

Erkundung – Bohrprogramm Bohrung Ittigen-01

Bauherrschaft: Name
12.03.2018

Bohringenieur: Name
Geologe: Name
Projektleitung: Name

Bei diesem Dokument handelt es sich lediglich um ein Beispiel, das als Vorlage für das «Bohrprogramm» für Projekte und Operationen das Bohrenden/die Bohrungen in der Tiefengeothermie betreffend, dienen soll.

Ziel dieses Dokuments ist es, die Kantone bei den Bewilligungsverfahren zu unterstützen und ihnen zu zeigen, was die Bauherrschaft/das Bauunternehmen als Programm für das Bohrenden/die Bohrungen im Rahmen eines Tiefengeothermieprojekts vorlegen könnte. Während des Bohrens / der Operationen an den Bohrungen kann dieses Dokument als Unterstützung für die Überwachung der Tätigkeiten dienen.

Der Detaillierungsgrad eines solchen Dokuments muss den Gefahren und Risiken im Zusammenhang mit dem Abteufen und dem Betrieb der Bohrungen entsprechend angepasst werden. (Eine Bohrung, bei der eine signifikante Wahrscheinlichkeit besteht, auf Erdgas zu stossen, hat zum Beispiel ein sehr unterschiedliches Risikoprofil und Risikomanagement (einen anderen Detailgrad?) als eine nicht rtesische Bohrung).

Der Inhalt dieses Dokuments ist fiktiv und muss durch reale Angaben ersetzt werden.

1	Zusammenfassung	4
1.1	Anwendungsbereich der Arbeiten	4
1.2	Designkriterien – Normen	5
2	Geologie	5
2.1	Bohrlochziele	5
2.2	Beschreibung des geologischen Ziels	5
2.3	Wasser im Untergrund (Trink- und nutzbares Wasser)	7
2.4	Geologische Prognose	7
2.4.1	Lithologie	7
2.4.2	Koordinaten des Ziels	8
2.4.3	Bohrabbruchkriterium (TD criteria)	8
2.4.4	Kohlenwasserstoffe, H ₂ S und CO ₂	9
2.5	Druck- und Temperaturprognose	9
3	Bohrung	10
3.1	Bohrplatz	10
3.1.1	Wahl des Bohrplatzes	10
3.1.2	Plan des Bohrplatzes der Bohrung Ittigen 01	11
3.1.3	Verankerungsrohr	11
3.2	Bohranlage (Bohrgerät)	12
3.3	Bohrlochdesign	12
3.3.1	Allgemein	12
3.3.2	Bohrlochdesign – Basisfall	13
3.4	Verrohrung für unvorhergesehene Fälle	13
3.4.1	Analyse des Verrohrungsdesigns	14
3.4.2	Kick-Toleranz	15
3.4.3	Position der Bohrung und des Bohrziels	15
3.4.4	Position der sekundären Bohrung (falls zutreffend)	16
3.4.5	Spezifikation des Bohrgestänges (Drill Pipe) und Beanspruchungsszenario	18
3.4.6	BOP: Blowout-Preventer (falls zutreffend)	18
3.4.7	Information zum Bohrlochkopf	18
3.4.8	Drucktest BOP und Verrohrung	19
3.4.9	Bohrspülung / Hydraulische Simulation	19
3.4.10	Zementierung	20
3.4.11	Bohrpfad	21
3.4.12	Simulation Torque und Drag	21
3.4.13	Verschleiß der Verrohrung (falls zutreffend)	21
3.4.14	Dauer der Operationen	21
3.5	Details der Operationen	22
3.5.1	Standrohr	22
3.5.2	26"- Abschnitt – 22"- Oberflächen Rohrung (Anker Rohrung)	23
3.5.3	17 ¼" - Abschnitt – 14"- Zwischen Rohrung	24
3.5.4	12 ¼"-Abschnitt – 9 5/8"- Produktionserhöhung	24
3.5.5	8 ½ "-Abschnitt – 7"-Produktionsliner	24
3.5.6	Produktionstest	25
3.5.7	Verfüllung und Aufgabe von Bohrungen (P+A)	26
3.6	Akquisition von Daten – Logging	27
3.6.1	MWD/LWD und Logging	28

3.6.2	Produktionstest	28
3.6.3	Mudlogging	28
3.6.4	Bohrkleinprobe (Cuttings)	28
3.6.5	Probe der Bohrspülung	29
3.6.6	Konventionelle Kernbohrung	29
3.6.7	Laterale Kernbohrung	29
4	Risiko- und Gefahrenmanagement	29
4.1	Schlüsselziele	29
4.2	Risikoanalyse	29
4.3	Abweichungen	29
4.4	Bohrlochbarriere	30
5	Organisation	30

Abkürzungen/Terminologie

MD = measured depth = gemessene Tiefe

TVD = True vertical depth = effektive Vertikalteufe

RKB = Rotary Kelly Bushing = Verbindungsstück zwischen Drehtisch und Kellystange

GL = Ground Level = Bodenhöhe

TD = Total Depth = Gesamttiefe

BOP = Blowout-Preventer

s.g. = standard gravity = Standardschwerkraft (für eine Flüssigkeit: Verhältnis zwischen Dichte der Flüssigkeit und Dichte des Wassers)

Logging = Messungen im Bohrloch, auch Diagrafie genannt

Wireline = Kabel für das Herunterlassen der Ausrüstung in die Bohrung

Liner = in der darüberliegenden Rohr Tour (und nicht am Bohrkopf) verankertes Rohr

Linerkopf = Vorrichtung zur Fixierung des Liners

Packer = Ausrüstung aus Elastomer zur Isolation zwischen zwei Rohrtouren

Kick = nicht kontrollierter Eintritt von Fluiden in ein Bohrloch (Wasser, Gas usw.)

Mudlogging = Messen von Bohrspülungsparametern. Oder allgemeiner: Messen sämtlicher Parameter (Untersuchung Bohrklein, Volumen, Temperaturen, usw.) die in Echtzeit zur Steuerung des Bohrprozesses genutzt werden können

1 Zusammenfassung

Wichtige Angaben zur Bohrung

Name des Bohrlochs: Ittigen-01

Klassifizierung der Bohrung: Erkundung (mit Produktionsoption)

Bohrlochprofil: vertikal / abgelenkt / horizontal usw.

Risikoprofil der Bohrung: mittel

Standort: Grundwasserleiter des Ittigen-Massivs

Kanton: Bern

Gemeinde: Ittigen

Nummer der Forschungs-/Erkundungsbewilligung: 4738901872-MN-GEO-2017

Bauherrschaft: Geothermie Ittigen AG

Bohranlage: POWER COPCO 1370 D – Betreiber: BFE Bohrung AG

Höhe des Bohrplatzes: 432 m über Meer

Distanz Boden–RKB / Erhebung: 9 m

Koordinaten des Bohrlochkopfs:

Geografische Koordinaten:

Breitengrad: 42 Grad 12' 02" N (+ Referenz, ex WGS84)

Längengrad: 7 Grad 01' 31" E

UTM-Koordinaten:

- Nord: 5 118 227 m (UTM-Zone: 32T)

- Ost: 347 647 m

Adresse: Geothermiestrasse 34, 3063 Ittigen, Kanton Bern.

Position des Ziels: um 600 m auf einem Azimut von 42 Grad (N-NE) abgelenkt

Reservoir und Tiefe: Ittigen-Massiv auf 2630 m TVD RKB

Vorgesehene Endtiefe: 3500 m TVD GL

Geologische Formation auf der Gesamttiefe: Ittigen-Massiv / unbekannt

Druck des Bohrlochdesigns: 250 bar

Designtemperatur des Bohrlochs: 150 Grad

Vorgesehene Bohrdauer: 68 Tage

Bohrlochüberblick (ein Beispielschema der Bohrung kann eingefügt werden, welches das Verrohrungsdesign und die entsprechenden Lithologien zeigt. Ein geologischer Schnitt mit der Bohrstrecke kann ebenfalls hinzugefügt werden.)

Quelle: Studie des Geothermie Potenzials des Kantons Waadt (Vuataz et al. 1997)

1.1 Anwendungsbereich der Arbeiten

Die Bohrung Ittigen-01 ist die erste Erkundungsbohrung in der Ittigen-Formation. Sie ist die vierte tiefe Bohrung, die von der Geothermie Ittigen AG in der Schweiz gebohrt wird. Die Bohrung wird vertikal bis zu ihrem Ziel gebohrt. Bei positivem Ergebnis für Temperatur und Produktionsvolumen wird die Erkundungsbohrung in eine Produktionsbohrung umgewandelt.

Dieses Dokument stellt die Bohrtätigkeiten für die Bohrung Ittigen-01 vor:

Vorbereitung des Bohrplatzes (Installation des Bohrgeräts ATLAS COPCO 1370D der Ittigen Bohrung AG)

Bohrtätigkeiten

Akquisition von Daten (Logging)

Produktionstest

Verfüllung und Aufgabe

Option zur Umwandlung in eine Produktionsbohrung

Sollten die Bedingungen im Untergrund von den Prognosen abweichen und zu anderen Operationen und Risiken führen als im Dokument vorgestellt, wird eine Veränderung des Risikomanagements eingeleitet, die den zuständigen Behörden kommuniziert wird (Gemeinde, Kanton, Bund usw.).

1.2 Designkriterien – Normen

Die Vorbereitung des Bohrplatzes erfolgt nach der Norm NZ 2401-2015. Das Design der Bohrlochverrohrung wird nach der Norm NORSOK D-010 umgesetzt.

Die Vorbereitung der Bohrtätigkeiten für die Bohrung entsprechen der Norm WEG Bohrungsintegrität.

Für die seismische Überwachung während der Bohrtätigkeiten kommen die Empfehlungen des Schweizerischen Erdbebendienstes (SED) zum Tragen.

Jegliche Abweichung von diesen Normen wird im vorliegenden Dokument beschrieben.

2 Geologie

Anmerkung: Ziel dieses Kapitels ist es, den zuständigen Behörden ein ausreichendes Verständnis der Bedingungen im Untergrund zu vermitteln, damit sie überprüfen können, ob die Bohrung richtig geplant wird.

2.1 Bohrlochziele

Hauptziele:

- Nachweisen, dass die Produktion des Reservoirs wirtschaftlich tragbar ist
- Bestätigen, dass eine akzeptable Isolation zwischen den untiefen Grundwasserleitern und dem tiefen Grundwasserleiter besteht
- Die seismischen Daten und ihre Interpretation kalibrieren
- usw.

Sekundäre Ziele:

- Das Wärmepotenzial des Grundwasserleiters auf lange Sicht beurteilen
- Die Möglichkeit evaluieren, mit einem akzeptablen Risikoniveau eine hydraulische Stimulation durchzuführen
- usw.

Anmerkung: Die Bohrziele sind in dieser Planungsphase entscheidend. Denn alle darauffolgenden detaillierten Operationen werden zur Erreichung dieser Ziele konzipiert. Ebenso werden bei operativen Veränderungen während der Bohroperationen die nötigen Anpassungen vorgenommen, um diese Ziele zu erreichen.

2.2 Beschreibung des geologischen Ziels

Das Ittigen-Massiv ist eine Sedimentformation aus dem Jura. Sie ist isoliert zwischen....

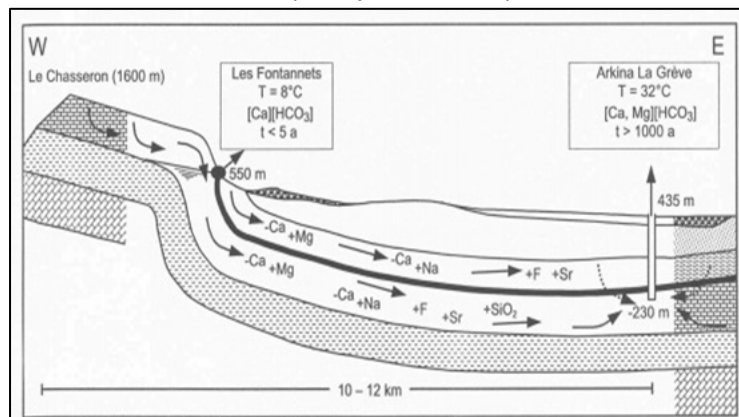
Das Reservoir erstreckt sich auf einer Nord-Süd-Achse mit einer Neigung von 5 bis 9 Grad nach Süden. Im Osten, im System ..., wird mit einer Verbindung zu einem anderen Grundwasserleiter gerechnet.

Aufgrund der geologischen Ereignisse von ... wird ein stark zerklüftetes Reservoir erwartet.

Die Parameter des Reservoirs sind mit einer grossen Unsicherheit behaftet. Allerdings wurde festgestellt, dass die Durchlässigkeit zwischen ... und ... liegen muss.
Der erwartete hohe Temperaturgradient wird durch eine tiefe Fluidzirkulation erzeugt, die aus ... stammt.

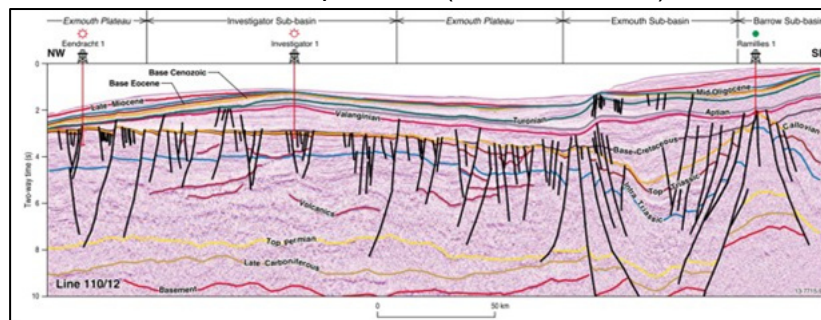
Nachfolgend wird Folgendes vorgestellt:

Eine Illustration des «Konzeptmodells» («Play Concept»)



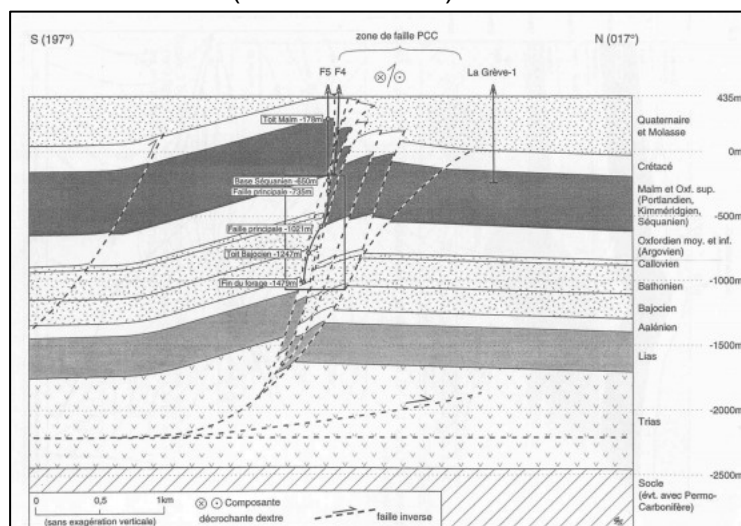
Quelle: Studie des Geothermie Potenzials des Kantons Waadt (Muralt 1999) (Weiteres Beispiel verfügbar unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114003578>)

Ein seismischer Schnitt und seine Interpretation (mit Bohrstrecke):



Quelle: Wikipedia.

Ein geologischer Ost-West-Schnitt (mit Bohrstrecke):



Quelle: Studie des Geothermie Potenzials des Kantons Waadt (Vuataz et al. 1999).

Folgende Punkte könnten ebenfalls berücksichtigt werden:

- Die Wahrscheinlichkeit, auf die spezifischen Parameter des Grundwasserleiters zu stossen.
- Die Unsicherheiten im Zusammenhang mit dem Reservoir und den angrenzenden Formationen.

2.3 Wasser im Untergrund (Trink- und nutzbares Wasser)

Bemerkung: Ziel dieses Absatzes ist es, aufzuzeigen, dass die notwendigen Erwägungen und Vorkehrungen angewandt wurden, um das Wasser im Untergrund zu schützen, und dass die Gefahren und die Risiken identifiziert wurden.

Folgende Ressourcen an Trinkwasser und nutzbarem Wasser wurden ermittelt:

- Grundwasserleiter von Bern in einer Tiefe von ...
- Grundwasserleiter von Ittigen in einer Tiefe von ...
- Sie werden mit folgenden Massnahmen geschützt:
- Sammeln aller auf der Bohrplattform aus Beton vorhandenen Flüssigkeiten.
- Lagerung aller gefährlichen Chemikalien in einem spezifischen Bereich mit Sicherheitsbehälter.
- Die Verwendung von kompatiblen (nicht verschmutzenden) Flüssigkeiten beim Durchbohren dieser Grundwasserleiter.
- Isolation dieser Grundwasserleiter durch eine vollständige Zementierung der Verrohrung. Überprüfung dieser Zementierung durch ein azimutales CBL-Logging (Cement Bond Log)
- usw.

Die einzigen Flüssigkeiten, die in die Umwelt abgeleitet werden, sind:

- Niederschlagswasser
- Wasser aus Produktionstests, sofern es die Umwelt nicht kontaminieren kann. Es wird gemäss den Regeln von Gemeinden, Kantonen und Bund abgeleitet.

Jegliche andere Flüssigkeit, die in die Umwelt gelangt, wird als Unfall betrachtet.

Der Umgang mit diesen Unfällen erfolgt gemäss der «Risikomanagementstrategie» der Geothermie Ittigen AG.

Folgende Punkte könnten ebenfalls berücksichtigt werden:

- Verweise auf die Bereiche Au, Zu, Ao, Zo (GSchV, SR 814.201).

2.4 Geologische Prognose

2.4.1 Lithologie

Die Bohrung trifft in den ersten 55 m auf die Sedimente der Aare, anschliessend zwischen 50 und 390 m auf Ton, zwischen 390 und 550 m auf Kalkstein mit feinen Schieferschichten.

...

...

...

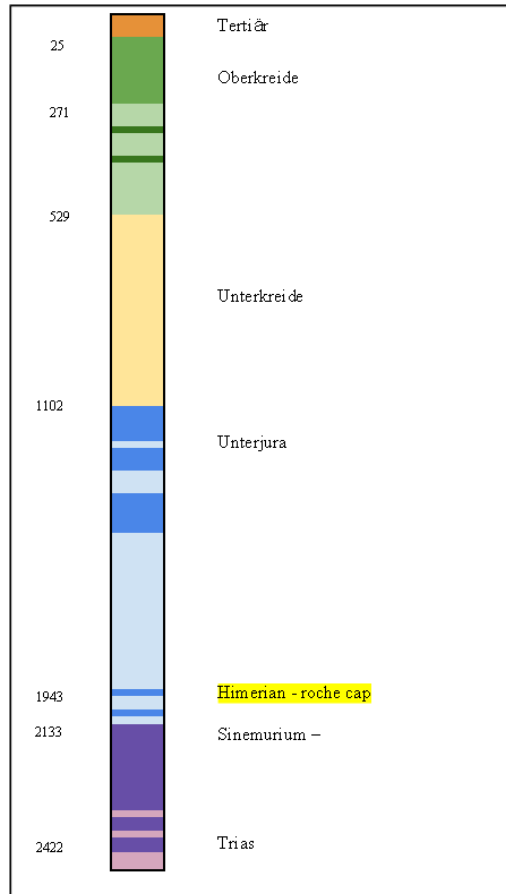
...

Die Art des Gesteins, die beim Bohren angetroffen wird, kann vorgestellt werden, ebenso die Ungewissheiten, die die Bohroperationen beeinträchtigen könnten (Härte des Gesteins, grössere Brüche, Klüftungen, Instabilitäten)

Folgende Punkte könnten ebenfalls in Betracht gezogen werden:

- Die Korrelationen mit seismischen Markern.

Eine Zusammenfassung der erwarteten Lithologie in einer Tabelle oder einem Schema.



2.4.2 Koordinaten des Ziels

Nord: 5 118 227 m (UTM-Zone: 32T)

Ost: 347 647 m

Tiefe: 3300 m TVD GL

Grösse des geologischen Ziels:

- Kreis mit 100 m Durchmesser (auf horizontaler Ebene) auf 3300 m TVD RKB im Reservoir.

2.4.3 Bohrabbruchkriterium (TD criteria)

Das Bohren des Bohrlochs wird eingestellt, sobald eines der folgenden Kriterien erfüllt ist:

- Eine Tiefe von 3800 m TVD RKB ist erreicht
- Die Parameter des Reservoirs eine ausreichende Durchlässigkeit und eine ausreichende Temperatur aufweisen
- Die Bohrarbeiten länger als 94 Tage gedauert haben

2.4.4 Kohlenwasserstoffe, H₂S und CO₂

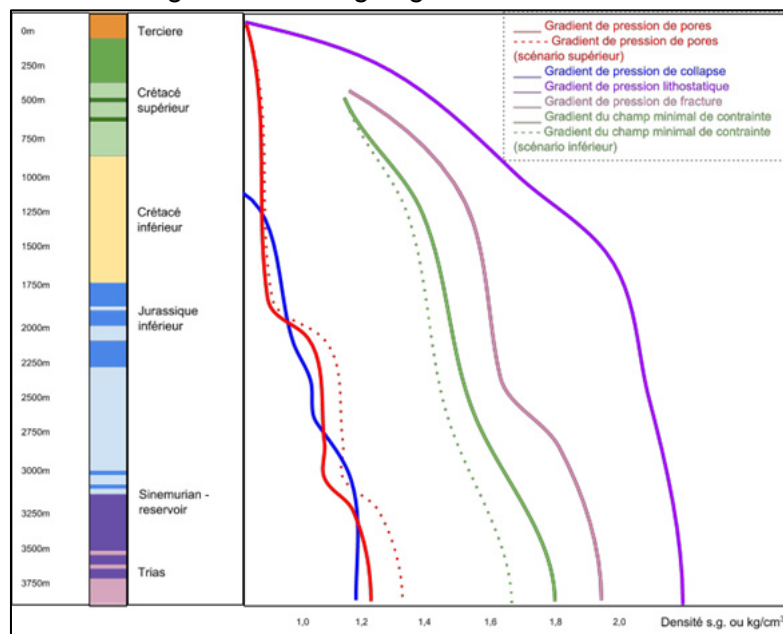
Es besteht ein Risiko, dass in der Formation des Matterhorns auf 2100 m TVD RKB eine schwache Konzentration von H₂S angetroffen werden kann.

In der Bohrung werden in Anbetracht der Ergebnisse der Referenzbohrungen weder CO₂ noch Kohlenwasserstoffe erwartet.

Die notwendigen Vorkehrungen für das Durchbohren von Gestein mit einem H₂S-Risiko werden ab 2000 m TVD RKB und tiefer getroffen.

2.5 Druck- und Temperaturprognose

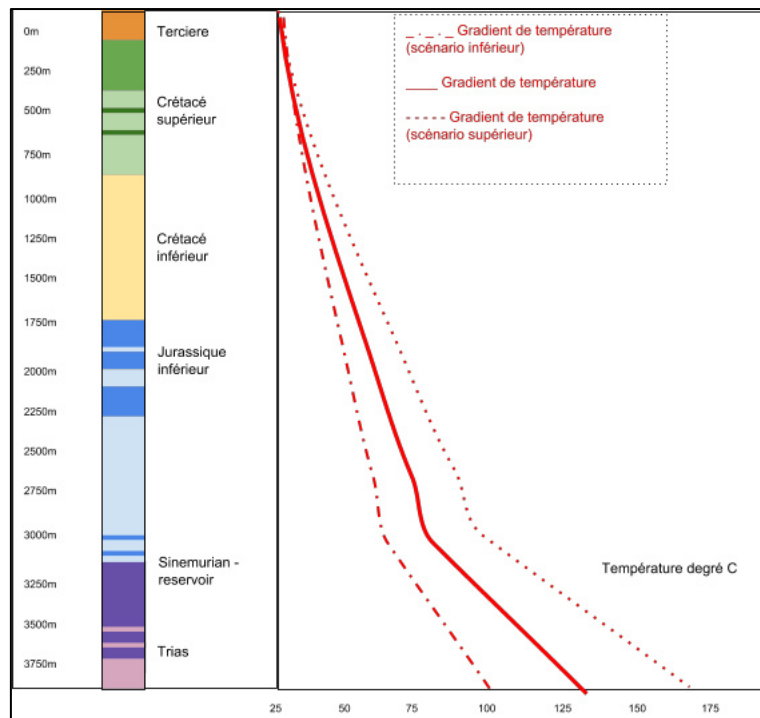
Druckprognose über die Länge der Bohrung Ittigen 01



Folgende Punkte könnten ebenfalls berücksichtigt werden:

- Kontext und Aufbau der Druckprognose
- Die Ungewissheiten im Hinblick auf die Prognose von
- Porendruck
- Aufreißdruck (Fracdruck)
- Kollaps Druck
- Minimalem Druck des Spannungsfelds
- Daten die für die Erstellung dieser Prognose verwendet wurden:
- Druckwerte, die für das Bohrlochdesign und für die Bohroperationen verwendet werden müssen
- In einigen Fällen können bestimmte Druckgradienten mit ihren Unsicherheiten vorgelegt werden: tieferes Szenario / höheres Szenario.

Temperaturprognose über die Länge der Bohrung Ittigen 01



Folgende Punkte könnten ebenfalls berücksichtigt werden:

- Kontext, Unsicherheiten und Aufbau der Temperaturprognose
- Daten, die für die Erstellung dieser Prognose verwendet wurden
- Temperaturwerte, die für das Bohrlochdesign und für die Bohroperationen verwendet werden müssen
- In einigen Fällen kann der Temperaturgradient mit seinen Unsicherheiten vorgelegt werden: tieferes Szenario / höheres Szenario

3 Bohrung

3.1 Bohrplatz

Für mehr Details wird auf die Bewilligung für die Herrichtung des Bohrplatzes verwiesen.

3.1.1 Wahl des Bohrplatzes

Der gewählte Standort befindet sich auf einem Grundstück, das xxxx gehört und in der Gemeinde Ittigen im Kanton Bern liegt. Die Position befindet sich an der Kreuzung der Mühlestrasse und der Papiermühlestrasse in der Nähe der östlichen Grenze der Gemeinde.

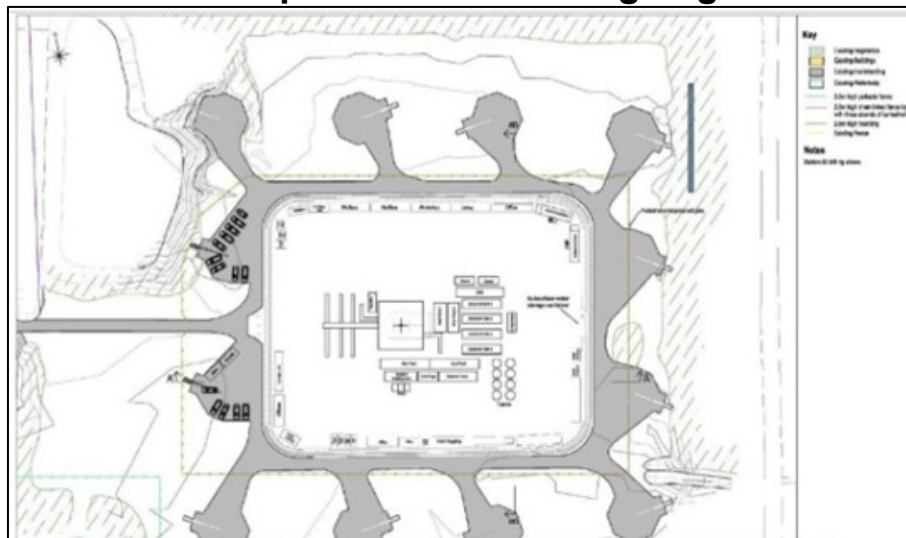
Dieser Standort wurde wegen folgender Vorteile gewählt:

- Vorhandene Beton- und Bodenstruktur mit grosser geotechnischer Kapazität (alter Industriestandort)
- Keine direkten Nachbarn (nächste Wohnung in 2,4 km Distanz)
- Vorhandensein eines Waldes zwischen dem Bohrplatz und den nächstgelegenen Wohnungen (Beschränkung der Lärm- und Lichtbelastung)
- Vorhandensein von zwei Zugangsstrassen zum Bohrplatz, ausgelegt für den Schwerverkehr.

Einschränkungen des Standorts:

- Die Vorbereitungsarbeiten am Standort wurden mit 13 Wochen veranschlagt:

- ### 3.1.2 Plan des Bohrplatzes der Bohrung Ittigen 01



Beispiel für einen Bohrplatzplan. Quelle: drillordrop.com/2013/10/05

- Die Zone der Betonplattform mit Drainagesystem.
- Die Zone der Betonplattform ohne Drainagesystem
- Den Bereich, in dem die Vegetation entfernt wird
- Die Position der Bohrspültanks und deren Kapazität
- Die Zugangsstrasse
- usw.

3.1.3 Verankerungsrohr

Sollte ein Standrohr vor der Installation der Bohranlage (z. B. mit einem Pfahlhammer) installiert werden, kann der Vorgang, die Risiken und die gewählten Vorkehrungen in diesem Absatz beschrieben werden.

3.2 Bohranlage (Bohrgerät)

Folgende Mindestkriterien wurden für die Bohranlage festgelegt:

- Nutzlast: 150 Tonnen
- Pumpkapazität: 2400 l/min
- Funktionsdruck BOP (Blowout-Preventer): 350 bar
- Energieversorgung: Dieselmotor mit Backup (2,5 MW)
- Zugang: Für die Beförderung des Bohrturms über die Brücke, die sich 1 km nördlich des Bohrplatzes befindet, braucht es einen Sondertransport.

Folgende Punkte könnten ebenfalls berücksichtigt werden:

- Auswirkungen der Bohranlage auf die Umgebung (Position der Kräne und bestehender Strukturen, Einschränkung des Luftraums usw.)

3.3 Bohrlochdesign

3.3.1 Allgemein

Strategie für das Bohrlochdesign

Wegen des Erkundungscharakters der Bohrung und der grossen geologischen Unsicherheiten wurde ein solides und flexibles Bohrlochdesign gewählt: Es bietet die Möglichkeit, bei Bedarf auch während des Bohrprozesses zusätzliche Verrohrungen zu installieren, um so auf Unvorhergesehenes zu reagieren.

Druckanforderungen an das Bohrlochdesign

Der Druck des Bohrlochdesigns (maximaler Druck, der an der Oberfläche in allen möglichen Szenarios erwartet werden kann), wurde mit 350 bar veranschlagt.

Basierend auf einem maximalen Reservoir druck (von 1,8 s.g.) auf der geringstmöglichen erwarteten Tiefe (2050 m TVD RKB), unter Annahme einer vollständig mit einem Fluid in gasförmigem Aggregatzustand (z. B. Wasserdampf oder Erdgasdampf oder usw. mit einer Dichte von 0,03 s.g.) gefüllten Bohrung.

Referenzbohrung für das Design

Das Verrohrungsdesign der Bohrungen basiert auf ähnlichen Bohrungen und auf der Erfahrung, die die Geothermie Ittigen AG bei ähnlichen Projekten gesammelt hat.

Folgende Referenzbohrungen wurden für das Design hinzugezogen:

- 22 km im Südosten gelegenes Erkundungsbohrung. Bohrung VD-12324235-HGUD-23
- 4 Bohrungen der Tiefengeothermie in der Region München, Deutschland (Name der Bohrungen usw.)
- 2 Geothermie Bohrungen in der Region Strassburg, Frankreich (Name der Bohrungen usw.)
- usw.

Die Beschränkungen in Bezug auf die Referenzbohrungen können hier ebenfalls beschrieben werden.

Überprüfungsberechnung

Um das Bohrlochdesign zu überprüfen, wurden Toleranzanalysen für einen «Kick» und eine Beanspruchungsberechnung durchgeführt.

3.3.2 Bohrlochdesign – Basisfall

Die folgenden Rohrtouren werden in der Bohrung installiert:

- 36"-Standrohr
- 22"-Oberflächenrohrtour (Ankerrohrtour)
- 18"-Zwischenrohrtour
- 14"-Zwischenrohrtour
- 9 5/8"-Produktionsrohrtour
- 7"-Produktionsliner

Tabelle: Spezifikationen und Installationstiefen der Verrohrung.

Offenes Bohrloch	Nennendurchmesser Rohr Zoll	Materialqualität (Grade)	Gewicht (lbs/ft)	Verbindungsart	Intervall MD RKB	«Float Shoe»	«Shoe Track» (Rohrschuhbereich)
36" (Pfahl-Maschine)	36"	X-56	552	D90	6–36 m	n.z.	n.z.
26"	22"	X-80	224,21	DQ S-90	6–380 m	ja	24 m (2 Verbindungsstellen)
20"	18 5/8"	L-80	94,5	Big Omega	320–530 m	ja	48 m (4 Verbindungsstellen)
17 1/4"	14"	Q-125	114	Vam SLJII	6–1720 m	ja	200 m
12 1/4"	9 5/8"	P-110	62,8	Vam Top	6–2480 m	ja	200 m
8 1/2"	7"	P-110		Vam Top	2420–2800 m	ja	200 m

3.4 Verrohrung für unvorhergesehene Fälle

Folgende Rohre werden vorbereitet und stehen für Unvorhergesehenes zur Verfügung:

- 16"-Liner
- 11 3/4"-Liner
- 7 5/8"-Liner

Diese Rohre können bei starkem Bohrspülungsverlust und zur Isolation der Verlustzone installiert werden. Alternativ können diese Rohre bei einer schwierigen Bohrbedingungen in einer instabilen Zone installiert werden, um eine Isolation dieser Formationen zu garantieren.

Folgender Punkt könnte ebenfalls in Betracht gezogen werden:

- Ein Entscheidungsbaum kann eingefügt werden, um die Kriterien und die Bedingungen für die Entscheidung zur Installation eines dieser Rohre zu belegen.

3.4.1 Analyse des Verrohrungsdesigns

Das Verrohrungsdesign wurde unter Beachtung der Sicherheitskoeffizienten der Norm WEG Bohrungsintegrität für die Parameter Axial-, Berst-, Kollaps- und Triaxial Beanspruchung realisiert.

Für die Analyse wurde die Software xxxx verwendet.

Folgende Beanspruchungsszenarios wurden für die verschiedenen Rohrtouren berücksichtigt:

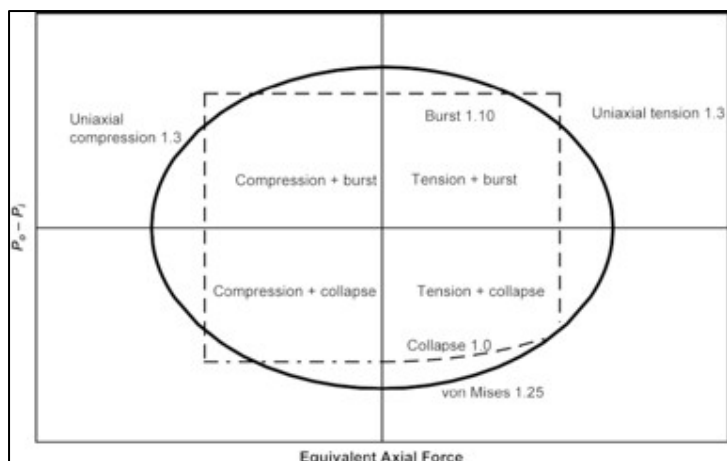
- 36"-Standrohr: Einrammen
- 22"-Rohrtour: Einbringung in die Bohrung / Zementierung / Drucktest
- 18"-Rohrtour: Einbringung in die Bohrung / Zementierung / Drucktest / Spülungsverluste im Bohrloch
- 14"-Rohrtour: Einbringen in die Bohrung Loch / Zementierung / Drucktest / Spülungsverluste im Bohrloch / Eintritt von Dampf
- 9 5/8"-Rohr Tour: Einbringen in die Bohrung Loch / Zementierung / Drucktest / Spülungsverluste im Bohrloch
- / Eintritt von Dampf
- 7"-Liner: Einbringen in die Bohrung / Zementierung / Drucktest / Eintritt von Dampf

Tabelle: Verrohrung und ihre Sicherheitskoeffizienten

Rohr Tour	Gewicht und Materialqualität (Grade)	Verbindung	Tiefe	Sicherheitskoeffizient – Explosion	Sicherheitskoeffizient – Kollaps	Sicherheitskoeffizient – axial	Sicherheitskoeffizient – triaxial
22"	226ppf P- 110	Tenaris ER	0– 800 m MD RKB	1,74	8,3	3,62	2,16
18"	119 ppf Q-125	Hydril 511	0–1200 m MD RKB	4,1	1,86	3,07	4,1
14"	112,6 ppf SM125S	Vam Top	0– 1900 m MD RKB	2,12	8,5	4,44	2,97
usw.							

Folgende Parameter könnten ebenfalls in Betracht gezogen werden:

- Das Knickrisiko («Buckling») und die entsprechenden Simulationen.
- Grafische Darstellung der Beanspruchungsszenarios (Axialbeanspruchung vs. Differenzdruck)
-



3.4.2 Kick-Toleranz

Da ein Risiko besteht auf Kohlenwasserstoffe zu stossen, wurden die Kick-Toleranzen für die Bohrabschnitte unterhalb von 310 m TVD RKB berechnet.

Die Berechnung beruht auf den Kriterien der Norm NORSOK D-010 Rev.3.

Tabelle: Bohrabschnitte und die zugehörigen Kick-Toleranzen

Grösse des offenen Bohrlochs	Intervall	Dichte der Bohrspülung	Spannungsfeld FIT/LOT	Maximaler/Erwarteter Porendruck	Maximaler/Erwarteter Aufreißdruck (Fracdruck)	Kick-Toleranz
36"	0–30 m MD RKB	1,05 s.g.	n.z.	n.z.	n.z.	n.z.
26"	30–310 m MD RKB	1,05 s.g.	n.z.	n.z.	n.z.	n.z.
17 ½"	310–820 m MD RKB	1,15 s.g.	1,22 s.g.	1,1 s.g. / 1,03 s.g.	1,32 s.g. / 1,25 s.g.	unendlich
12 ¼"	820–1500 m MD RKB	1,3sg	1,38 s.g.	1,25 s.g. / 1,10 s.g.	1,46 s.g. / 1,38 s.g.	14 m3
usw.						

Folgende Punkte könnten ebenfalls berücksichtigt werden:

- Risiko des Eintritts (Kick) von Wasser aus der artesischen geologischen Formation (auch in vorherigen Abschnitten)
- Risiko des Eintritts (Kick) von Kohlenwasserstoffen (auch in vorherigen Abschnitten)
- Risiko der Wasserdampfbildung bei hoher Temperatur
- Verwendung von Techniken/spezifischen Instrumenten für die Feststellung von Eintritt (Kick)
- usw.

3.4.3 Position der Bohrung und des Bohrziels

Position der Bohrung:

Geografische Koordinaten:

- Breitengrad: 42 Grad 12' 02" N (+ Referenz, ex WGS84)
- Längengrad: 7 Grad 01' 31" E
- UTM-Koordinaten:
- Nord: 5 118 227 m (UTM-Zone: 32T)
- Ost: 347 647 m

Adresse: Geothermiestrasse 34, 3063 Ittigen, Kanton Bern.

Position des Bohrlochkopfs:

- UTM-Koordinaten:
- Nord: 5 118 227 m (UTM-Zone: 32T)
- Ost: 347 647 m
- Tiefe: 3300 m TVD GL

Toleranz des Ziels:

Die Toleranz des Ziels hat die Form einer horizontalen Ellipse mit den Parametern 20 m / 120 m.

Folgende Parameter könnten ebenfalls in Betracht gezogen werden:

- Die Grösse der Toleranz des Bohrziels gegenüber der Grösse des geologischen Ziels der Bohrung. Das Risiko, das geologische Ziel nicht zu erreichen.

3.4.4 Position der sekundären Bohrung (falls zutreffend)

Sollten die Risiken beim Bohren der ersten Abschnitte es erfordern einen sekundären Standort für eine Bohrung festzulegen, kann dieser hier vorgestellt werden.

Beispiel: 200 m südlich der Lage der Bohrung.

3.4.4.1 Kommunikation mit den Behörden (falls zutreffend)

Anmerkung: Dieser Absatz soll die Kommunikation und die Einbindung der kantonalen und kommunalen Behörden bei einem Zwischenfall erklären.

Während der gesamten in diesem Dokument beschriebenen Operationen werden Zwischenfälle wie folgt erfasst, klassifiziert und behandelt:

- Bei allen Zwischenfällen mit geringer Tragweite (sehr kleine Verletzungen, auf den Bohrplatz beschränktes Risiko, keine Bedrohung für die Umwelt und für die Bevölkerung) wird eine interne Untersuchung durchgeführt, um den Unfall zu analysieren und die daraus gewonnen Erkenntnisse festzuhalten.
- Bei Zwischenfällen mit mittlerer Tragweite (ernste Verletzungen, auf einen Bereich um den Bohrplatz beschränktes Risiko, beschränktes Risiko für die Bevölkerung und die Umwelt) werden die kommunalen und die kantonalen Behörden innerhalb von 12 Stunden nach dem Zwischenfall informiert. Eine interne Untersuchung wird durchgeführt, um den Unfall zu analysieren und die daraus gewonnenen Erkenntnisse festzuhalten. Die kommunalen und die kantonalen Behörden werden über die Schlussfolgerungen informiert.
- Bei Unfällen mit grosser Tragweite (Todesrisiko, auf einen grossen Bereich ausgedehntes Risiko, beträchtliches Risiko für die Bevölkerung und die Umwelt) werden die kommunalen und die kantonalen Behörden sofort informiert. Kann die Situation am Bohrplatz stabil gehalten werden, werden die Entscheidungen in Abstimmung mit den kommunalen und den kantonalen Behörden getroffen. Ist die Situation am Bohrplatz instabil, werden Sicherheitsmassnahmen so schnell wie möglich ergriffen.

Bei Zwischenfällen mit mittlerer oder grosser Tragweite ist vorgesehen, andere Geothermie Bauherren in der Schweiz, in Frankreich, Deutschland und Italien als Unterstützung heranzuziehen, um sicherzustellen, dass die sichersten Entscheidungen getroffen werden.

3.4.4.2 Beschränkung Zugang/Wetter (falls zutreffend)

Um einen sicheren Zugang zum Bohrplatz zu gewährleisten und wegen der Witterungsbedingungen wurde festgelegt, dass zwischen Dezember und Februar keine Bohrarbeiten stattfinden. So darf das vorgesehene Enddatum der Bohrarbeiten, plus einen Monat, nicht nach dem 1. Dezember liegen.

3.4.4.3 Notbohrung / Vorhandensein einer Bohranlage / Logistik (falls zutreffend)

Anmerkung: In diesem Absatz sollen die Erwägungen zu Notbohrungen beschrieben werden und nachweisen, dass eine Notbohrung ohne zusätzliche Komplexität und ohne zusätzliche Risiken gebohrt werden kann.

In einem Radius von 3 km rund um den Bohrplatz wurden mehrere Standorte ermittelt, die sich für das Bohren einer Notbohrung eignen (Sportplatz, Brachfläche, verlassener Standort). Die Standorte befinden sich alle im Besitz der Gemeinde Ittigen und verfügen über Zugangsstrassen.

Die Bohrstrecken der Notbohrungen wurden überprüft und weisen keine besonderen Schwierigkeiten auf.

Die Verfügbarkeit der Bohranlage für die Durchführung der Notbohrungen wurde überprüft. In Deutschland stünden über 3 Einheiten zur Verfügung, die Mobilisierung könnte in 6 Tagen erfolgen. Alle anderen Subunternehmer, die für die Erstellung einer Notbohrung erforderlich wären, haben ihre Verfügbarkeit innerhalb von 4 Tagen bestätigt.

Folgende Parameter könnten ebenfalls in Betracht gezogen werden:

- Limitierung des Bohrplatzes für die Notbohrungen
- Machbarkeit von Notbohrungen

3.4.4.4 Auswirkungen bei einem Bohrlochkontrollverlust (falls zutreffend)

Für den sehr unwahrscheinlichen und extremen Fall eines totalen Verlusts der Kontrolle über die Bohrung haben die Reservoir Simulationen ein beschränktes artesisches Verhalten gezeigt mit einem Produktionsvolumen am Ausgang der Bohrung von:

- höchstens 1 m³/min über 3 Tagen
- gefolgt von 0,5 m³/min über 2 Tagen
- gefolgt von einem vernachlässigbaren Volumenstrom

Das im schlimmsten Fall (Worst-Case-Szenario) austretende Volumen würde rund 5000 m³ betragen.

Ein solches Produktionsvolumen sollte mit den Anlagen des Bohrplatzes kontrollierbar sein (Auffangen durch das Drainagesystem und durch ein Notpumpensystem) und nur zu einem beschränkten Abfluß in die Umwelt führen.

Die schädlichste Zusammensetzung wäre ein Abfluß mit einem CO₂-Niveau von 4000 ppm und einem Sulfid-Niveau von 2000 ppm. Obwohl es sich dabei um hohe Konzentrationen handelt, werden ihre Auswirkungen auf die Umwelt als begrenzt eingestuft. Sie könnten

Agrarland 2 Jahre lang beeinträchtigen.

Die Trinkwassergrundwasserleiter der Region sind tief und sollten in einer solchen Situation nicht tangiert werden.

Folgende Parameter könnten ebenfalls in Betracht gezogen werden:

- Produktionsvolumen am Ausgang der Bohrung, wenn das Risiko des Vorhandenseins von Kohlenwasserstoffen besteht
- Verfügbare Notlösungen zur Bewältigung einer Situation mit Kontrollverlust der Bohrung.

3.4.5 Spezifikation des Bohrgestänges (Drill Pipe) und Beanspruchungsszenario

Hier kann das eingesetzte Bohrgestänge beschrieben werden.

AEs kann ebenfalls auf die Beanspruchung des Bohrgestänges («Torque and Drag») bei jeder Operation eingegangen werden (Bohren, Zementierung, Komplettierung usw.).

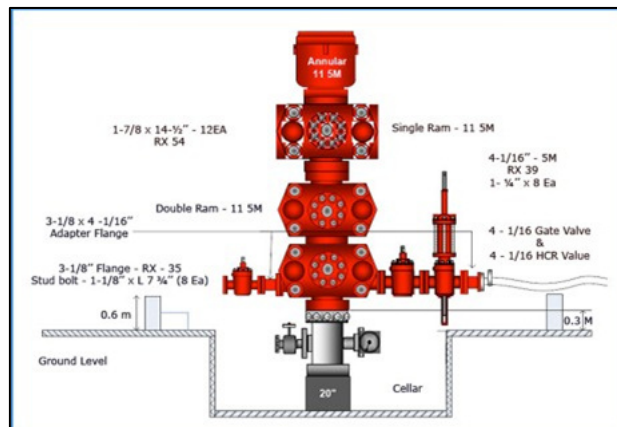
3.4.6 BOP: Blowout-Preventer (falls zutreffend)

Für Bohrarbeiten, die unterhalb von 310 m TVD RKB stattfinden, wird ein Blowout-Preventer (BOP) installiert.

Beim verwendeten BOP handelt es sich um ein Modell xxxxx des Herstellers xxxx, das für einen Betrieb bis zu 345 bar (5000 psi) ausgelegt ist.

Ein Schema des BOP wird nachfolgend angehängt mit:

- Anschluss Typ
- Innendurchmesser
- Art des Preventers (BOP-Schneiden)
- usw.

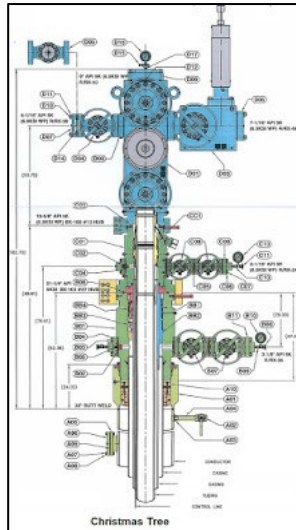


Quelle: asiadrilling.net

3.4.7 Information zum Bohrlochkopf

Die Spezifikationen des Bohrlochkopfs:

- Innendurchmesser: 16"
- Maximaler Betriebsdruck: 345 bar (5000 psi)
- Anschluss Typ: API-Typ xxxx
- ...



Quelle: www.thepiping.com

3.4.8 Drucktest BOP und Verrohrung

Der BOP wird gemäss den Anweisungen des Herstellers getestet. Die Testhäufigkeit entspricht der Norm NORSOK D-010 Rev.3, wie nachfolgend zusammengefasst:

- BOP (Ringraum / Gestänge / Schabracken / «Choke»- und «Kill»-Ventil)
 - Drucktest der Installation / zu Beginn jedes Abschnitts / alle 14 Tage
 - Drucktest der Installation mit dem Auslegung Druckes Bohrlochdesigns/ dem Auslegung Druckes Abschnitts bei Beginn jedes Abschnitts
 - Funktionstest alle 7 Tage
- «Choke»- und «Kill»-Leitungen:
 - Drucktest der Installation / zu Beginn jedes Abschnitts / alle 14 Tage
 - Drucktest der Installation mit dem Auslegungsdruck des Bohrlochdesigns/ dem Auslegungsdruck des Abschnitts bei Beginn jedes Abschnitts.

Die Verrohrung wird bei der Installation bis zum Designdruck des folgenden Abschnitts getestet:

- 36" Standrohr – 10 bar
- 22" Oberflächen Rohrung (Anker Rohrung) – 80 bar
- 18" – Zwischen Rohrung – 80 bar
- 14" – Zwischen Rohrung – 80 bar
- 9 5/8" - Produktionserhöhung – 250 bar (Designdruck der Bohrung)
- 7" – Produktionsliner – 250 bar (Designdruck der Bohrung)

Bei jedem 20-minütigen Test ist ein Druckabfall von 2 % akzeptabel, um der Kompressibilität und der in den Leitungen eingeschlossenen Luft Rechnung zu tragen. Der Druckverlauf muss ebenfalls eine asymptotische Tendenz aufweisen.

3.4.9 Bohrspülung / Hydraulische Simulation

Die Tabelle zeigt die Details zu den beim Bohren verwendeten Bohrspülungen Die

Anforderungen und die daraus resultierende Zusammensetzung der Bohrspülung wurden zusammen mit dem Subunternehmer xxx erarbeitet.

Section 16"										Volume	m3	matériaux	kg
profondeur	densité	FV sec/cgt	3rpm	API ml	pH					Tubage	48	Bentonite	244000
										Trou nu	135	Barite	557000
1600	1,30	>100	>15	<10	8-9,5					Mix de nettoyage	160	Soda Ash	345
2091										V de déplacement	202	Caustic Soda	345
										Total	3420	Eau	1,09 10 ⁶
Commentaire: Cette section sera forée avec de l'eau clair et mixture de forte densité pour nettoyer les déblais. Une boue de 1,4 s.g. sera prête en parallèle en cas de surpression.													
Section 12 1/2"										Volume	m3	matériaux	kg
profondeur	densité	PV s/g	YP	3rpm	Gels 10min Pa	E stab	CI (WP) g/hr	IGS %	OW	Surface	80	Barite	133000
										Tubage	96	Cal Chloride	31000
										Trou nu	47	Durston	200
2091	1,08	ALAP	20-30	8-14	<20		<5	>700	>160	Dilution	52	EZsol	300
3300										Reserve	20	Gelstone	1230
										Total	792	Lime	452
												ALKane	502
												Eau	1,8 10 ⁶
Commentaire: Cette section sera forée avec un boue Alkam SOB 1,08 s.g. La boue sera traitée et conditionnée avant de forer la base du tubage précédent. En cas de besoin, des pré-mix seront pompé directement dans le système actif. Il sera évité de pomper de large volume de "base oil" directement dans le système actif. La boue sera vérifiée périodiquement au tamis pour éviter l'accumulation de particules solides.													

usw.

Für jeden Abschnitt wurden hydraulische Simulationen durchgeführt. Bis auf den 8 1/2"-Abschnitt zeigen alle Abschnitte eine ausreichende Überdrucktoleranz, um dem durch die Bewegung des Gestänges in der Bohrung erzeugten Kolbeneffekt sowie dem durch Bohrspülungszirkulation erzeugten Überdruck Rechnung zu tragen.

In Bezug, auf den durch die Bewegung des Gestänges in der Bohrung erzeugten, Kolbeneffekts ergaben die Simulationen für den 8 1/2"-Abschnitt eine unzureichende Überdrucktoleranz Die Bewegungsgeschwindigkeit des Bohrstranges in der Bohrung muss jederzeit < 0,3 m/s sein, wenn sich der Bohrstrang im offenen Bohrloch befindet, und <0,7 m/s, wenn sich der Strang in der vorherigen Verrohrung befindet.

Folgende Parameter könnten ebenfalls in Betracht gezogen werden:

- Strategie für Bohrspülungen / spezifische Risiken (erhebliche Verluste, spezielle Bohrspülungszusätze)
- Detaillierte Ergebnisse der hydraulischen Simulationen

3.4.10 Zementierung

Die folgende Tabelle zeigt das Programm der Zementierung, das gemeinsam mit dem Subunternehmer xxx ausgearbeitet wurde.

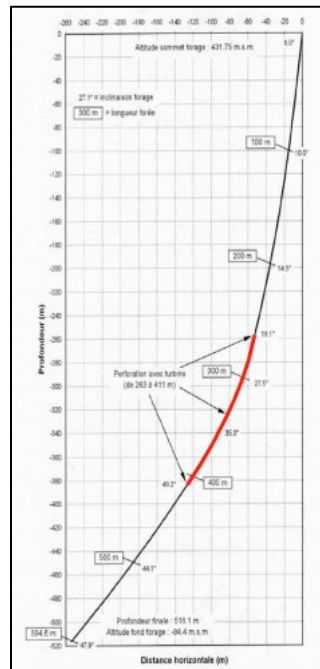
Tubage de surface 20"		
Tubage 20"	0 - 480m	
Ciment de tête	12,5 ppg / 1,51 cuft/sk	
Ciment de traine	16,2 ppg / 1,1 cuft/sk	
tête avec 0% excess	241,9 bbl	
50m avec 100% excess	80 bbl	
placement	70 bbl	
Pompage ciment de tête / de traine	100l/min et 70l/min	
Composition du ciment de tête	Xxxxx, CaCl xxx, xxxxx barite...	
Composition du ciment de traine	Xxxxx, CaCl xxx, xxxxx barite...	
Tubage de surface 20"		
Tubage 20"	0 - 900m	
Ciment de tête	13,5 ppg / 1,42 cuft/sk	
Ciment de traine	16,2 ppg / 1,42 cuft/sk	
tête avec 100% excess	259 bbl	
Traine avec 50% excess	192 bbl	
placement	530 bbl	
Pompage ciment de tête / de traine	100l/min et 70l/min	
Composition du ciment de tête	Xxxxx, CaCl xxx, xxxxx barite...	
Composition du ciment de traine	Xxxxx, CaCl xxx, xxxxx barite...	
Tubage intermédiaire de 14"		
etc...		

Folgende Parameter könnten ebenfalls in Betracht gezogen werden:

- Strategie für die Zementierung / spezifische Risiken (Spezialzemente, Stufenzementierung usw.)
- Die Ergebnisse der Simulation der Zementierung.

3.4.11 Bohrpfad

Die folgende Grafik zeigt den Richtbohrpfad. Ein detaillierter Pfad wird den Behörden auch in elektronischer Form bereitgestellt.



Quelle: Studie des Geothermie Potenzials des Kantons Waadt (Berli und Pingel 1994).

Folgende Parameter könnten ebenfalls in Betracht gezogen werden:

- Besondere Massnahmen, um eine Kollision zwischen Bohrungen zu verhindern.
- Besondere Risiken in der Verbindung mit den Richtbohren.

3.4.12 Simulation Torque und Drag

Hier können die Ergebnisse der Simulationen von Drehmoment (torque) und Zug (drag), denen der Bohrstrang bei jeder Operation in der Bohrung ausgesetzt ist, dargestellt.

Die Risiken oder die entsprechenden Einschränkungen können hier ebenfalls beschrieben werden.

3.4.13 Verschleiß der Verrohrung (falls zutreffend)

In diesem Absatz können die Simulationen von Verrohrungsverschleiß und deren Ergebnisse beschrieben werden.

3.4.14 Dauer der Operationen

Dieser Absatz beschreibt die Abschätzung der Dauer der auszuführen Operationen, die bestehenden Unsicherheiten und die Solidität dieser Abschätzung.

Die geschätzte Dauer der Operationen wird in der folgenden Tabelle dargestellt. Für diese Schätzung wurden die Daten von folgenden Referenzbohrungen benutzt:

Die Bohrungen xxx und xxxx im Pariser Becken

Die Kalksteinbohrungen von über 2000 m in Europa aus der Datenbank xxxx

USW.

Bohrung Ittigen-01 – geschätzte Dauer der Operationen	(Tage)		
	P10	P50	P90
Operationen			
Vorbereitung	1,74	2,32	2,91
Vorbohrung	1,53	2,45	3,63
36"-Abschnitt	2,67	5,49	8,26
26"-Abschnitt	7,62	12,89	18,04
17 1/2"-Abschnitt	7,58	10,27	13,37
12 1/4"-Abschnitt	5,53	10,15	13,46
P+A	6,74	11,22	16,02
TOTAL	45,6	60,8	76,9

Die Dauer der Operationen wurde unter Anwendung eines probabilistischen Ansatzes geschätzt, um ein Unsicherheitsintervall erfassen zu können.

- P10 bedeutet, dass 10 % der Fälle unter dieser Dauer liegen (das heisst nicht, dass diese Dauer mit 10%iger Wahrscheinlichkeit eintritt)
- P50 bedeutet, dass 50 % der Fälle unter dieser Dauer liegen (das heisst nicht, dass diese Dauer mit 50%iger Wahrscheinlichkeit eintritt)
- P90 bedeutet, dass 90 % der Fälle unter dieser Dauer liegen (das heisst nicht, dass diese Dauer mit 90%iger Wahrscheinlichkeit eintritt)

Für das Budget, das für das Bohren der Bohrung vorgesehen wurde, wird mit einer Dauer von P70 gerechnet: 63,8 Tage. Dieses berücksichtigt das mögliche Auftreten einer Vielzahl von Zwischenfällen genauso wie den erkundungsharakter der Bohrung und die bestehenden Unsicherheiten.

Folgende Punkte könnten ebenfalls in Betracht gezogen werden:

- Die Verwendung eines anderen Modells (z.B.) für die Berechnung der Unsicherheiten (abgesehen von der probabilistischen Monte-Carlo-Simulation)

3.5 Details der Operationen

In diesem Paragrafen werden die geplanten Tätigkeiten dargestellt. Es sollte ebenfalls ein solider und ausgereifter Plan der Tätigkeiten im Untergrund beigefügt werden.

Am Bohrplatz stattfindende Nebentätigkeiten, (Logistik, Heben von Lasten, Handhabung der Oberflächenausrüstung, Handhabung von Fluiden usw.) sollten hier nicht beschrieben werden.

3.5.1 Standrohr

Ziel: 36" Standrohr bis auf 35 m TVD RKB einrammen. Sicherstellen, dass eine strukturelle Stabilität vorhanden ist.

Abfolge der Operationen:

- Mobilisiere der Maschine zum Rammen
- Anbringen der Verbindungen der Verrohrung und der Vorrichtung zwischen Rammen und Standrohr
- Positionierung der oberen Verbindung auf 1,6 m MD RKB

- Demobilisiert der der Maschine zum Rammen
- Installation des Bohrlochkopfadapters

Risiken:

- Nicht vertikale Standrohr – strukturelle Stützung nicht gewährleistet
- Zu hartes Gestein – Probleme beim Rammen (Trockenbohrverfahren möglich)

Flüssigkeit: Beim Bohren des Abschnitts (sollte das Einrammen schwierig sein) wird zur Untewrstützungklares Wasser mit einer Dichte von 1,02 s.g. verwendet

Rohrtyp: 36" 2" wt X-80 HC-100; 6 Verbindungen

Anmerkung: keine für diesen Abschnitt

3.5.2 26"- Abschnitt – 22"- Oberflächen Rohrung (Anker Rohrung)

Ziel: Bis zur geologischen Formation Ittigen bohren, die auf 450 m MD RKB erwartet wird / die Oberflächengrundwasserleiter isolieren / die 22"-Rohrtour und die Verbindung zum BOP installieren

Abfolge der Operationen:

- Kontinuierliche Montage des Bohrstrangs
- Pumptest
- Bohrung bis zur Basis des Verankerungsrohrs (Kalibrierung des Bohrgerätes)
- Bohren bis auf 450 m TVD RKB
- Zirkulation der Bohrspülung, bis sie kein Bohrklein (Cuttings) mehr enthält
- Überprüfung, ob das Bohrloch vertikal verläuft
- Herausfahren und Zerlegen des Bohrstrangs
- Kontinuierliches Zusammenschrauben und Einbringen der Verrohrung
- Installation des Zementierungskopfes und Zirkulation der Bohrspülung
- Zementieren der Verrohrung bis zur Oberfläche
- Drucktest der Verrohrung
- Installation des Bohrlochkopfes und Test der Anschlüsse
- Warten, bis der Zement abbindet
- Kontinuierliche Montage des nächsten Bohrstrangs
- Durchbohren des «Cement Shoe Track»-Zements (Zementfußes)

Risiken:

- Bohrspülverluste beim Durchbohren sehr durchlässiger Grundwasserleiter (Grundwasserleiter von Bern)
- Schlechte Zementierung der 22"-Rohrung / schlechte Isolation der Grundwasserleiter
- Knickeffekt («Bückling») der 22"-Rohrung

Bohrspülung: Klares Wasser + Polymere und Feststoffe gegen Verluste; Dichte 1,03–1,05 s.g.

Rohr Typ: 22" Q-80 #226ppf Cr 5 %

3.5.3 17 ¼" - Abschnitt – 14"- Zwischen Rohrung

3.5.4 12 ¼"-Abschnitt – 9 5/8"- Produktionserhöhung

3.5.5 8 ½ "-Abschnitt – 7"-Produktionsliner

Ziel: Durchbohrung des Massivs xxxx bis zur Zieltiefe der Bohrung. Bohrabbruchkriterium:
Erreichen der Basis des Massivs xxxxx

Ablauf der Operationen:

- 3 m Gestein durchbohren und einen XLOT (erweiterten Formationsdrucktest) durchführen
- Mit stabiler Neigung mit maximaler Bohrgeschwindigkeit bis zur Endtiefe dieser Bohrung bohren.
- Die Parameter für MWD (Measurement while Drilling) und LWD (Logging while Drilling) und die Eigenschaften des Reservoirs überwachen
- 3-mal das Volumen der Bohrung zirkulieren, bis kein Bohrklein (Cuttings) mehr in der Bohrspülung vorhanden ist
- Installation der Logging-Einheit (Wireline)
- Durchführung der verschiedenen Messungen (Logs)
- Option: Laterale Kernbohrung per Wireline (basierend auf der geologischen Beurteilung)
- Option: Entnahme einer Fluidprobe aus dem Reservoir per Wireline (basierend auf der geologischen Beurteilung)
- Je nach Stabilität der Bohrung ein 7" – geschlitztes Futterrohr (liner) montieren und installieren oder einen 7"- Futterrohr (liner) installieren und zementieren.

Bei einem 7"-geschlitzten Futterrohr (liner):

- Die Vorrichtungen (Liner Hanger Assembly) für die Montage des Futterrohres (Liner) installieren; das 7"-geschlitzte-Futterrohr (Liner) montieren / das geschlitzte-Futterrohr (Liner) auf 5 m oberhalb der Endtiefe der Bohrung hinunterfahren.
- Den Futterrohrhänger (Liner Hanger) installieren (40 m oberhalb der Basis der 9 5/8"-Rohrung), die Installation mit einem Gewicht von 5 Tonnen überprüfen
- Installation der Wireline-Einheit
- Ein mechanisches Pfropfen (bridge plug) zur Abdichtung auf 2450 m MD RKB und damit 50 m oberhalb des Futterrohres (Liner) hinunterfahren und setzen; einen Drucktest durchführen (maximaler Differenzdruck)
- Ein mechanisches Pfropfen zur Abdichtung auf 100 m MD RKB hinunterfahren und setzen; mit dem für die Bohrung ausgelegten Druck Esten
- Abbau der Wireline-Einheit
- Vorbereitung für den Produktionstest.

Bei einem zementierten 7"-Futterrohr (Liner):

- Die Vorrichtungen (Liner Hanger Assembly) für die Montage des Futterrohres (Liner)

installieren; das 7"-Futterrohr (Liner) montieren / das Futterrohr (Liner) auf 10 m oberhalb der Endtiefe der Bohrung hinunterfahren.

- Die Bohrspülung während der Vorbereitung des Zementierens zirkulieren lassen
- Das Futterrohr (Liner) rotierend zementieren
- Den Futterrohrhänger (Liner Hanger) installieren (40 m oberhalb der Basis der 9 5/8"-Rohr Tour), die Installation mit einem Gewicht von 5 Tonnen überprüfen
- Einen Drucktest des Futterrohres (Liner) mit 120 bar durchführen.
- Installation der Wireline-Einheit
- Einen mechanischen Pfropfen (bridge plug) zur Abdichtung in das Profil des Bohrlochkopfs herablassen; mit dem für die Bohrung ausgelegten Druck testen.
- Abbau der Wireline-Einheit
- Vorbereitungen für den Produktionstest

Risiken:

- Versagen der Messgeräte (MWD und LWD), der Teil des Bohrstranges sind
- Instabilität des offenen Bohrlochs
- Überdruck/Wassereintritt/Kick

Bohrspülung: Bohrspülung auf Wasserbasis, Dichte 1,22 s.g.

Liner typ: 7"-Liner # 38ppf P-110 Cr 5 %

Anmerkung: Für die Messungen (Logs) siehe Absatz zur Akquisition von Daten.

3.5.6 Produktionstest

Ziel: Das Produktionspotenzial des Reservoirs (Durchlässigkeit, Volumen, Wiederauffüllen) und die Eigenschaften des Wassers feststellen (pH-Wert, gelöste Gase, Mineralien usw.).

Option: langer Produktionstest.

Ablauf der Operationen:

- Installation der Vorrichtungen für Oberflächentests
- Die zur Abdichtung benutzten mechanischen Pfropfen entfernen (per Wireline)
- Montage und Hinunterfahren des Gestänge Stranges für den Produktionstest
- Installation des Packers auf 3220 m MD RKB
- Durchführung eines kurzen Produktionstests (12 Std.) mit Luftinjektion. Sammeln von Messdaten an der Oberfläche und an der Endtiefe der Bohrung; Analyse der Wasserprobe
- Vorläufige Interpretation des Tests

Fall: positiver Kurztest – «nutzbares Reservoir»

- Durchführung eines langen 36-stündigen Produktionstests
- Durchführung einer Stimulation mit Säureinjektion (8 m³ – 20 bar)
- Durchführung eines weiteren Produktionstests (12 Std.)
- Entfernen des Packers für den Produktionstest
- Herausfahren des Gestängestrangs aus der Bohrung für den Produktionstest

- Abbau der Testeinheit für Produktionstests
- Vorbereitung der Oberflächenvorrichtungen für eine temporäre Aufgabe (bei positivem zweitem Produktionstest)

Fall: negativer Kurztest – «nicht nutzbares Reservoir»

- Entfernen des Packers für den Produktionstest
- Herausfahren des Gestängestrangstrangs aus der Bohrung für den Produktionstest
- Abbau der Testeinheit für Produktionstests
- Vorbereitung der Oberflächenvorrichtungen für eine permanente Aufgabe

Risiken:

- Unerwarteter Fluideintritt in die Bohrung (Erdgas, CO₂ usw.)
- Austreten von Fluiden an der Oberfläche
- Hohe Temperatur der Oberflächenvorrichtungen
- Induzierte Seismizität (für weitere Details wird auf die Strategie zur Überwachung der induzierten Seismizität verwiesen)

Anmerkung: Weitere Details finden sich im Bohrlochtestprogramm.

3.5.7 Verfüllung und Aufgabe von Bohrungen (P+A)

Ziel: permanente/temporäre Aufgabe der Bohrung.

→ Permanente Aufgabe (nicht nutzbares Reservoir)

Ablauf der Operationen:

- Platzieren eines Zementpfropfens in dem Reservoir Intervall
- Platzieren eines mechanischen Pfropfens zur Abdichtung 200 m oberhalb des Futterrohrhängers (Liner Hanger)
- Platzieren eines 200 m langen Zementstopfens oberhalb des mechanischen Pfropfens. Überprüfung mit Gewicht (5 Tonnen) und Drucktest (maximaler Differenzdruck)
- Die 14"-Verrohrung auf 550 m TVD RKB durchtrennen und herausfahren
- Platzieren eines mechanischen Pfropfens zur Abdichtung auf 500 m TVD RKB.
- Platzieren einer 450 m langen Zementschicht oberhalb des mechanischen Pfropfens. Überprüfung mit Gewicht (5 Tonnen) und Drucktest (Auslegungsdruck des Bohrlochdesigns)
- Alle Rohrtouren 3 m unterhalb des Bodenniveaus schneiden und entfernen (entstehendes Loch mit Erde füllen)
- Abbau der Bohranlage

Risiken:

- Falsche Planung der Zementierungen
- Versagen bei der Installation permanenter Bohrlochbarrieren

Bohrspülung: Bohrspülung auf Wasserbasis 1,22 s.g.; klares Wasser oberhalb von 500 m.

Anmerkung: Oberhalb von 500 m gibt es in geringer Tiefe Grundwasserleiter. Dieses Intervall wird möglichst nahe an der Oberfläche zementiert.

Für jede durchlässige Formation, die isoliert wird, wird die primäre Bohrlochbarriere in Blau dargestellt, die sekundäre Bohrlochbarriere in Rot. Die Oberflächenbarriere ist in Grün eingezeichnet.

Folgende Parameter könnten ebenfalls in Betracht gezogen werden:

- Die Tiefen des Gesteins, der Barrieren, die Zementhöhen usw. auf dem Verfüllungsschema angeben.

→ Temporäre Aufgabe (nutzbares Reservoir)

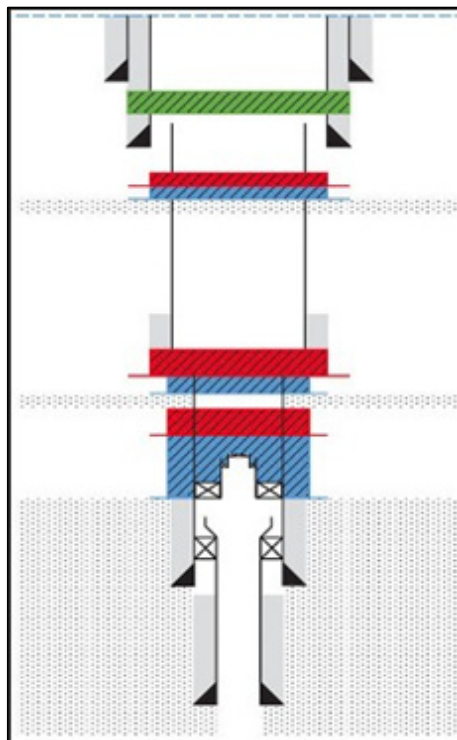
Ablauf der Operationen

- Installation der Wireline-Einheit
- Einen mechanischen Pfropfen zur Abdichtung auf 2450 m MD RKB hinter Fahren und Setzen, 50 m oberhalb des Futterrohres (Liner); einen Drucktest durchführen (maximaler Differenzdruck)
- Einen mechanischen Pfropfen zur Abdichtung auf 100 m MD RKB hinunterfahren und setzen; einen Drucktest für das mit dem Auslegedruck der Bohrlochdesign durchführen
- Abbau der Wireline-Einheit

Anmerkung: Die temporäre Aufgabe ist für maximal 8 Monate vorgesehen.

Folgende Parameter könnten ebenfalls in Betracht gezogen werden:

- Präsentation der temporären Bohrlochaufgabe mit einem Barriere Schema.



3.6 Akquisition von Daten – Logging

In diesem Kapitel werden die details der Messdaten, die während der Operationen in der Bohrung erfasst werden, dargestellt.

3.6.1 MWD/LWD und Logging

Plan zur Akquisition von MWD- (Measurement while Drilling) und LWD-Daten (Logging while Drilling):

Standrohr – n/a

26" – n/Zgr/RES

17 ½" Abschnitt – GR/RES + DENS/NEUT + SONIC + FIT

12 ¼" Abschnitt – GR/RES + DENS/NEUT + SONIC + FPWD + XLOT

8 1/2" Abschnitt - Abschnitt GR/RES + DENS/NEUT + SONIC + FPWD + XLOT

Datenakquisition mit Wireline im offenen 8 ½" Bohrloch (Logging: GR/RES + DENS/NEUT + SONIC + Borehole Image + laterale Kernbohrung (Option))

Beschreibung der Daten:

GR = «Gamma Ray»

RES = «Resistivity»

DENS/NEUT = «Density / Neutron»

SONIC = «Sonic Acoustic Logging»

FPWD = «Formation Pressure while Drilling»

FIT = Formationsintegritätstest

XLOT = erweiterter Formationsdrucktest

3.6.2 Produktionstest

Während der Produktionstests werden der Druck und die Temperatur an der Oberfläche und in der Bohrung überwacht.

Der Kurztest besteht aus:

- 8-stündiger Produktionsphase
- 4-stündiger Stoppphase mit Überwachung der Druckreaktion im Reservoir

Der Langtest besteht aus:

- 28-stündiger Produktionsphase mit verschiedenen Produktionsdurchsätzen (500 m³/Tag; 1000 m³/Tag; 2000 m³/Tag; 3000 m³/Tag)
- 8-stündiger Stoppphase mit Überwachung der Druckreaktion im Reservoir

Mit diesen Tests können die Produktionskapazität des Reservoirs, das Volumen, seine Konnektivität und seine Wiederauffüllung bewertet werden.

3.6.3 Mudlogging

Die üblichen Mudlogging-Daten werden überwacht und erfasst: Gewicht des Bohrkleins, Lithologie (Analyse des Bohrkleins), Überwachung Vorhandensein von Gasen usw.

Ebenso werden die Daten der Bohranlage überwacht und erfasst: Tiefe, Gewicht auf dem Bohrkopf, Torque (Drehmoment), Rotation, Förderleistung der Pumpe, Dichte der (ein-/austretenden) Bohrspülung, Bohrgeschwindigkeit usw.

3.6.4 Bohrkleinprobe (Cuttings)

Zwei nicht gewaschene und zwei gewaschene Bohrkleinproben werden genommen:

- Alle 50 m zwischen 0 und 2000 m MD RKB

- Alle 20 m zwischen 2000 und 3200 m MD RKB
- Alle 5 m im Abschnitt des Reservoirs

3.6.5 Probe der Bohrspülung

Alle 200 m werden zwei Proben der Bohrspülung genommen (jeweils 1 l). Im Reservoir werden Proben alle 50 m genommen.

3.6.6 Konventionelle Kernbohrung

Für diese Bohrung ist keine konventionelle Kernbohrung vorgesehen.

3.6.7 Laterale Kernbohrung

Im Bereich des Reservoirs sind für die Charakterisierung des Reservoirs, als Option, laterale Kernbohrungen vorgesehen.

4 Risiko- und Gefahrenmanagement

4.1 Schlüsselziele

Für die Umsetzung dieser Strategie wird auf die Risikomanagementstrategie der Ittigen Geothermie AG verwiesen.

4.2 Risikoanalyse

Es wird auf die Risikoanalyse der Bohrung Ittigen-01 verwiesen, in der bei den Operationen in der Bohrung festgestellten Gefahren, ihre Auswirkungen und die Risikominderungsmaßnahmen beschrieben werden.

Diese Risikoanalyse wird in allen Phasen des Bohrprojekts verwendet. Die Ergebnisse werden in dieses Bohrprogramm integriert und somit auch in die operativen Verfahren am Bohrplatz.

Die grössten identifizierten Risiken für die Operationen in dieser Bohrung sind:

- Wissenstransfer zwischen dem Planungsteam und dem operativen Team des Bohrplatzes.
- Bohrlochkontrolle (Risiko von H₂S)
- Das Design der Verfüllung bei Aufgabe von Bohrungen sein, wenn eines unerwarteten Reservoirs vorhanden ist.

4.3 Abweichungen

Bei der Vorbereitung dieses Bohrprogramms wurden verschiedene internationale Normen und Standards befolgt. Die Abweichungen von diesen Normen werden im Folgenden vorgestellt:

Abweichung 1 | Da die Wahrscheinlichkeit auf Kohlenwasserstoffe zu stossen sehr gering ist und ein besseres Detektionssystem für Fluideintritte verwendet wird, ist es akzeptabel die Kick-Toleranz (Fluidtritt) im 8 ½"-Abschnitt von 8 m³ auf 7 m³ zu reduzieren.

Abweichung 2 | Beschränkung der Evakuationsrouten

Es ist akzeptabel, dass es für den Bohrplatz nur ein einziger Evakuationsweg (Strasse im Nordosten) existiert, da die Wahrscheinlichkeit, dass die Strasse nicht befahrbar ist, quasi Null ist (seit Erstellung der Strasse im Jahr 1956 war die Strasse immer befahrbar).

Abweichung 3 | Begrenzung des Lärms bei der Installation des Standrohrs

Die Lärmtoleranzgrenze wird beim Rammen des Standrohrs um 5 dB überschritten. Diese Überschreitung wurde akzeptiert, da diese Überschreitung tagsüber stattfindet und nur 1,5 Stunden dauert und da das gesamte Personal vor Ort die nötige Schutzausrüstung trägt.

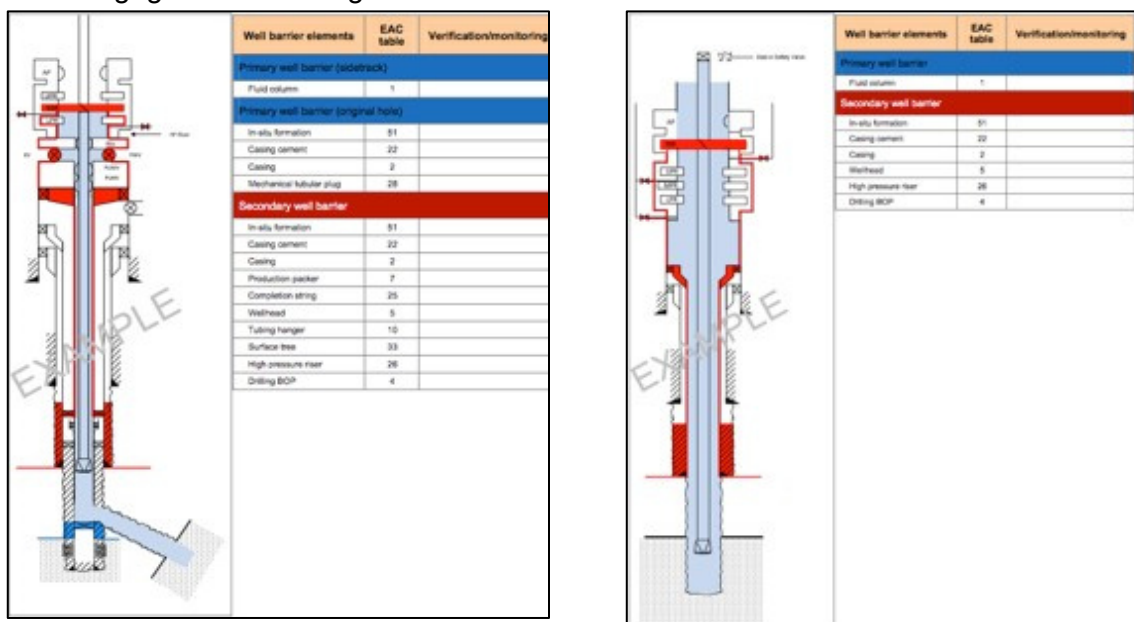
Abweichung 4 | Verwendung von kontaminierenden Polymeren bei starken Bohrspülungsverlusten

Um die Bohrung stabilisieren zu können und einen Kontrollverlust zu verhindern, ist der Einsatz schwach kontaminierender Polymere bei einem vollständigen Verlust der Bohrspülung im 12 1/4"-Abschnitt akzeptabel. Für diese Art des Bohrens steht auf dem Markt kein alternatives Material zur Verfügung. Diese Polymere kommen nur zum Einsatz, wenn das Anwenden aller anderen Lösungen erfolglos war.

4.4 Bohrlochbarriere

Die Bohrlochbarrieren, die gemäß der Norm NORSOK D-010 dargestellt werden, werden im Folgenden für die wichtigsten Phasen der Bohrarbeiten vorgestellt:

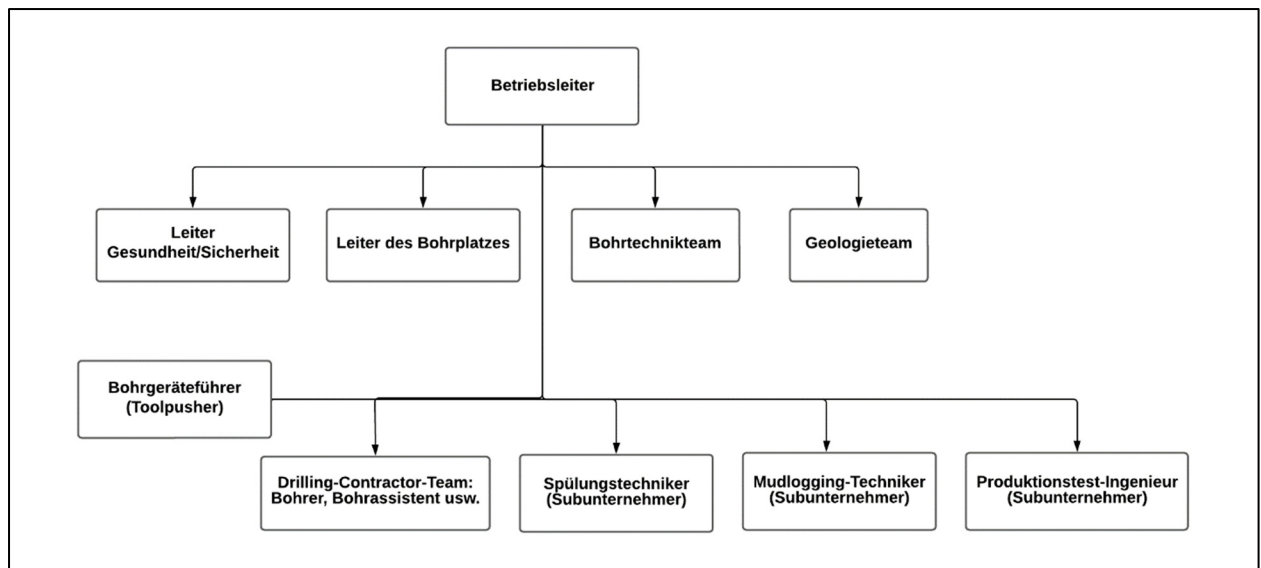
- Anbohren des Reservoir Grund Wasser Leiters – 8 1/2"-Abschnitt
- Fertige Bohrung – in Betrieb
- Aufgegebene Bohrung



Quelle: NORSOK D-010 Rev.3

5 Organisation

Das Bohrungsprojekt und die Operationen werden von den folgenden verantwortlichen Personen geleitet:



Anmerkung: Bei einer öffentlichen Verbreitung dieses Dokuments wird die Kontaktliste entfernt, um jeglichen Einfluss auf die Sicherheit des Betriebs zu verhindern.