

Erkundung – Vorläufiges 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 «Vorgängige Bohrprogramm» für Projekte und Operationen das Bohren/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 Bohren/die Bohrungen im Rahmen eines Tiefengeothermie Projekts 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 Bohrung entsprechend angepasst werden. (Eine Bohrung, bei der eine signifikante Wahrscheinlichkeit besteht, auf Erdgas zu stossen, hat zum Beispiel ein sehr unterschiedliches Risikoprofil und Risikomanagement als (einen anderen Detailgrad?) als eine nicht artesische Bohrung.)

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

1. Zusammenfassung	3
1.1. Wichtige Angaben zur Bohrung	3
1.2. Anwendungsbereich der Arbeiten	4
1.3. Designkriterien – Normen	5
2. Geologie	5
2.1. Bohrziele	5
2.2. Beschreibung des geologischen Ziels	5
2.3. Wasser im Untergrund (Trink- und nutzbares Wasser)	7
2.4. Geologische Prognose	8
2.4.1. Lithologie	8
2.4.2. Koordinaten des Ziels	9
2.4.3. Bohrabbruchkriterium (TD criteria)	9
2.4.4. Kohlenwasserstoffe, H ₂ S und CO ₂	10
2.5. Druck- und Temperaturprognose	10
3. Das Bohren	11
3.1. Bohrplatz	11
3.2. Bohranlage (Bohrgerät)	12
3.3. Ablauf der Operationen	12
3.4. Bohrlochdesign	13
3.4.1. Allgemeines	13
3.4.2. Bohrlochdesign – Basisfall	13
3.4.3. Verrohrung für unvorhergesehene Fälle	14
3.4.4. Analyse des Verrohrungsdesigns	14
3.4.5. Kick-Toleranz	15
3.4.6. Position der Bohrung und des Bohrziels	15
3.4.7. Bohrspülung / Hydraulische Simulation	16
3.4.8. Zementierung	16
3.4.9. Bohrpfad	16
3.4.10. Dauer der Operationen	17
3.4.11. Aufgabe von Bohrungen (P+A, Verfüllung & Aufgabe)	18
3.5. Akquisition von Daten – Logging	18
3.5.1. MWD/LWD und Logging	19
3.5.2. Produktionstest	19
4. Risiko- und Gefahrenmanagement	19

4.1. Strategie	19
4.2. Bohrlochbarriere	20
5. Organisation	22

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 in der Bohrung Auch Diagrafie genannt

Wireline = Kabel für das Herunterlassen der Ausrüstung in die Bohrung

Liner = im oberen Rohr (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 die Bohrung (Wasser, Gas usw.)

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

1. Zusammenfassung

1.1. 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

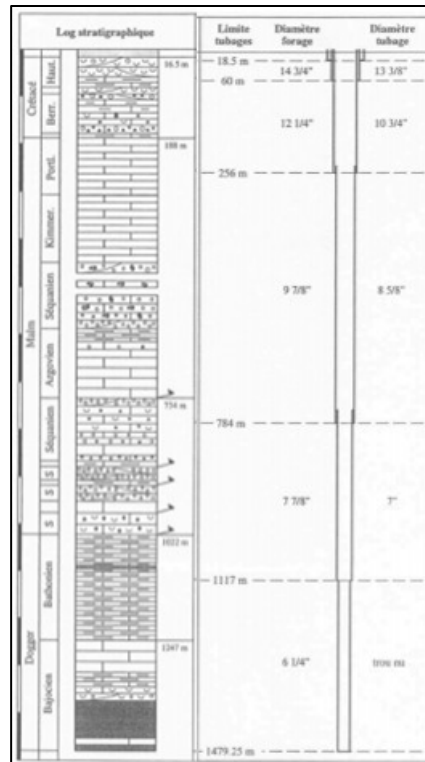
Geologische Formation auf der Gesamttiefe: Ittigen-Massiv / unbekannt

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)

1.2. 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.).

1.3. 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.

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. Bohrziele

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.

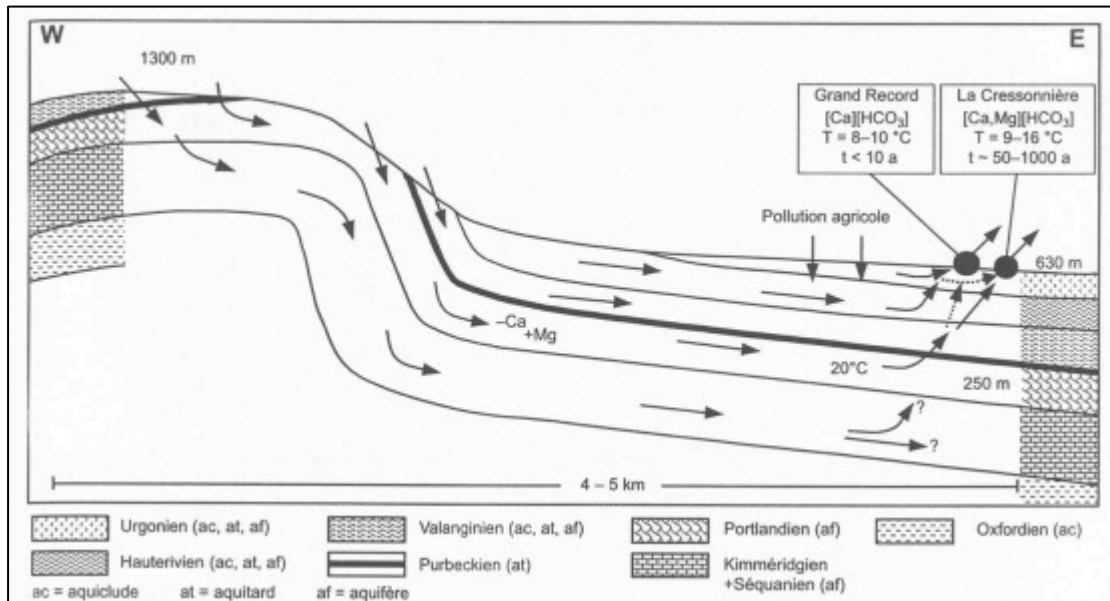
Aufgrund der geologischen Ereignisse von ... wird ein stark zerklüftetes Reservoir erwartet.

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:

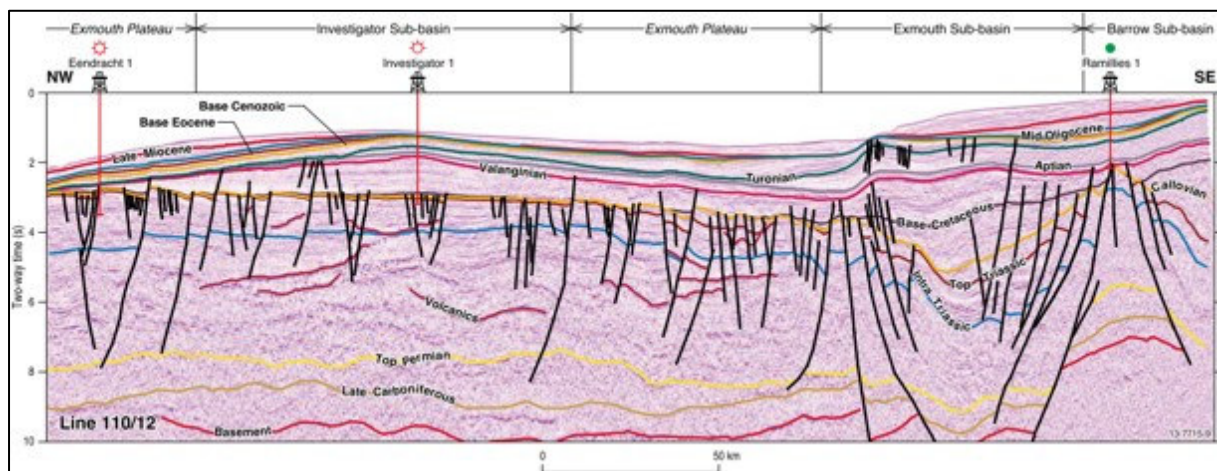
Eine Illustration des «Konzeptmodells» («Play Concept»)



Quelle: Studie des Geothermie Potenzials des Kantons Waadt (Muralt 1999) (Weiteres Beispiel verfügbar unter

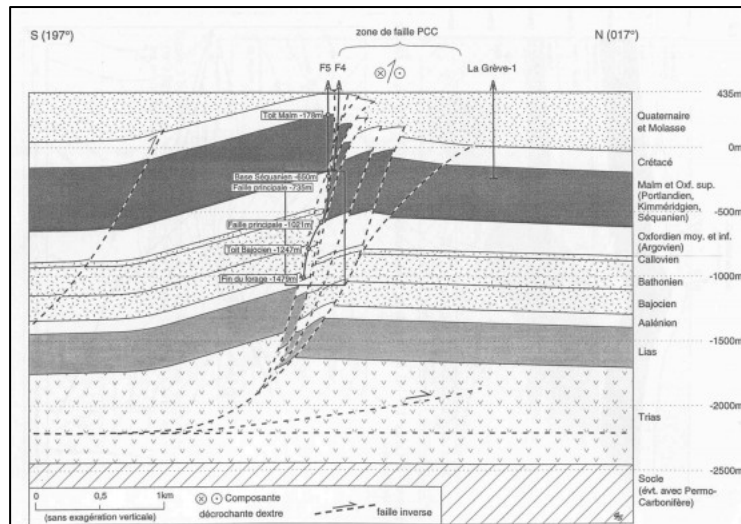
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114003578>)

Ein seismischer Schnitt und seine Interpretation (mit Bohrstrecke)



Quelle: Wikipedia

Ein geologischer Ost-West-Schnitt (mit Bohrstrecke)



Quelle: Studie des Geothermie Potentials 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 azimuthales 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).

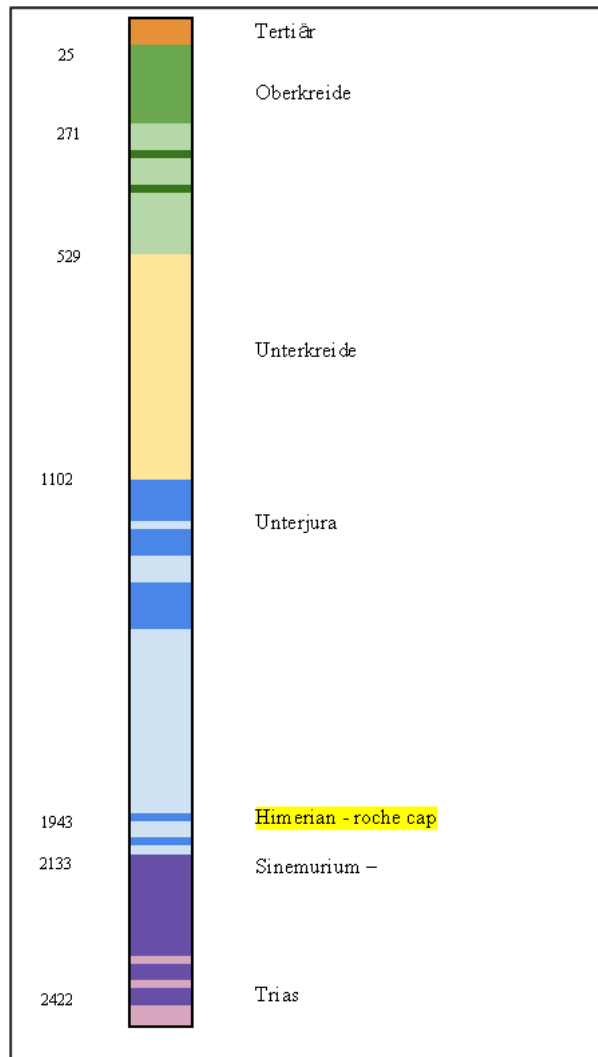
2.4. Geologische Prognose

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.
- Die Vorstellung der erwarteten Lithologie in einer Tabelle oder einem Schema zusammengefasst.

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 habe

2.4.4. Kohlenwasserstoffe, H₂S und CO₂

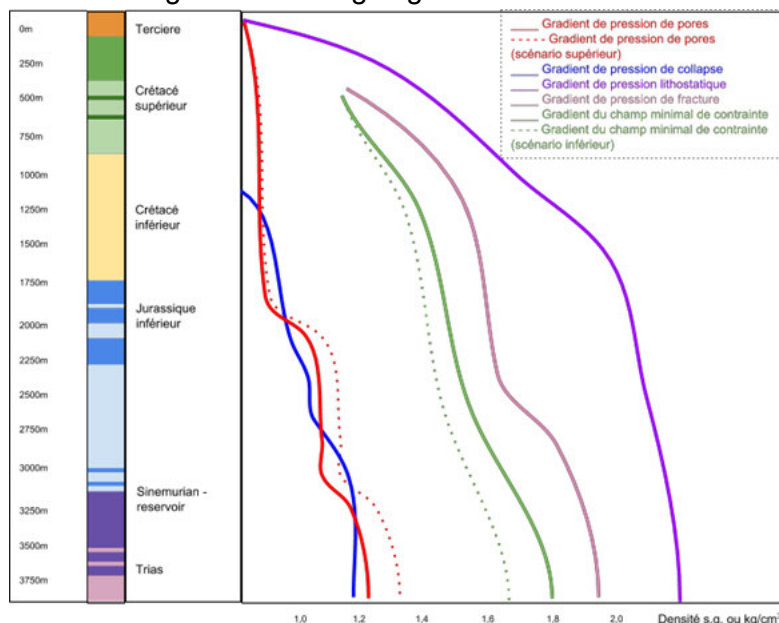
Es besteht ein Risiko, dass in der Formation des Matterhorns auf 2100 m TVD RKB eine schwache Konzentration von H₂S angetroffen werden kann.

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

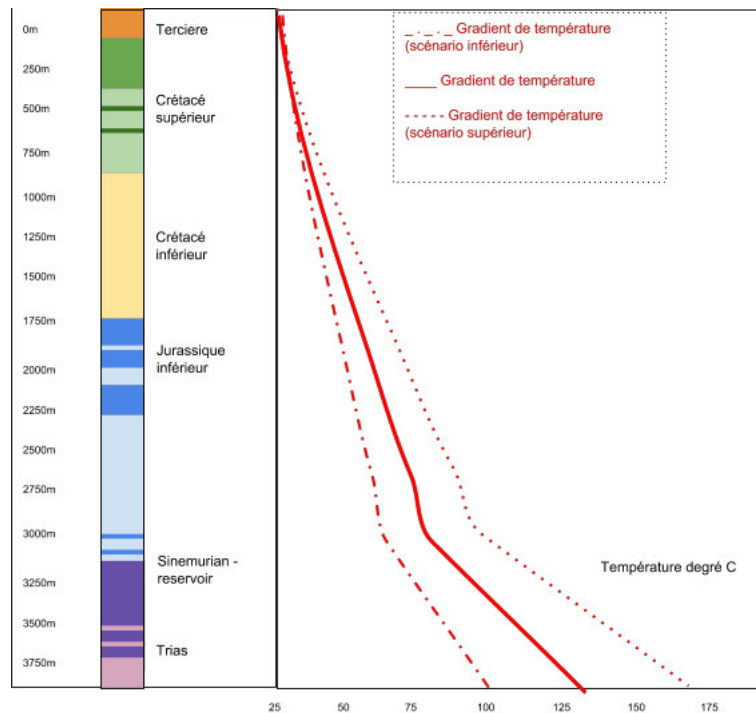
Druckprognose über die Länge der Bohrung Ittigen 01:



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:

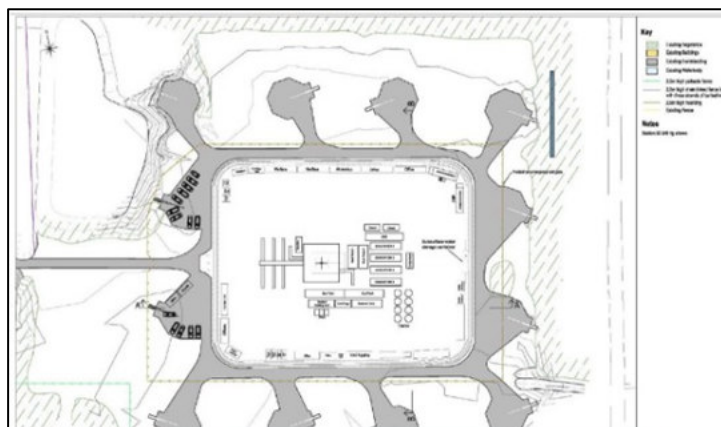
- Kontext, Unsicherheiten und Aufbau der Temperaturprognose
- Daten, die für die Erstellung dieser Prognose verwendet wurden
- Temperaturwerte, die für das Bohrlochdesign und für die Bohroperationen verwendet werden müssen
- In einigen Fällen kann der Temperaturgradient mit seinen Unsicherheiten vorgelegt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

3. Das Bohren

3.1. Bohrplatz

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

Plan des Platzes:



Die Karte des Bohrplatzes umfasst:

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

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. Ablauf der Operationen

- Installation des Standrohrs auf 35 m TVD RKB
- Rammen
- Bohren des 26»-Abschnitts und Installation des 22»-Rohrs auf 450 m TVD RKB
- Isolation der Oberflächengrundwasserleiter
- Bohren des 16»-Abschnitts und Installation des 14»-Rohrs auf 900 m TVD RKB
- Abgelenkte Bohrung
- Bohren des 12 ¼»-Abschnitts und Installation des 9 5/8»-Rohrs auf 1600 m TVD RKB
- Geneigte Bohrung
- Bohren des 8 ½»-Abschnitts und Installation bis auf 2900 m TVD RKB / Ziel: Grundwasserleiter des Reservoirs im Ittigen-Massiv
- Durchführung des Loggings
- Installation des 7»-Liners: Option eines geschlitzten Futterrohrs (liner) / Option eines zementierten Futterrohrs (liner)
- Produktionstest des Reservoirs
- Kurztest / Option eines Langtests bei positivem Ergebnis
- Aufgabe der Bohrung
- Definitive Aufgabe bei einem nicht nutzbaren Reservoir
- Temporäre Aufgabe bei einem nutzbaren Reservoir

3.4. Bohrlochdesign

3.4.1. Allgemeines

Strategie für das Bohrlochdesign

Wegen des Erkundung Charakters 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.

Referenz Bohrung 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.

3.4.2. 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

Offenes Bohrloch	Nenndurchmesser 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	k. A.	k. A.
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

Tabelle: Spezifikationen und Installationstiefen der Verrohrung.

3.4.3. 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 Bohrspülungs Sverlust 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.

3.4.4. 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"-ohr: 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.

In der folgenden Tabelle werden die Verrohrung und ihre Sicherheitskoeffizienten dargestellt

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 Ausknickrisiko («Buckling») und die entsprechenden Simulationen.

3.4.5. 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.

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 m ³
usw.						

Tabelle: Bohrabschnitte und die zugehörigen Kick-Toleranzen

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.

3.4.6. 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

3.4.7. Bohrspülung / Hydraulische Simulation

Die für das Bohren vorgesehenen Bohrspülungen werden nachfolgend vorgestellt:

36"-Abschnitt: n.z.

26"-Abschnitt: klares Wasser mit einer Dichte von 1,02 s.g.

17"-Abschnitt: Klares Wasser + Polymere und Partikel gegen Verluste; Dichte 1,03–1,05 s.g.

12 ¼"-Abschnitt: Bohrspülung auf Wasserbasis, Dichte 1,22 s.g.

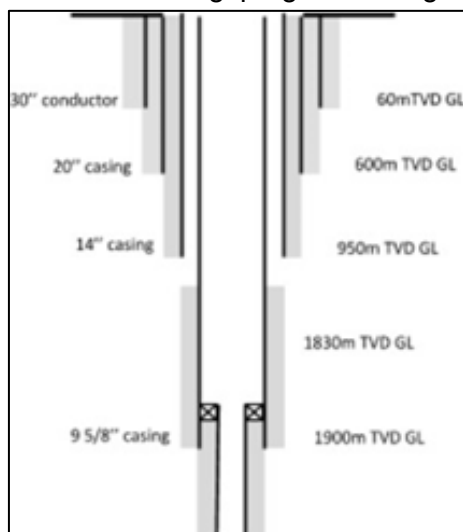
8 ½"-Abschnitt: SBohrspülung auf Wasserbasis, Dichte 1,22 s.g.

Folgende Parameter könnten ebenfalls in Betracht gezogen werden:

- Strategie für Fluide / spezifische Risiken (erhebliche Verluste, spezielle Fluidzusammensetzung)

3.4.8. Zementierung

Im folgenden Schema wird das Zementierungsprogramm vorgestellt:

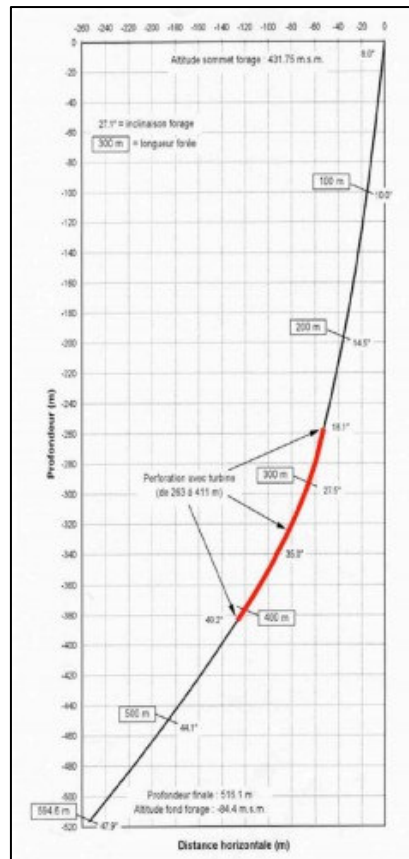


Folgende Parameter könnten ebenfalls in Betracht gezogen werden:

- Strategie für Zementierung / spezifische Risiken (Spezialzement, Stufenzementierung usw.)

3.4.9. Bohrfad

In der folgenden Grafik wird der Richtbohrpfad vorgestellt. Ein detaillierter Pfad wird den Behörden auch in elektronischer Form bereitgestellt.



Folgende Parameter könnten ebenfalls in Betracht gezogen werden:

- Spezifische Risiken im Zusammenhang mit Richtbohrarbeiten

3.4.10. 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 Teufe (Länge der Bohrung) 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 erkundungscharakter der Bohrung und die bestehenden Unsicherheiten.

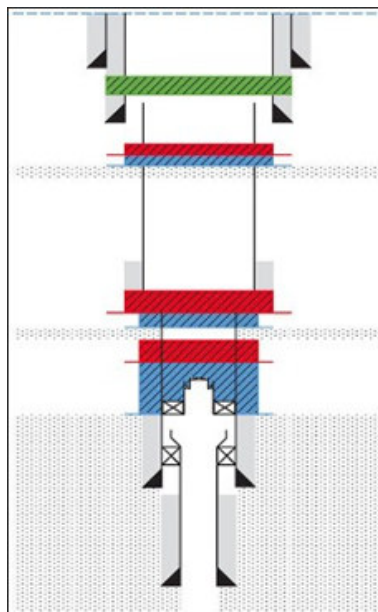
Folgende Punkte könnten ebenfalls in Betracht gezogen werden:

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

3.4.11. Aufgabe von Bohrungen (P+A, Verfüllung & Aufgabe)

Plan einer permanenten Aufgabe

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



Folgende Parameter könnten ebenfalls in Betracht gezogen werden:

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

3.5. Akquisition von Daten – Logging

Dieses Kapitel stellt die Details der Daten vor, die während der Operationen in der Bohrung erfasst werden.

3.5.1. 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

3.5.2. 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.

4. Risiko- und Gefahrenmanagement

4.1. Strategie

Es wird auf die Risikoanalyse der Bohrung Ittigen-01 verwiesen, in der die 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. 19

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 der Bohrungen bei Vorhandensein eines unerwarteten Reservoirs.

4.2. 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 ½"-Abschnitt
- Fertige Bohrung – in Betrieb
- Aufgegebene Bohrung

5. Organisation

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

