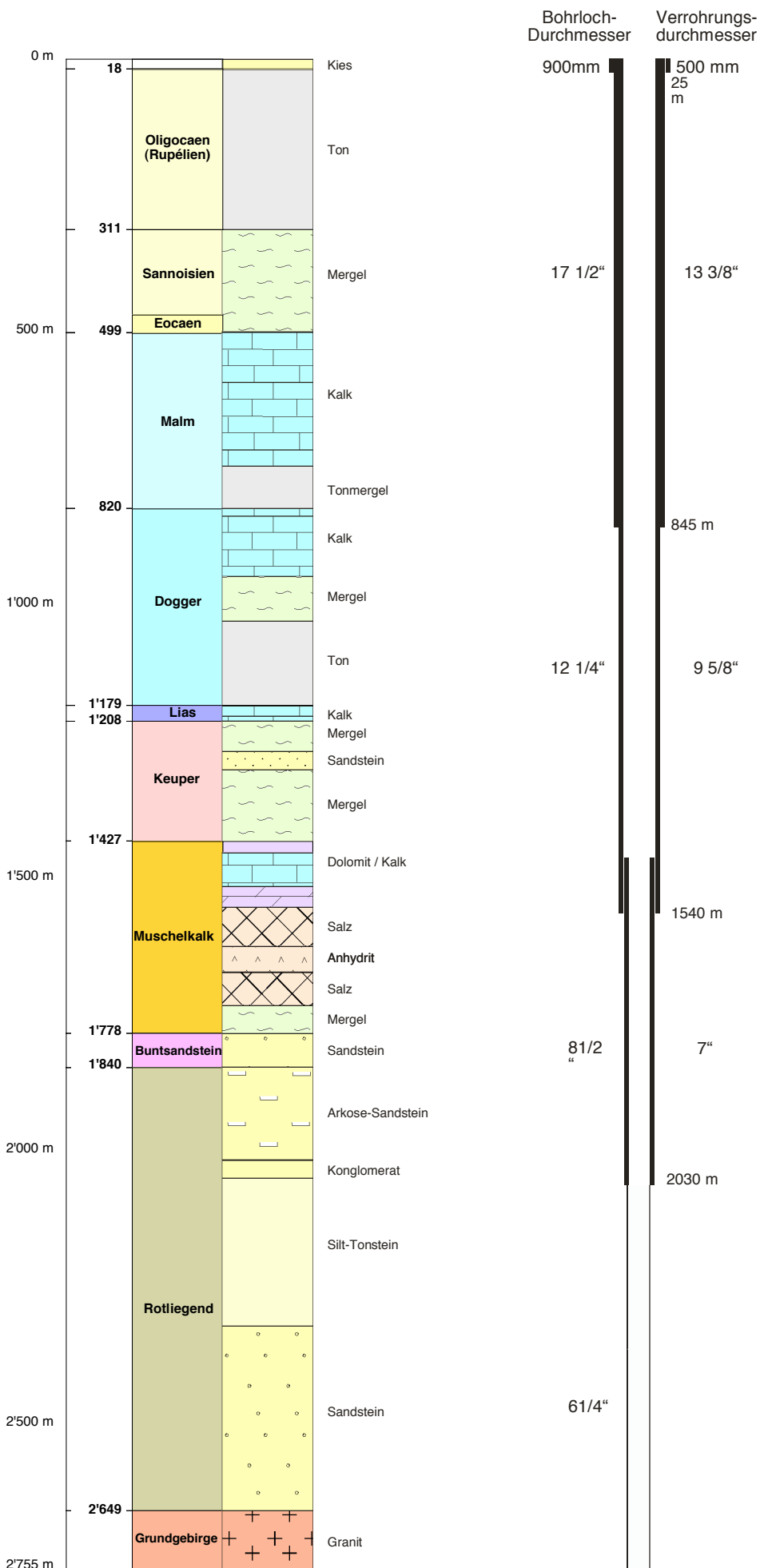
- Presse Von der Presse wurde das Projekt in Basel mehrfach zur Kenntnis genommen und sehr positiv kommentiert (siehe Tabelle 1).
- Publikationen In Deutschland wird das Projekt mit grossem Interesse verfolgt. Eine Präsentation erfolgte auf Wunsch der deutschen geothermischen Vereinigung im Rahmen der Geothermal Days „Germany 2001“ in Bad Urach (siehe Tabelle 1) und ist in der entsprechenden Veranstaltungs-Dokumentation publiziert.
- Präsentationen An der SUN21 konnte DHM als einziges Energieprojekt in Basel an der Eröffnungsfeier der Veranstaltung vor einem grossen Publikum vorgestellt werden. Eine weitere Präsentation fand anlässlich der Jahresversammlung des Dachverbandes ClimaSuisse in Bern statt. Zudem wurden verschiedene Vorträge an Kolloquien an der ETH und der Uni Basel gehalten.
- Dokumentationen Im Rahmen des Geothermie-Symposium wurden die ursprünglichen Info-Blätter der IWB aktualisiert und zu einer achtseitigen Broschüre zusammengefasst (siehe Anhang)
- Internet Die offizielle Seite des Projekts DHM <http://www.dhm.ch> wird weiterhin vom CHYN unterhalten und aktualisiert. Über den aktuellen Stand der Arbeiten in Basel informiert die website <http://www.geothermal.ch>.

Für die Arbeitsgemeinschaft DEEP HEAT MINING

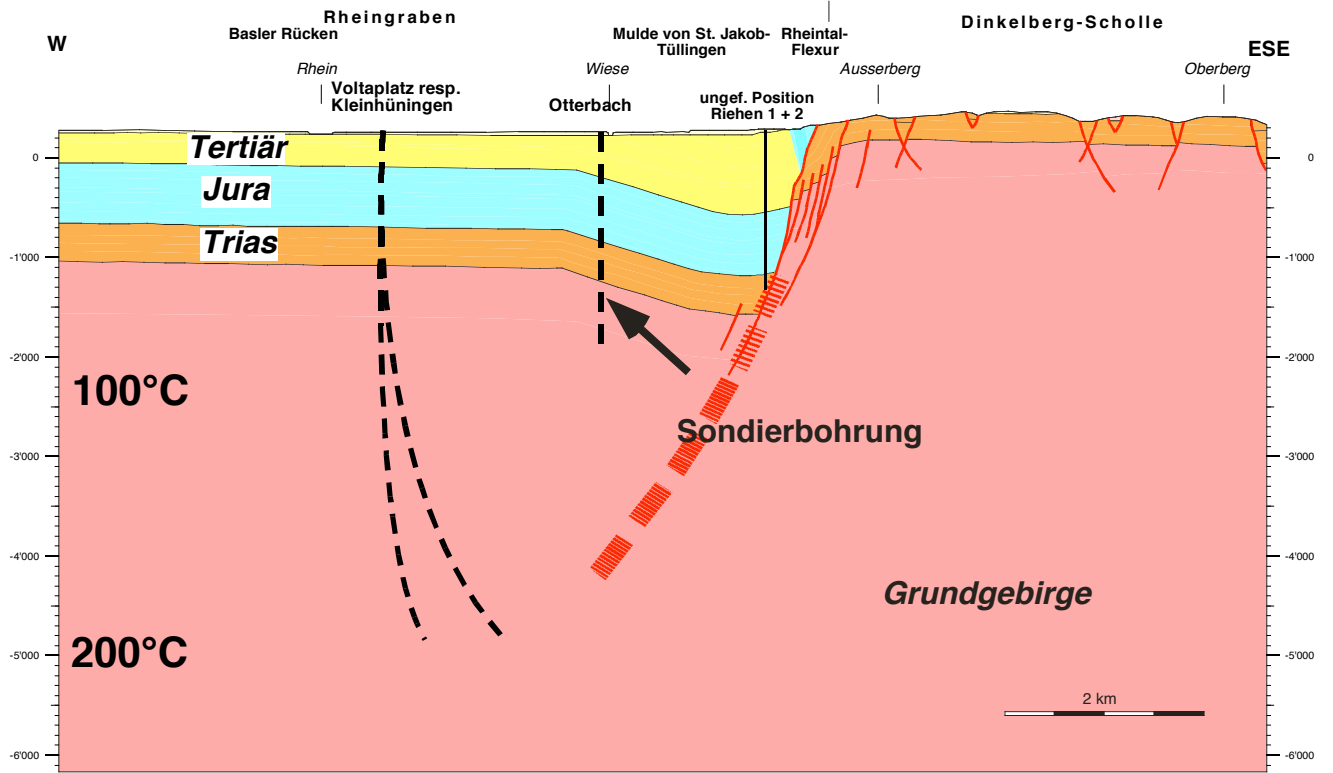


Dr. Markus O. Häring

Steinmaur, 4.1.2002

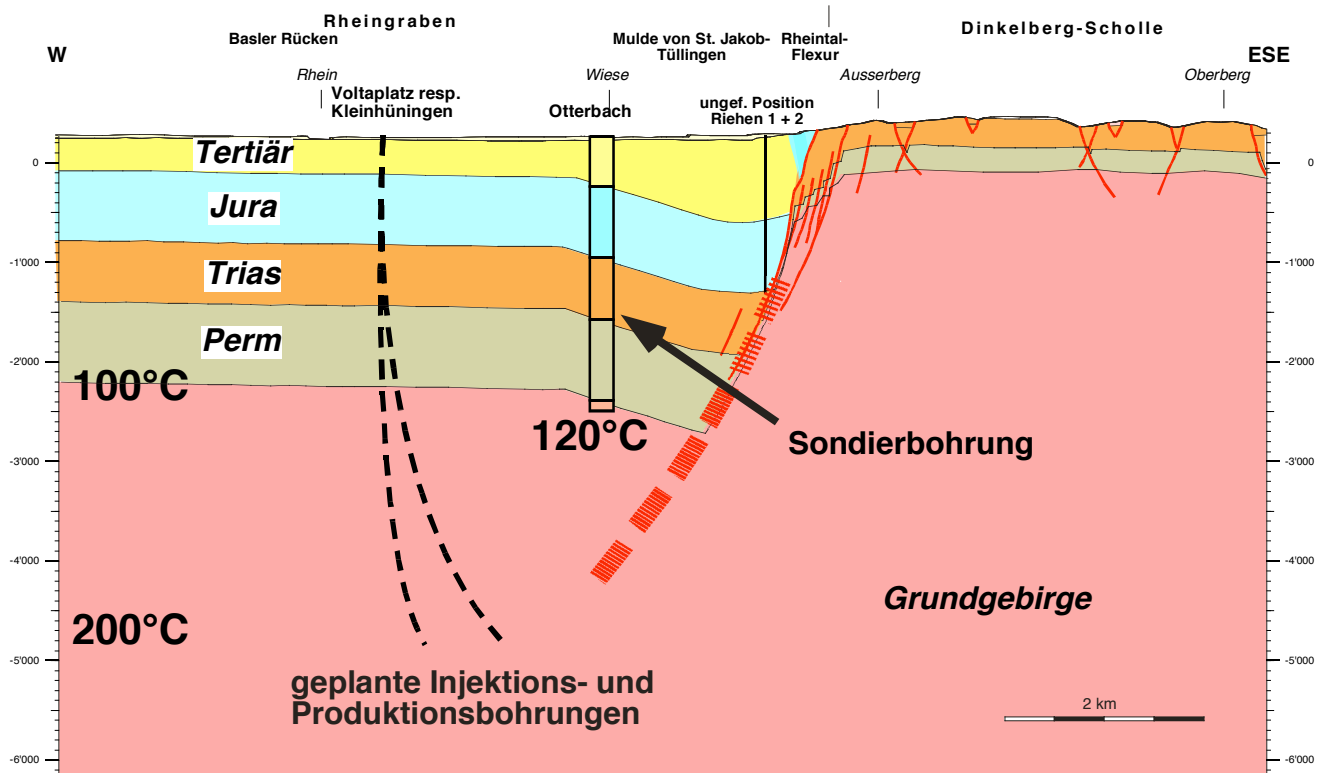


Vermutete Struktur vor der Bohrung Otterbach

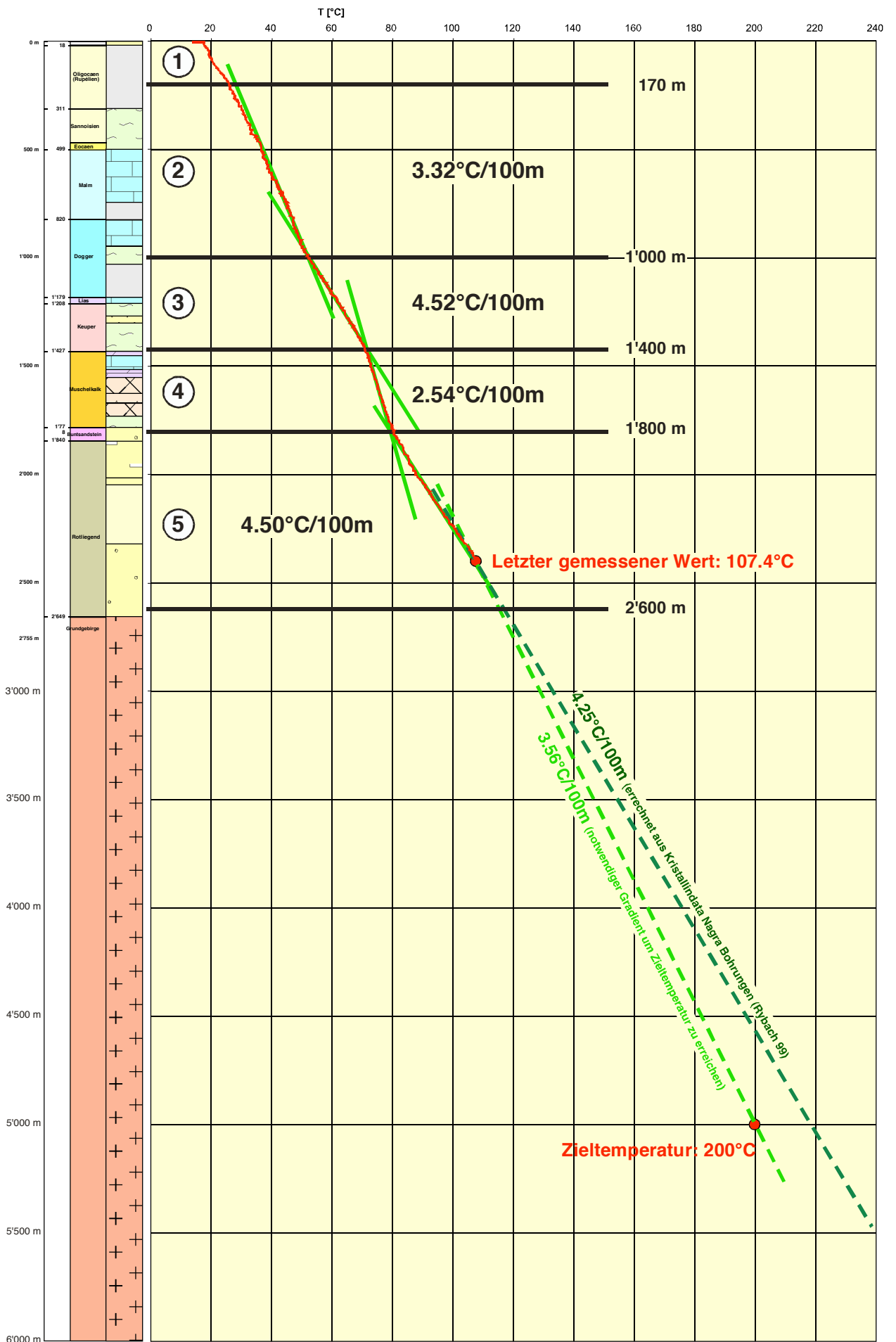


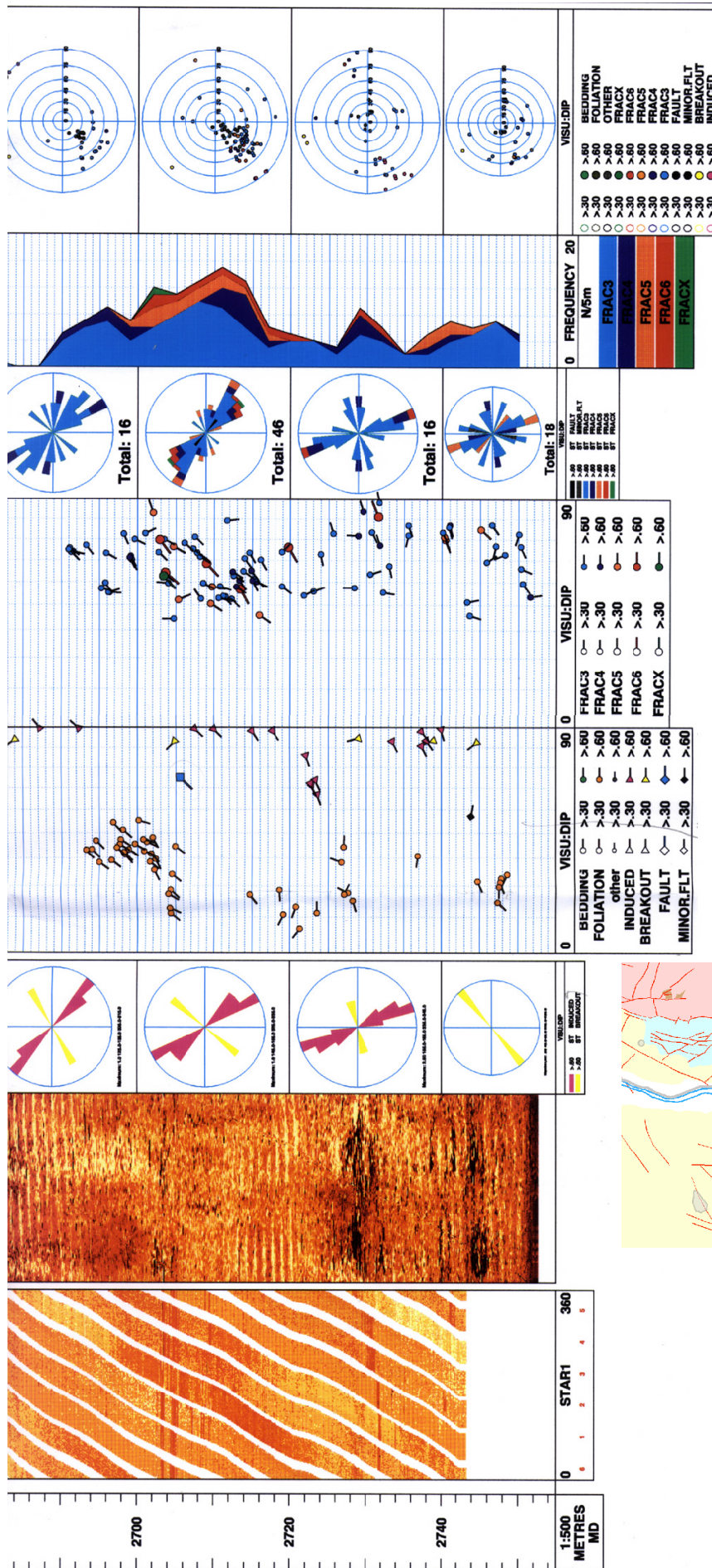
bis Basis Buntsandstein nach Gürlér et. al. 1987

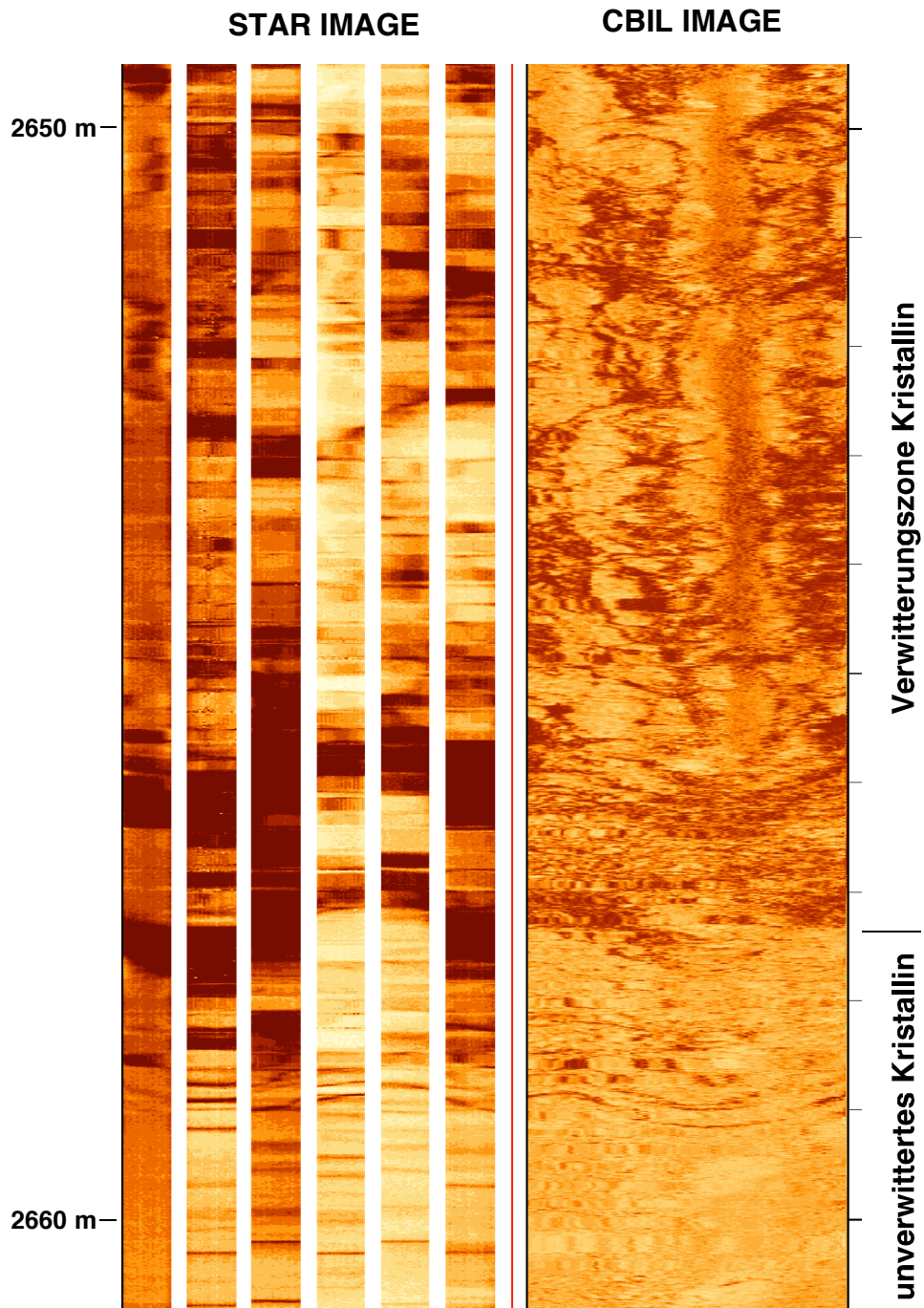
Vermutliche Struktur nach der Bohrung Otterbach



geplante Injektions- und Produktionsbohrungen





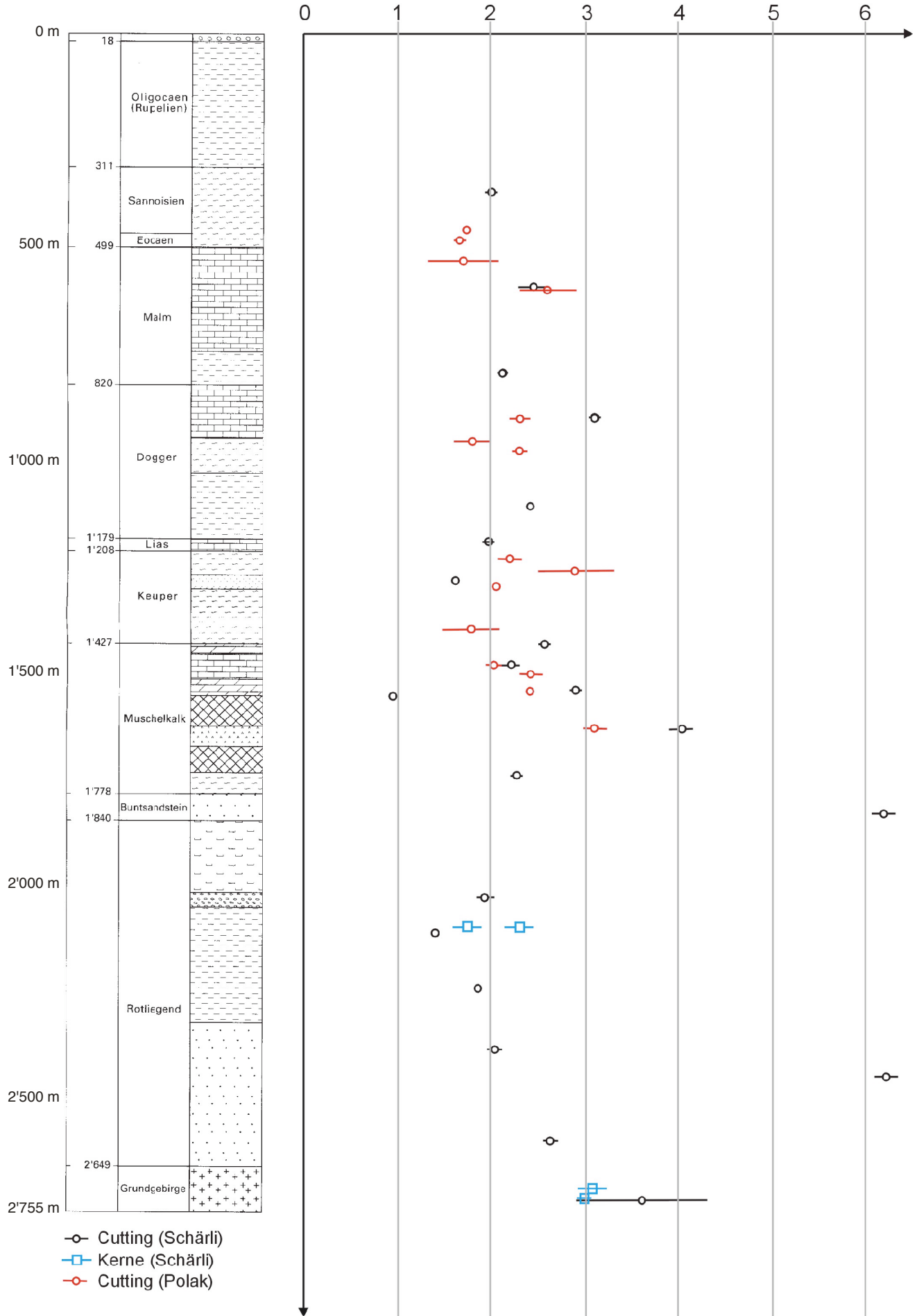


Daten: Baker Atlas

STAR: Simultaneous Acoustic and Resistivity Imager
 CBIL: Circumferential Borehole imaging Log

Stratigraphie

Wärmeleitfähigkeit (W/m,K)



Datum	Organ	Autor	Titel
Publikationen			
1.9.2001	International Geothermal Days "Germany 2001"	Markus O. Häring, Robert J. Hopkirk	The Swiss Deep Heat Mining project. The Basel Exploration Drilling
1.9.2001	IGA News	François-D. Vuataz, Markus O. Häring	The Swiss Deep Heat Mining (DHM) project: drilling of the first exploration borehole in Basel.
1.11.2001	Bulletin Geothermie CH	Markus O. Häring	Sondierbohrung Otterbach
Presse			
1.2.2001	Energie + Wasser	Rolf Zenklusen	Vorstoss in die heisse Erdkruste
21.2.2001	Neue Zürcher Zeitung	Hans Dieter Sauer	Forschung und Technik: Elektrizität aus Erdwärme
16.3.2001	Basler Zeitung		Zweite Bohrung nach Erdwärme
16.3.2001	Basellandschaftliche Zeitung		IWB suchen Erdwärme
1.4.2001	Spektrum der Gebäudetechnik	Franz Stohler	Erdwärme für ein Pilot-Heizkraftwerk
22.4.2001	Sonntags Zeitung	Joachim Laukenmann	Energie aus dem Untergrund
1.6.2001	ENET-NEWS		Die Tiefe ist erreicht
30.6.2001	Bulletin Geothermie CH	Arthur Fehr	Besuch der DHM-Bohrung Otterbach 2
2.7.2001	Basler Zeitung		Sondierbohrung abgeschlossen
1.8.2001	Basel tickt anders – auch im Energiebereich	Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt	OPEC bohrt nach Öl – Basel bohrt nach Wärme.
21.9.2001	Basler Zeitung	Ildiko Hunyadi	Mit Energie Ressourcen schonen
1.11.2001	Aargauer Zeitung	Margrit de Lainsecq	Ökoenergie aus dem Untergrund
4.11.2001	Strom (EBL)	Peter Christoph	EBL fördert Erdwärme
9.11.2001	CH-Forschung	Margrit de Lainsecq	Energie aus dem Untergrund
14.11.2001	Schweiz. Spenglermeister- und Installateur-Zeitung	Margrit de Lainsecq	Geothermie: Basel macht vorwärts
24.11.2001	Basellandschaftliche Zeitung	Lorenz Häfliger	Heisser Boden spendet Energie
24.11.2001	Neue Zürcher Zeitung	fs	Verheissungsvoller Basler Untergrund
27.11.2001	Le Temps	Vahé Ter Minassian	Au bord du Rhin, la géothermie se lance dans l'ère industrielle
1.12.2001	HausTech	Margrit de Lainsecq	Geothermie: Basel setzt Zeichen