



Schlussbericht April 2010

Nachmessungen Basel-1

Coiled Tubing Operation

Auftraggeber:

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

Auftragnehmer:

Geothermal Explorers International Ltd.
Schlossstrasse 3
CH-4133 Pratteln
www.geothermal.ch

Autor(en):

Florentin Ladner
florentin.ladner@geothermal.ch

BFE-Bereichsleiter: Gunter Siddiqi

BFE-Programmleiter: Rudolf Minder

BFE-Vertrags- und Projektnummer: 154'199 / 102'676

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

Projekt Deep Heat Mining Basel

Geopower Basel AG



Nachmessungen Basel-1

Coiled Tubing Operation

April 2010

Verfasser:



Schlossstrasse 3

CH-4133 Pratteln

www.geothermal.ch

Inhaltsverzeichnis

Nachmessungen Basel-1	1
Coiled Tubing Operation	1
April 2010	1
1 Einführung.....	3
1.1 Ausgangslage	3
1.2 Bohrlochspezifische Angaben.....	3
2 Coiled Tubing Operation	4
2.1 Organisation.....	4
2.2 Coiled Tubing Anlage.....	4
2.3 Durchführung	4
3 Situation in der Bohrung.....	6
4 Chemische Analysen	7
4.1 Einleitung	7
4.2 Methodik der Analysen	7
4.3 Resultate.....	7
4.3.1 Optische Analyse.....	7
4.3.2 Resultat Röntgendiffraktometrie	8
4.3.3 Resultat Rasterelektronenmikroskopie	9
4.3.4 Diskussion	10
5 Ursache der Blockade.....	10
6 Induzierte Seismizität.....	11
6.1 Auflagen durch den Kanton BS.....	11
6.2 Mikroseismische Überwachung der Coiled Tubing Operation	12
7 Lessons Learnt.....	14

1 Einführung

1.1 Ausgangslage

Im Rahmen des DHM-Projektes wurde 2006 die Bohrung Basel 1 auf 5'000m Tiefe abgeteuft. Im Anschluss daran wurde der offene Bohrlochbereich hydraulisch stimuliert, was zu mehreren an der Oberfläche spürbaren Erschütterungen führte. Der Stimulationsprozess wurde daraufhin abgebrochen und das Projekt wurde suspendiert. Eine durch den Kanton BS in Auftrag gegebene Risikoanalyse kam Ende 2009 zum Schluss, dass der Standort Basel unter dem Aspekt des seismischen Risikos ungünstig ist, um ein tiefes geothermisches Reservoir im kristallinen Grundgebirge zu nutzen. Das DHM-Projekt wurde Ende 2009 abgebrochen.

Im Dezember 2008 bis Juni 2009 wurden in enger Absprache mit den zuständigen Kantonsbehörden (KCB, AUE und Bauinspektorat) und Bundesstellen (SED und BfE) verschiedene Nachmessungen in der Bohrung durchgeführt, um den Effekt der hydraulischen Stimulation zu untersuchen. So wurden zwei Temperaturmessungen, eine Druckmessung, ein hydraulischer Auffüllversuch und ein Fördertest durchgeführt. Die zweite Temperaturmessung bestätigte, dass sich in einer Tiefe von 4'688m (gemessen ab Rotary Table) ein Hindernis befindet, das ein Befahren des gesamten offenen Bohrlochbereiches mit elektrischen Messsonden verhindert. Die Geopower Basel AG beschloss daraufhin das Hindernis mit Hilfe einer Coiled Tubing Anlage beseitigen zu lassen, um weitere wissenschaftliche Messungen bis zur ursprünglichen Endtiefe zu machen. Diese Daten – soweit wie möglich erhebbbar – werden für ein Grossforschungsprojekt (GEOTHERM) der ETH Zürich verfügbar gemacht.

1.2 Bohrlochspezifische Angaben

<i>Koordinaten (CH-Koordinatennetz):</i>	611'810 / 270'536
<i>Höhe über Meer</i>	259.34 m (Rotary Table)
<i>Höhe Rotary Table (RT)</i>	9.14 m über OKT (250.2 m.ü.M)
<i>Endtiefe:</i>	5'009.4 m
<i>Offene Bohrstrecke:</i>	4'638 – 5'009 m
<i>Länge offene Bohrstrecke:</i>	371 m
<i>Verrohrung:</i>	0 – 792 m: 10 ¾" 792 – 4'638m : 7 5/8"
<i>Bohrdurchmesser offene Bohrstrecke:</i>	4'638 – 4'850 m: 9 7/8" 4'850 – 5'009 m: 8 ½"
<i>Bohrlochvolumen:</i>	~ 146 m ³
<i>Bohrlochblockade:</i>	Precision, 2006: 4'688 m (Wireline-Logging) Schulze, 2009: 4'690 m (Wireline-Logging)

Alle Tiefenangaben beziehen sich auf Rotary Table (RT).

2 Coiled Tubing Operation

2.1 Organisation

<i>Planung, Begleitung, Auswertung:</i>	<i>Geothermal Explorers Ltd SJ-Geotec</i>
<i>Coiled Tubing: Bohrgarnitur (BHA):</i>	<i>BJ Services International B.V. The Toolcompany</i>
<i>Durchführungsdatum:</i>	<i>13. - 17.04.2010</i>

2.2 Coiled Tubing Anlage

Die in Basel eingesetzte Coiled Tubing Anlage bestand aus (Anhang 1 & Anhang 2):

- Steuer- / Kontrolleinheit
- Pumpeinheit
- 2-3/8" Coiled Tubing (6.3 km Stahlschlauch aufgewickelt auf Winde)
- Turm
- Blowout Preventer
- Bohrgarnitur mit Tapered Mill Ø 6 Zoll

2.3 Durchführung

Die Coiled Tubing Anlage wurde per Schiff über den Rhein von Holland nach Basel (Hafenbecken II) transportiert. Die leichten Frachtstücke wurden mit dem Container-Kran entladen, der die Frachtstücke direkt aus dem Schiff heben und auf dem Bohrplatz absetzen konnte. Die schwere Winde mit dem Stahlschlauch wurde mit dem grösseren Container-Kran auf der anderen Seite des Hafenbeckens II aus dem Schiff auf einen Tieflader gehoben und auf der Strasse zum Bohrplatz gebracht. Der Aufbau der Anlage nahm insgesamt 31 Stunden in Anspruch.

Am 14.04.2010 um 14:27 wurde der Stahlschlauch in die Bohrung eingefahren. Das Hindernis wurde um 20:36 auf einer Tiefe von 4'673m (ab RT und Tiefenangabe BJ) angefahren. In der Folge wurde der Bohrmeissel langsam vorangetrieben und immer wieder um ein paar Meter zurückgezogen, um a) den Motor zu kühlen und b) zu prüfen, ob die Bohrgarnitur frei hängt. Während des Aufbohrens traten erhebliche Spülverluste in das Reservoir auf: 7m³/h bis 11m³/h.

In einer Tiefe von 4'705m setzte sich die Bohrgarnitur zum ersten Mal fest. Durch Ziehen konnte sie aber wieder befreit werden. Danach wurde weiter bis 4'716.5m gebohrt, wo sich die Bohrgarnitur zum zweiten Mal festsetzte. Mehrere Versuche scheiterten die Bohrgarnitur zu befreien. Mit grosser Wahrscheinlichkeit verklemmte sich die Bohrgarnitur an der 5.5" Zentriervorrichtung.

Zusammen mit BJ Services wurde in dieser Situation über die verbleibenden Optionen beraten:

Option 1:

Einpumpen von Stickstoff und Verdrängen von Wasser im Stahlschlauch zur Erhöhung des Auftriebes. Dadurch hätte die Zugkraft um ca. 9 Tonnen vergrößert werden können.

Diese Option wurde verworfen, weil die Auswirkungen des Stickstoffes, wenn er in die Bohrung gelangt, unberechenbar waren. Es hätte zu einem unerwünschten Air-Lift kommen können, der a) zu einer nicht vorhersehbaren Druckänderung im Reservoirbereich und b) zu einer Produktion von heissem Bohrlochfluid an die Oberfläche hätte führen können.

Option 2:

Kontrollierte Trennung des Stahlschlauches von der Bohrgarnitur und Einfahren mit einem Fangwerkzeug zur Bergung der Bohrgarnitur.

Diese Option wurde verworfen, weil die Erfolgsaussichten einer Bergung in der offenen Bohrung auf nicht höher als 30% eingeschätzt und weil zudem das Risiko bestand bei der Bergung auch die Fangvorrichtung zu verlieren, was zusätzliche Mehrkosten verursacht hätte.

Option 3:

Kontrolliertes Trennen des Schlauches von der Bohrgarnitur und Zurückziehen des Schlauches an die Oberfläche. Die Bohrgarnitur wird in der Bohrung zurückgelassen. Auf eine Fangaktion wird verzichtet.

Nach Erwägen der Vor- und Nachteile sämtlicher Optionen entschied man sich für Option 3. Folgende Punkte sprachen dafür:

- ein erfolgreicher Abschluss des Auffräsens bis zur Endtiefe erschien nach den gemachten Erfahrungen als fraglich. Es konnte nicht ausgeschlossen werden, dass sich die schwierigen Bohrlochkonditionen, wie sie in den ersten 43m angetroffen wurden, nicht bis Endtiefe fortgesetzt hätten.
- die verlorene Bohrgarnitur behindert allfällige zukünftige Operationen in der Bohrung nicht mehr als das bereits unbefahrte Bohrloch darunter.
- die verlorene Bohrgarnitur bestehend aus einer gehärteten Stahllegierung hat keine in Bezug auf die Umwelt problematischen Auswirkungen.

Am 15.04.2010 um 14:03 Uhr wurde der Stahlschlauch von der Bohrgarnitur getrennt und an die Oberfläche gebracht. Danach wurde mit dem Abbau der Anlage begonnen. Die Coiled Tubing Operation wurde am 17.04.2010 abgeschlossen.

3 Situation in der Bohrung

Die Blockade konnte insgesamt über eine Strecke von 43.5m weggefräst werden (Abbildung 1). Hinsichtlich der absoluten Tiefenlage der Blockade besteht eine Diskrepanz zwischen der Wireline- und der Coiled Tubing-Tiefe:

Wireline: 4'688m / 4'690m ab RT

CT: 4'673m ab RT

Die Tiefe beim Coiled Tubing wird mit einem Tiefenzähler (Zählradmechanismus) gemessen, der auf den Stahlschlauch drückt. Gemäss Angaben von BJ Services kann der Messfehler bis 2 m pro 1'000m betragen (bei 4'688m ca. 9 -10 m). Der Tiefenzähler zeigt dann aufgrund der Dehnbarkeit des Stahlschlauches zu kleine Werte an.

Die Länge der verlorenen Bohrgarnitur beträgt 8.56 m (Anhang 3). Die Bohrung ist jetzt neu bis 4'707.94 m (Coiled Tubing Tiefe) zugänglich.

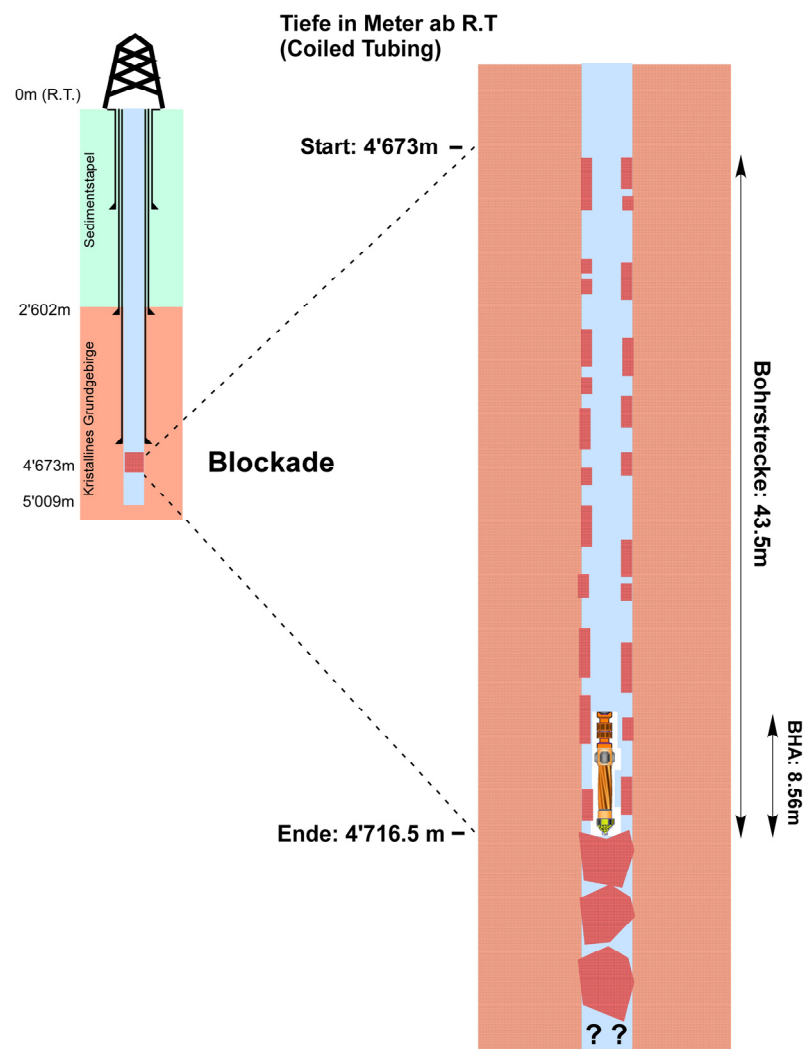


Abbildung 1: Situation und Tiefenlage der verlorenen Bohrgarnitur (BHA) in der Bohrung Basel 1.

4 Chemische Analysen

4.1 Einleitung

Das während dem Coiled Tubing ausgetragene Material wurde chemisch und mineralogisch untersucht. Die Grobfraction (Silt bis Sand) wurde luftgetrocknet. Anschliessend wurde eine representative Probe (gemischte Sandprobe von ca. 2cm³) für die Analyse entnommen.

4.2 Methodik der Analysen

Zur Bestimmung der geochemischen und strukturellen Zusammensetzung der Probe, wurde diese mittels Lupe/Auflichtmikroskop, röntgenographischen Analysen und dem Rasterelektronenmikroskop untersucht.

Mittels Lupe/Auflichtmikroskop kann einfach und schnell die Korngrösse, Kornzusammensetzung, Habitus und z.T. die Mineralogie bestimmt werden. Letztere ist aber nicht immer eindeutig, da sich viele Mineralbruchstücke in Farbe, Glanz, Bruchverhalten und anderen optischen Eigenschaften sehr ähnlich verhalten.

Mittels röntgenographischen Analysen (XRD) kann mit Hilfe eines Pulverpräparates sehr einfach die Mineralzusammensetzung der Probe bestimmt werden. Allerdings lassen sich nicht alle Minerale genau unterscheiden, da z.T. Reflexionsmaxima verschiedener Minerale einer Mineralgruppe (z.B. Glimmer) aufeinander fallen. Zudem kann eine Aussage über die quantitative Zusammensetzung der Probe nur semiquantitativ gemacht werden. Die Nachweisgrenze liegt im Prozentbereich, d.h. akzessorische Bestandteile können nicht nachgewiesen werden.

Am Institut für Geologie der Universität Bern wurde die Probe gemahlen und mit dem Panalytical X'Pert Pro Diffraktometer analysiert. Für die Generierung der CuK α -Röntgenstrahlung wurde eine Spannung von 40KV und ein Strom von 40mA verwendet. Gemessen wurde der Winkelbereich (2Theta) von 5-50° mit einem automatischen Divergenzschlitz und einer Messgeschwindigkeit von 0.03°/s. Die Röntgenpeaks wurden halbautomatisch und manuell ausgewertet.

Etwas aufwändiger, aber dafür mit einer höheren Genauigkeit und Auflösung können mit dem Rasterelektronenmikroskop (REM) hochauflösende Aufnahmen der Probe gemacht werden und die Geochemie punktgenau oder als Elementkarte bestimmt werden. Am Institut für Geologie der Universität Bern wurde die Probe (Streupräparat: Sand, der auf einem selbstklebenden Kohlenstoffleiter aufgebracht wurde) im Niedrigvakuum (10 Pa) mit dem Rasterelektronenmikroskop EVO 50 von Zeiss analysiert. Die Beschleunigungsspannung betrug 20kV, der Probenstrom variierte von 0.5-10nA und der mittlere Arbeitsabstand lag im Bereich von 8-10 mm.

4.3 Resultate

4.3.1 Optische Analyse

Die Probe besteht aus Bruchstücken bestehend aus einem siltig-sandigen Gemisch aus Zementpartikeln und Silikaten. Die Probe ist beige-grau und hat einen grünen Stich. Die Kornzusammensetzung ist sehr heterogen, wobei die Zementphase überwiegt. Die Silikate kön-

nen nicht eindeutig bestimmt werden. Die hellen Phasen sind wahrscheinlich Quarz und Feldspat und die dunklen Phasen Biotit oder Amphibol.

4.3.2 Resultat Röntgendiffraktometrie

Die XRD-Analyse ergab, dass in der Probe folgende Mineral- und Zementphasen auftreten (Abbildung 2):

- Quarz
- Feldspäte (Albit und Mikroklin)
- Glimmer (Muskovit oder Biotit)
- Kalzit
- Klinochlor (Schichtsilikat der Chlorit-Gruppe)
- Tobermorit (Zementphase)

Weitere akzessorische Bestandteile konnten nicht bestimmt werden. Eine quantitative Beurteilung wurde nicht vorgenommen, da diese mit dem REM gemacht wurde.

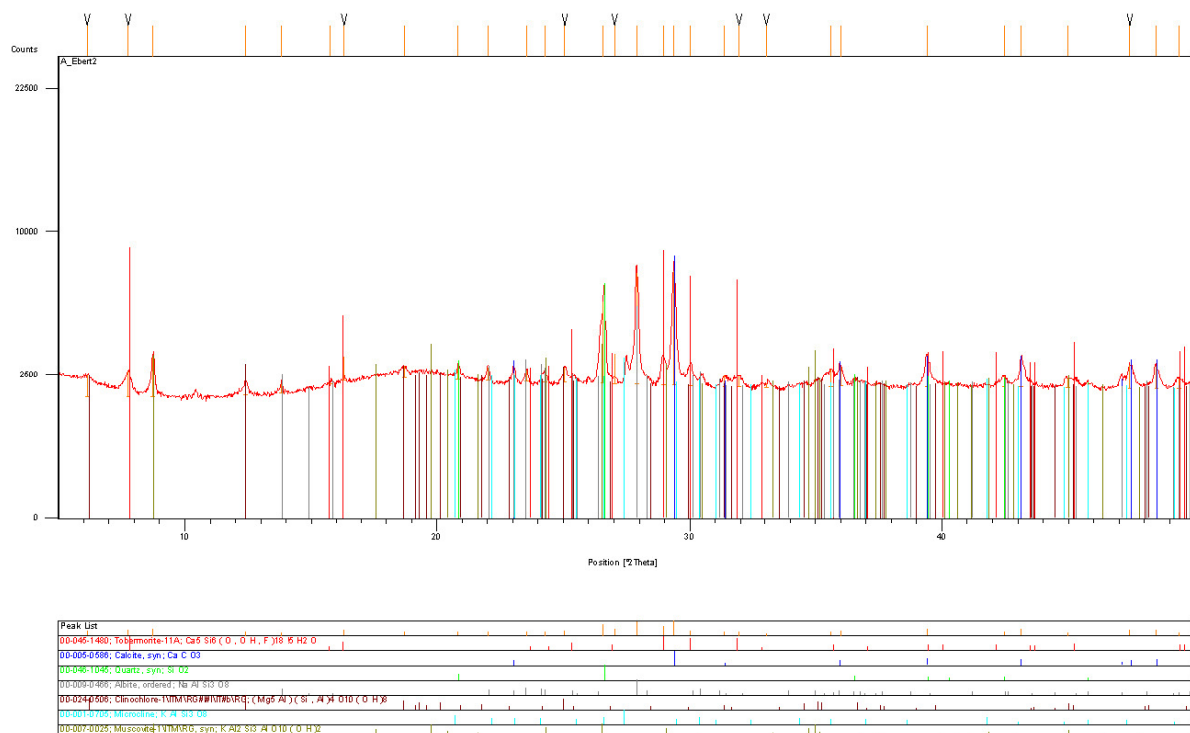


Abbildung 2: Röntgenographische Phasenanalyse. Auf der x-Achse ist der 2Theta-Winkel in ° (Ein- und Ausfallwinkel des Röntgenstrahles) und auf der y-Achse die gemessene Intensität aufgetragen. In der Tabelle sind die Minerale aufgelistet, welche den verschiedenen peaks zugeordnet werden können.

4.3.3 Resultat Rasterelektronenmikroskopie

Abbildung 3 zeigt Bilder der Probe (Streupräparat) bei unterschiedlicher Vergrößerung. Im SE-Bild (Sekundärelektronenbild) wird die Topographie, also die 3-dimensionale Form der einzelnen Körner sichtbar und im BSE-Bild (Rückstreuelektronenbild) die Dichte (z.B. Eisenreiche Minerale sind heller als leichte Minerale, wie z.B. Quarz). In Fig. 2 ist gut zu erkennen, dass der Grossteil der Körner aus Zement besteht (mehrphasige Aggregate mit poröser Struktur). Die restlichen Körner (z.B. Quarz, Feldspat) können dem anstehenden kristallinen Grundgebirge zugeordnet werden.

Die Kornfraktion der Zementaggregate liegt im Korngrößenbereich von 0.01 bis 0.5mm und die Mineralfraktion des Grundgebirges im Mittel bei ca. 0.04 bis 0.2 mm. Im Gegensatz zu den Zementpartikeln, welche eher einen runden kugeligen Habitus haben, haben die Grundgebirgspartikel ein kantiges bzw. scherbenartiges Erscheinungsbild.

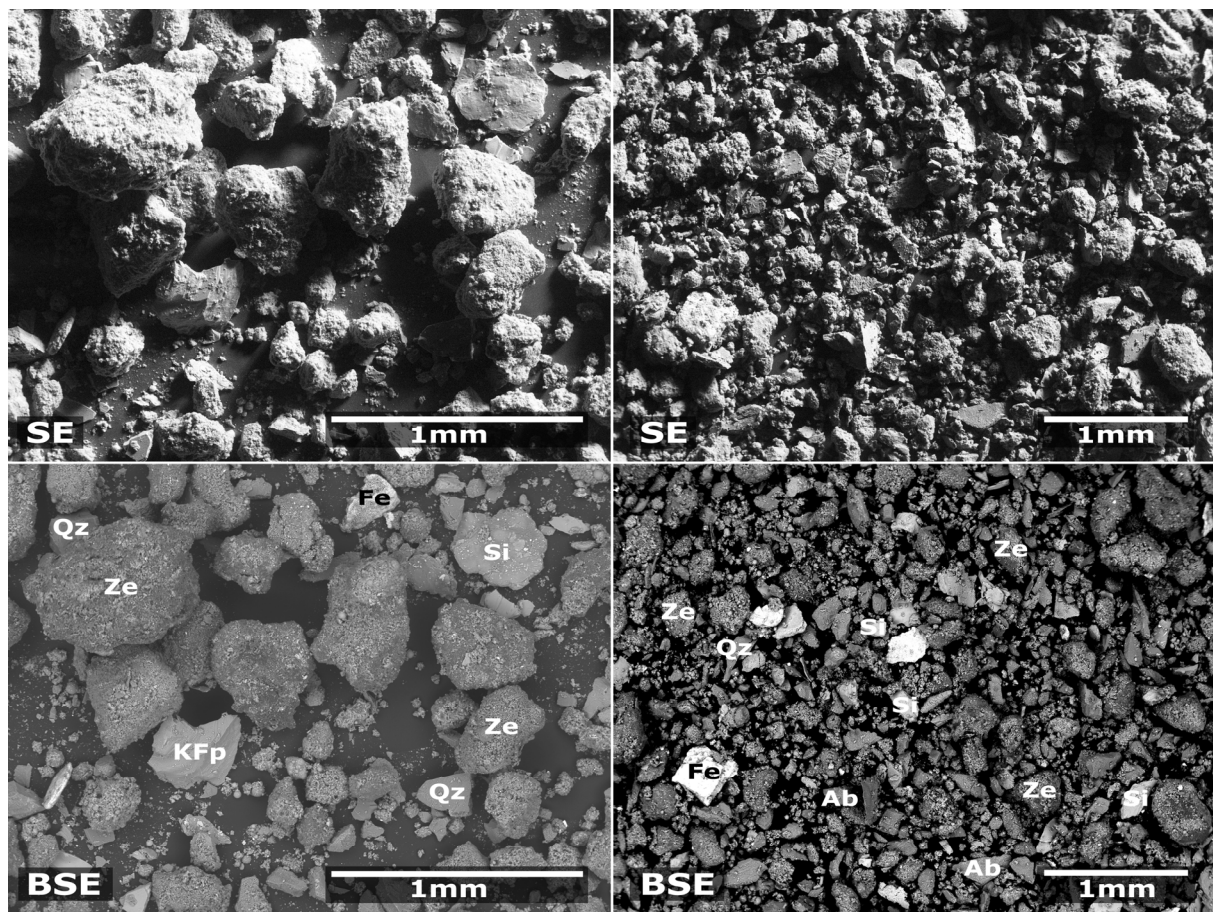


Abbildung 3: Beide oberen Bilder sind Sekundärelektronenabbildungen und die unteren beiden Rückstreuelektronenbilder. Obere spiegeln die Topographie wieder und die unteren beiden die Dichte, also Mineralzusammensetzung (je dichter / schwerer, desto heller). Jede Spalte entspricht einem Bildpaar. Die Zementpartikel (Ze) sind gut an ihrer polymineralischen und rauen Oberfläche bzw. porösen Struktur zu erkennen. Alle anderen Partikel mit scharfen Kanten und „glatten“ Oberflächen sind Silikate (Qz = Quarz, Ab = Albit, KFp = Kalifeldspat, Si = Fe-Mg-K-Silikate (Amphibole oder Schichtsilikate)). Die sehr hellen Mineralkörner im BSE-Bild sind Fe-Phasen, ev. Abrieb vom Stahlrohr.

Geochemische Analysen (Punktanalysen und Elementkarten) bestätigen, dass es sich bei fast allen Grundgebirgspartikeln um Silikate handelt. Sehr häufig kommen Na-reiche Feldspäte, i. W. Albit vor. Vereinzelt wurden auch K-Feldspäte gefunden. Quarz tritt ebenfalls auf, aber in geringeren Mengen als der Feldspat. Die übrigen Silikate sind weniger reich an SiO_2 (40-50wt%) und die Konzentrationen von MgO , CaO , K_2O und FeO variieren. Diese Phasen können den Amphibolen und/oder Schichtsilikaten zugeordnet werden. Die Elementanalyse der Zementpartikel ergibt eine Zusammensetzung, welche aus den Hauptelementen Si und Ca, den sekundären Elementen Mg und Al und akzessorisch aus Fe, S, K, Na besteht.

4.3.4 Diskussion

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass der Grossteil der Grobfraktion des ausgetragenen Bohrkleins aus Zement besteht. Die geochemischen Messungen (REM und XRF) zeigen, dass bei den Fräsarbeiten auch Bruchstücke vom anstehenden kristallinen Grundgebirge gefördert wurden. Die Petrographie, bestehend aus Feldspäten (überwiegend Na-reiche Feldspäte, also Albit, Oligoklas und Anorthoklas), sowie Quarz und Fe-, Mg-, und K-reichen Silikaten (Amphibole und/ oder Schichtsilikate der Biotit-Gruppe), lässt auf eine granitische Zusammensetzung schliessen. Wenige Mikroklinbruchstücke weisen ev. auf pegmatitische Gänge hin, können aber auch dem Granit zugeordnet werden. Der Klinochlor bzw. Chlorit deutet auf eine geringe metamorphe Überprägung hin. Stark eisenreiche Phasen können ev. dem Abrieb von Stahlrohren oder dem Meisel zugeordnet werden. Der Zement besteht aus einem mehrphasigen Gemisch aus feinem Quarzsand, Kalzit, der Zementphase Tobermorite (gemäss XRD-Analyse die wahrscheinlichste Zementphase –andere Zementphasen sind aber auch möglich) und weiteren nicht näher identifizierten Phasen.

5 Ursache der Blockade

Im Vorfeld der Coiled Tubing Operation wurde die Bohrloch-Geometrie Basel 1 mit Hilfe von UBI-Daten untersucht („Provisional analysis of fractures and hole geometry of the open hole section of BS-1 (4629 m to 5000m)“, Sakalima Sikaneta & Keith F. Evans, 13. April 2010). Die Analyse zeigt auf, dass bereits beim Fahren des ersten UBI-Logs im November 2006 die Bohrlochwand ab einer Tiefe von 4'690m über eine Strecke von ca. 20m sehr stark ausgebrochen war. Die Messung konnte zu diesem Zeitpunkt noch gefahren werden, aber spätestens zu Beginn der hydraulischen Stimulation im Dezember 2006 ist dieser Bereich kollabiert. Diese Ausbrüche sind das Resultat der hohen in-situ Deviatorspannungen im offenen Bohrlochbereich. Im Bereich von Bruchzonen, wo die Festigkeit des Granites herabgesetzt ist, bricht die Bohrlochwand aus und herausfallende Bruchstücke verstopfen die Bohrung.

Der hohe Anteil Zement im ausgetragenen Bohrklein stammt wahrscheinlich von der Zementation der 7-5/8" Verrohrung, bei der wegen eines undichten externen Packers Zement in den offenen Bohrbereich gelangen konnte.

6 Induzierte Seismizität

6.1 Auflagen durch den Kanton BS

Integraler Bestandteil der Bewilligung für die durchgeführten Nachmessungen war, dass Geopower Basel AG sämtliche Operationen mit dem bestehenden mikroseismischen Netzwerk überwacht. Das Netzwerk besteht auf den vier Stationen:

- Otterbach 2
- Haltingen
- Schützenmatte
- St. Johann

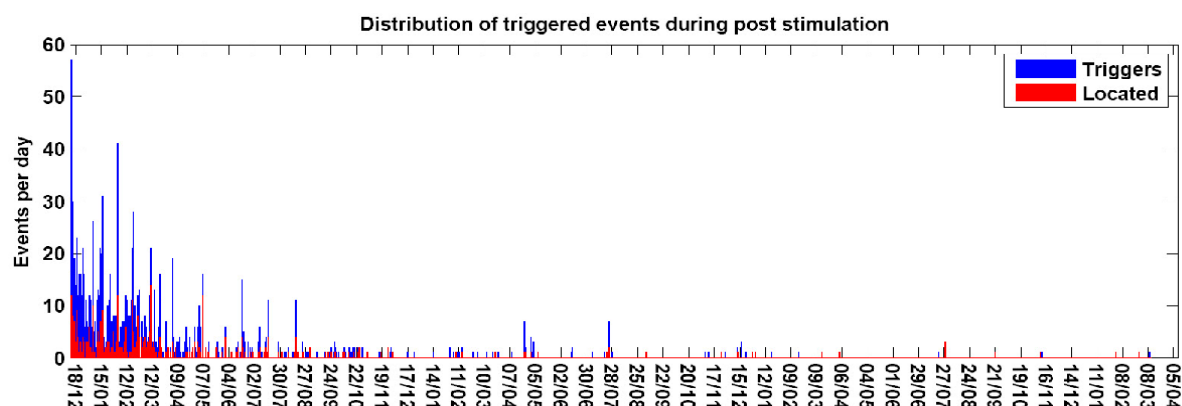
Die Auflagen, die zum Abbruch der Operationen führen, wurden wie folgt definiert:

- **Mehr als 5 detektierbare seismische Ereignisse treten zeitlich korreliert mit den Arbeiten auf.**

Die seismische Überwachung des Reservoirs findet seit der Hauptstimulation statt und wird in einem wöchentlichen Bericht veröffentlicht (siehe Abbildung 2). Die Entwicklung zeigt eine seit Frühjahr 2007 abnehmende Tendenz. Vor diesem Hintergrund würde eine Zunahme von Ereignissen, welche zeitlich mit den Arbeiten korreliert, eine Warnung darstellen, welche zum Unterbruch der Operation führen würde.

- **Es tritt ein einzelnes Ereignis mit einer Momentenmagnitude > 1 auf.**

Die Momentenmagnitude entspricht dabei dem Wert, welcher in Echtzeit aus den Aufzeichnungen der Station Otterbach 2 im Zeitbereich des von GEL betriebenen Prozessierungssystems berechnet wird. Die Momentenmagnitude der letzten lokalisierbaren Ereignisse betrug zwischen 0.3 - 0.8. Keines dieser Ereignisse konnte an der Oberfläche gespürt werden.



Abbildungung 4: Ereignisplot aller getriggerten Aktivitäten seit der Hauptstimulation. Die Anzahl getriggerte Ereignisse werden täglich durch einen blauen Balken dargestellt. Der Anteil der lokalisierten Ereignisse wird durch die roten Balken abgebildet. Die Zeitachse startet am 13. Dezember 2006 und endet am 9. April 2010.

6.2 Mikroseismische Überwachung der Coiled Tubing Operation

Die Coiled Tubing Operation wurde von Geothermal Explorers Ltd im 24-Stunden Betrieb überwacht. Während der Operation konnte ein schwaches, nicht genau lokalisierbares Ereignis registriert werden. Das Ereignis wurde am **15.04.2010** um **3:55:20 Lokalzeit** an der Station Otterbach 2 aufgezeichnet. Die P- und S- Welleneinsätze sind auf der Triggerstation Otterbach 2 sowie an der Station Schützenmatte erkennbar (Abbildung 5).

Da nur für zwei Stationen eine Laufzeit vorliegt, kann die für die Lokalisierung verwendete Standartroutine über ein Gittersuchalgorithmus nicht verwendet werden. Die Entfernung zu den beiden Stationen Otterbach 2 und Schützenmatte kann jedoch berechnet werden. Das Eintragen der beiden Stationen in einem *Wadati-Diagramm* ergibt die Herdzeit (UTC) $t_0 = 01:55:20.181$ (Abbildung 6).

Für die Station Otterbach 2 lässt sich aus der Herdzeit t_0 und der Geschwindigkeit für P-Wellen im Grundgebirge (5.94 km/s) die Herdentfernung zu Otterbach 2 berechnen. Die Herdentfernung beträgt 1.3 km . Für die Station Schützenmatte errechnet sich eine Herdentfernung von 5.22 km (mit einer P-Wellengeschwindigkeit 4.88 km/s).

Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Tiefenlagen der Messsensoren lässt sich das mikroseismische Ereignis graphisch nur auf einer Linie lokalisieren (Abbildung 7 rote Linie). Über die Tiefe kann keine Angabe gemacht werden. Demnach fand das Ereignis wahrscheinlich in der nordöstlichen Peripherie des Reservoirs statt.

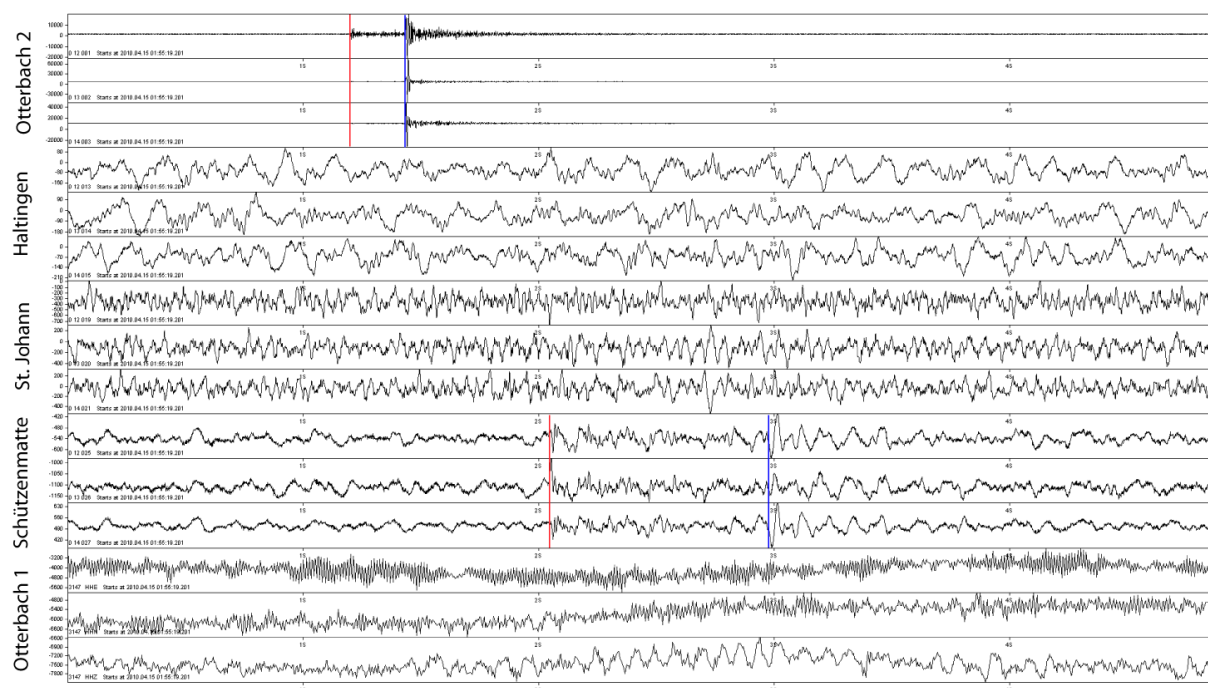


Abbildung 5: Stationsnormalisierte Signale des aufgezeichneten Ereignisses um 3:55 Uhr auf sämtlichen betriebenen Stationen. Für die Stationen Otterbach 2 und Schützenmatte sind die Laufzeiten für die P-Welle mit rot und diejenige für die S-Welle mit blau dargestellt.

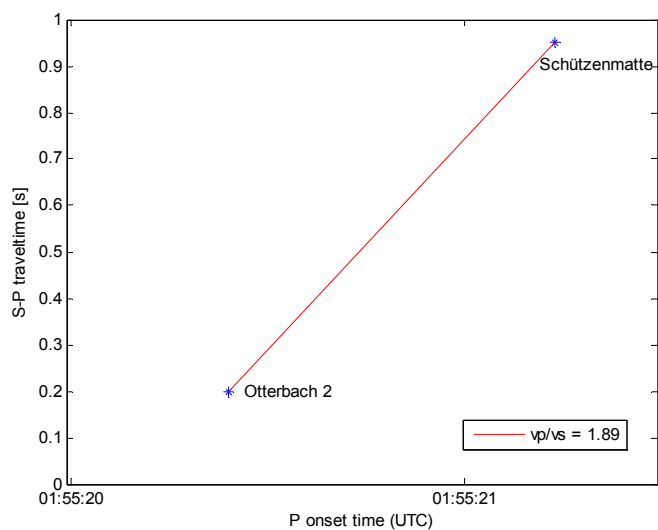


Abbildung 6: Auftragen der beiden Stationen in einem Wadati-Diagramm ergibt eine Herdzeit (UTC) von 01:55:20.181 (Schnittpunkt mit der x-Achse).

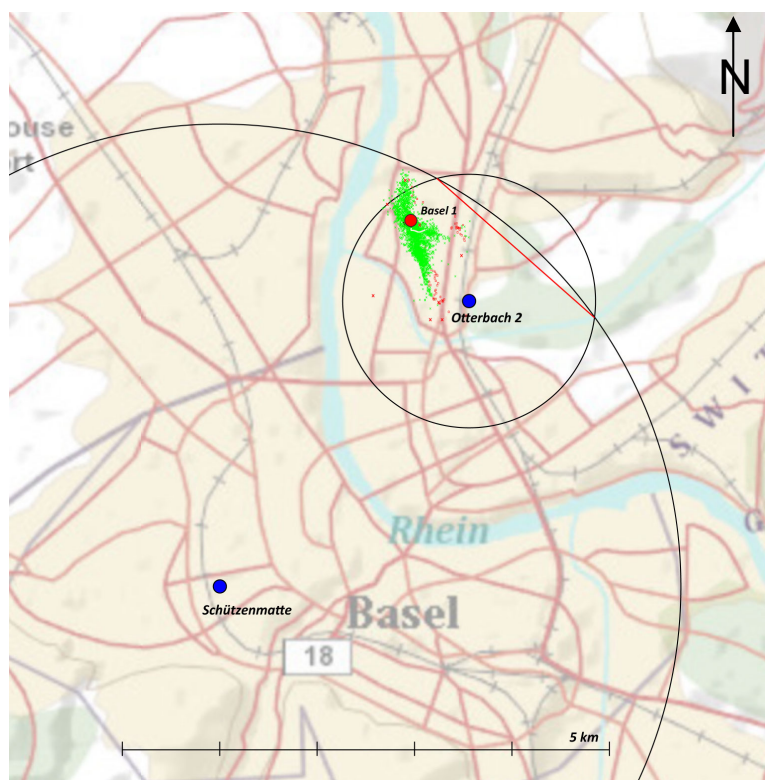


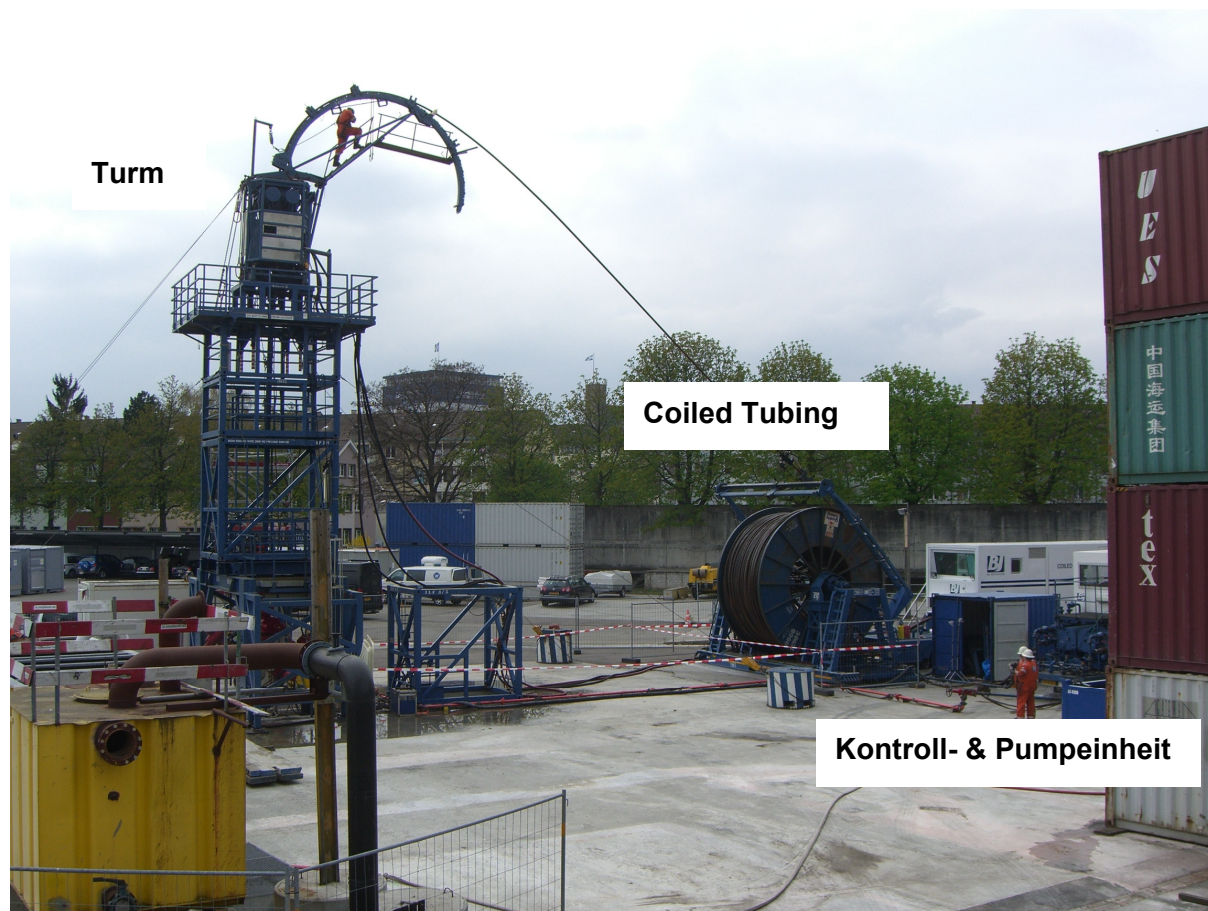
Abbildung 7: Lokalisierung (rote Linie) des aufgezeichneten Ereignisses während des Coiled Tubing Einsatzes (grüne Punkte: Ereignislokationen 2006-2007; rote Punkte: Ereignislokationen 2008-2010; roter Kreis: Bohrung Basel 1; blaue Kreise: Bohrungen Otterbach 2 & Schützenmatte).

Zum Zeitpunkt des mikroseismischen Ereignisses steckte die Bohrgarnitur fest. Es ist unmöglich zu beurteilen, ob ein Zusammenhang zwischen der Coiled Tubing Operation und dem Auftreten eines einzelnen mikroseismischen Ereignisses besteht.

7 Lessons Learnt

- Die sorgfältige Planung und Auswahl der Services-Firmen haben zu keinen nennenswerten Zeitverzögerungen; keinen gefährlichen Aktionen oder Arbeitsvorgängen und zu keiner Gefährdung der Umwelt geführt. Grundlage dafür war der enge Kontakt mit den Behörden und Wissenschaftern.
- Obwohl die Spülpumpen schallgedämpft eingepackt waren, liess sich das tieffrequente Brummen nicht genügend eindämmen und führte während der Nacht zu Reklamationen der Anwohnerschaft.
- Nennenswert ist, dass die Coiled Tubing Anlage dank dem nahe gelegenen Hafenbecken II per Schiff von Holland nach Basel und per Hafenkran direkt auf den Bohrplatz gehievt werden konnte. Dadurch konnte der extrem aufwendige Transport über Land umgangen werden.
- Die Standfestigkeit von Bruchzonen im kristallinen Grundgebirge hängt in einer Tiefbohrung von den in-situ Gebirgsspannungen ab. Die Bohrlochwand in, unmittelbar vor und nach einer Bruchzone neigt zu Bohrlochausbrüchen, die bei hohen Deviatorspannungen im Gebirge bis zum Bohrlochkollaps führen kann. Bei tiefen Geothermiebohrungen sollte deshalb der Einbau eines geschlitzten Filterrohres zum Schutz des offenen Bohrlochbereiches geprüft werden.

Anhang 1



Blowout Preventer



6" Tapered Mill



Anhang 2

Eingefahrene Bohrgarnitur (Bottom Hole Assembly):

 Bottom Hole Assembly Drawing								
Customer: BJ services Field: Zwitserland Well No.: Basel 1			Created by: H.Lonsain Date: 16-04-2010 Run: 6" milling			Job No.: 919 Max pull: Max torque:		
BHA	Item No.	Tool No.	Description	OD inch	ID inch	LENGTH cm	Thread connection	
							bottom	top
	1		2 3/8" x 0.156" inline dimple	3 1/8"	1"	18	2 3/8" Reg	coil
	2		3 1/8" Motorhead ass. c/w DFCV BOSS, and DCS	3 1/8"	0.72"	108	2 3/8" Reg	2 3/8" Reg
	3		Carsac	3 1/8"	1"	63	2 3/8" Reg	2 3/8" Reg
	4		Fixed centraliser	5 1/2"	1"	36	2 3/8" Reg	2 3/8" Reg
	5		X-over	3 3/4"	1"	20	2 3/8" Reg	2 7/8" Reg
	6		3 3/4" SS 150 PDM	3 3/4"	NA	570	2 7/8" Reg	2 7/8" Reg
	7		X-over	4 1/4"	1 1/2"	20	3 1/2" Reg	2 7/8" Reg
	8		6" Tapered Mill	6"	NA	75	NA	3 1/2" Reg
Total length:						910		

The Toolcompany, Afrikaweg 27, 9407 TL Assen, The Netherlands, Tel: +31592344746, Fax: +31592343436, e-mail: sales@toolcompany.nl

Anhang 3

Verlorene Bohrgarnitur (Bottom Hole Assembly):

 Bottom Hole Assembly Drawing								
Customer: BJ services Field: Zwitterland Well No.: Basel 1			Created by: H.Lonsain Date: 16-04-2010 Run: 6" milling			Job No.: 919 Max pull.: Max torque:		
BHA	Item No.	Tool No.	Description	OD Inch	ID Inch	LENGTH cm	Thread connection	
							bottom	top
	2		1/2 of MHA, DFCV to Surface 3 1/8" Motorhead ass. c/w Circ Sub	3 1/8"	0.72"	72	3 1/2" Fish Neck	2 3/8" Reg
	3		Carsac	3 1/8"	1"	63	2 3/8" Reg	2 3/8" Reg
	4		Fixed centraliser	5 1/2"	1"	36	2 3/8" Reg	2 3/8" Reg
	5		X-over	3 3/4"	1"	20	2 3/8" Reg	2 7/8" Reg
	6		3 3/4" SS 150 PDM	3 3/4"	NA	570	2 7/8" Reg	2 7/8" Reg
	7		X-over	4 1/4"	1 1/2"	20	3 1/2" Reg	2 7/8" Reg
	8		6" Tapered Mill	6"	NA	75	NA	3 1/2" Reg
Total length:						856		

The Toolcompany, Afrikaweg 27, 9407 TL Assen, The Netherlands, Tel: +31592344748, Fax: +31592343436, e-mail: sales@toolcompany.nl