

Erkundung – geologische Beurteilung – Bohrung Ittigen-01

Bauherrschaft: Name
12.03.2018

Geologe: Name
Projektleiter: Name

Bei diesem Dokument handelt es sich lediglich um ein Beispiel, das als Vorlage für die «geologische Beurteilung» für Projekte und Operationen das Bohren/die Bohrungen in der Tiefengeothermie in der Erkundungsphase 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 geologische Beurteilung für das Bohren/die Bohrungen im Rahmen eines Tiefengeothermieprojekts vorlegen könnte. Während des Bohrens / der Operationen an Bohrungen kann dieses Dokument als Unterstützung für die Überwachung der Tätigkeiten dienen. Dieses Dokument umfasst zudem die geologischen Informationen, die für die Vorbereitung des Bohrprogramms erforderlich sind.

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 zu den Beispielen sehr unterschiedliches Risikoprofil und Risikomanagement als eine nicht artesische Bohrung.)

Der Inhalt dieses Dokuments ist fiktiv und muss durch aktuelle Angaben ersetzt werden. Dieses Dokument dient als Grundlage für die Vorbereitung des Bohrprogramms.

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

Linerkopf = Vorrichtung zur Fixierung des Liners

Packer = Ausrüstung aus Elastomer zur Isolation zwischen zwei Rohrtouren

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

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

1	Allgemeine Angaben	3
1.1	Wichtige Angaben	3
1.2	Strategie	4
1.3	Ziele	5
2	Beschreibung der interessanten Zone und der Ziele	5
2.1	Regionale Geologie	5
2.2	Beschreibung der geologisch interessanten Zone	5
3	Geologische Beurteilung / Geophysik / Reservoir	8
3.1	Geologisches und geophysikalisches Modell	8
3.2	Geologische und geophysikalische Unsicherheiten	9
3.3	Feldstudien	9
3.4	Reservoir Modell und Unsicherheiten (falls vorhanden)	9
3.5	Geologische Prognose	10
3.6	Porendruck	11
3.7	Geologisches Ziel und Bohrabbruchkriterium (TD)	11
3.8	Referenzbohrung und Datenqualität	11
4	Datenbeschaffungsstrategie	12
4.1	Ziele	12
4.2	Auflagen	13
4.3	Beurteilung des Reservoirs	13
5	Wirtschaftliche Beurteilung	14

1 Allgemeine Angaben

1.1 Wichtige Angaben

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

Bewilligungszone: 50 km²

Ablaufdatum der Bewilligung: 01.01.2023

Bauherrschaft: Ittigen Geothermie AG

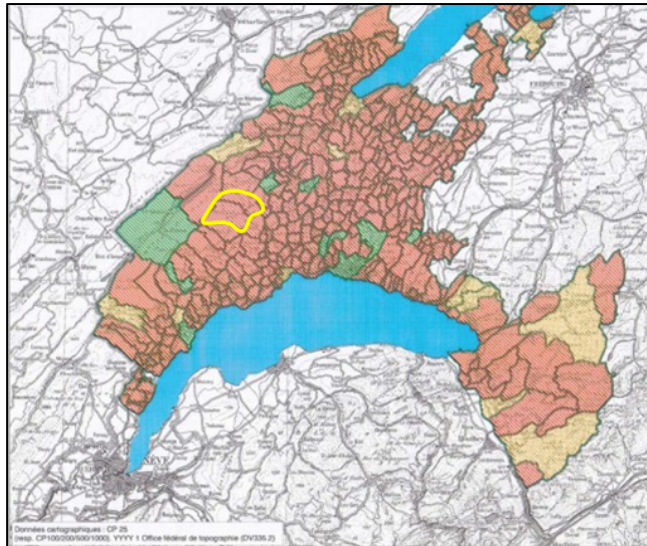
Geologische Struktur: Ittigen-Massiv – Molassebecken/Voralpen

Name der Bohrungen: Ittigen-01 / Ittigen-02

Art der Bohrungen: Erkundung

Vertikale Höhe des Ziels: 948 m über Meer

Karte der Bewilligung: in Gelb auf der untenstehenden Karte dargestellt.



Quelle: Kanton Waadt

1.2 Strategie

Die globale Strategie der Bewilligung BE-99877-ITTG-2019 besteht darin, die Existenz einer signifikanten geothermischen Anomalie nachzuweisen, die durch eine Tiefenzirkulation im Molassebecken und über ein sekundäres Netz von Brüchen erzeugt wird. Zweitens soll die Strategie die Machbarkeit einer 12-MW-Geothermieranlage mit Stromerzeugung und Fernwärme für die Gemeinde Ittigen belegen.

Im Ittigen-Massiv gibt es Warmwasserquellen (25 Grad), die bereits für Fernwärme im Rahmen des Stadtentwicklungsprojekts genutzt werden. Basierend auf diesem Wasserkreislaufmodell stellt das Ittigen-Massiv einen möglichen Standort für die Umsetzung einer Erkundungsbohrungen dar. Das Bohren der Bohrung ist für Mai 2020 geplant.

Zusätzliche Ergebnisse der Geothermie Bohrungen im Kanton Thurgau im Jahr 2019, die weiteren geologischen Daten liefern, tragen zur Senkung des wirtschaftlichen Risikos der Erkundung des Ittigen-Massivs bei. Diese Analyse wird daher mit diesen Angaben aktualisiert.

Das Ittigen-Massiv liegt im Kanton Bern, in den Voralpen. Das geologische Ziel liegt rund 4 km nördlich des Zentrums der Bewilligungszone.

Für das Ittigen-Massiv und die Bohrung Ittigen-01 wird dank des vorhandenen Wasserkreislaufs in der Region ein «mittleres» Risiko angenommen. Allerdings erlauben es die Unsicherheiten in Bezug auf das Tiefenreservoir nicht, dieses Risiko auf ein tieferes Niveau zu senken.

Die seismischen Daten zeigen, dass die geologische Struktur, in der dieser Kreislauf stattfindet, sich bis zum Ziel der Bohrungen Ittigen-01 ausdehnt, auf einer Tiefe, in der die Temperatur mit großer Wahrscheinlichkeit 152 Grad erreichen dürfte. Allerdings haben es diese seismischen Daten nicht erlaubt, die Auswirkungen natürlicher Brüche in dieser Zone zu beurteilen.

Die Erkundung des Ittigen-Massivs mit der Bohrung Ittigen-01 stellt einen Kompromiss zwischen «Tiefe des Reservoirs», «Temperatur» und «Bohrrisiken» dar. Weiter östlich ist die Struktur tiefer und könnte heisseres Wasser enthalten. Dieses Ziel würde es jedoch erfordern,

in äusserst widerstandsfähige Formationen zu bohren, was zu grossen Problemen beim Bohren führen würde.

Folgende Punkte könnten ebenfalls berücksichtigt werden:

- Detailkarte der Bewilligungszone, mit Standort der Bohrziele.
- Verschiedene geologische Schnitte des Ziels

1.3 Ziele

Die Ziele für die Erkundung des Ittigen-Massivs sind:

- Überprüfung der Tiefenzirkulation des Geothermie Wassers
- Nachweis der Machbarkeit für Produktion und Injektion mit einem Produktionsvolumen von bis zu 6000 m³/Tag und einer Wasseroberflächentemperatur von über 150 Grad
- Überprüfung des Potenzials des Massivs vor Ablauf der Forschungsbewilligung
- Sammeln geologischer Daten für künftige Erkundungsprojekte in den Voralpen

Bemerkung: Die Definition dieser Ziele gibt die globale Erkundungsstrategie vor sowie alle künftigen Anpassungen derselben.

2 Beschreibung der interessanten Zone und der Ziele

In diesem Kapitel wird solides geologisches und geophysikalisches Wissen belegt, die realisierte Arbeit wird vorgestellt und die Bedingungen des Untergrunds und ihre Unsicherheiten werden dokumentiert.

2.1 Regionale Geologie

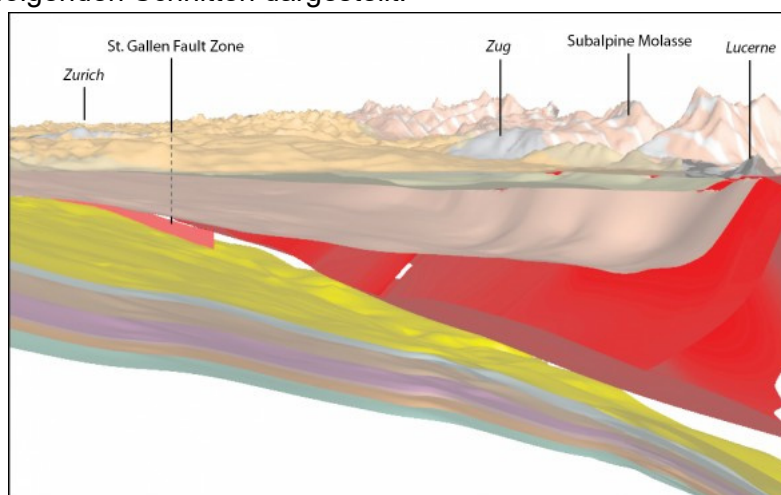
Die regionale Geologie der Kantone Bern und Freiburg bestehen aus ...

...

In dieser Region befindet sich die interessante Zone ...

...

Sie wird in den folgenden Schnitten dargestellt:



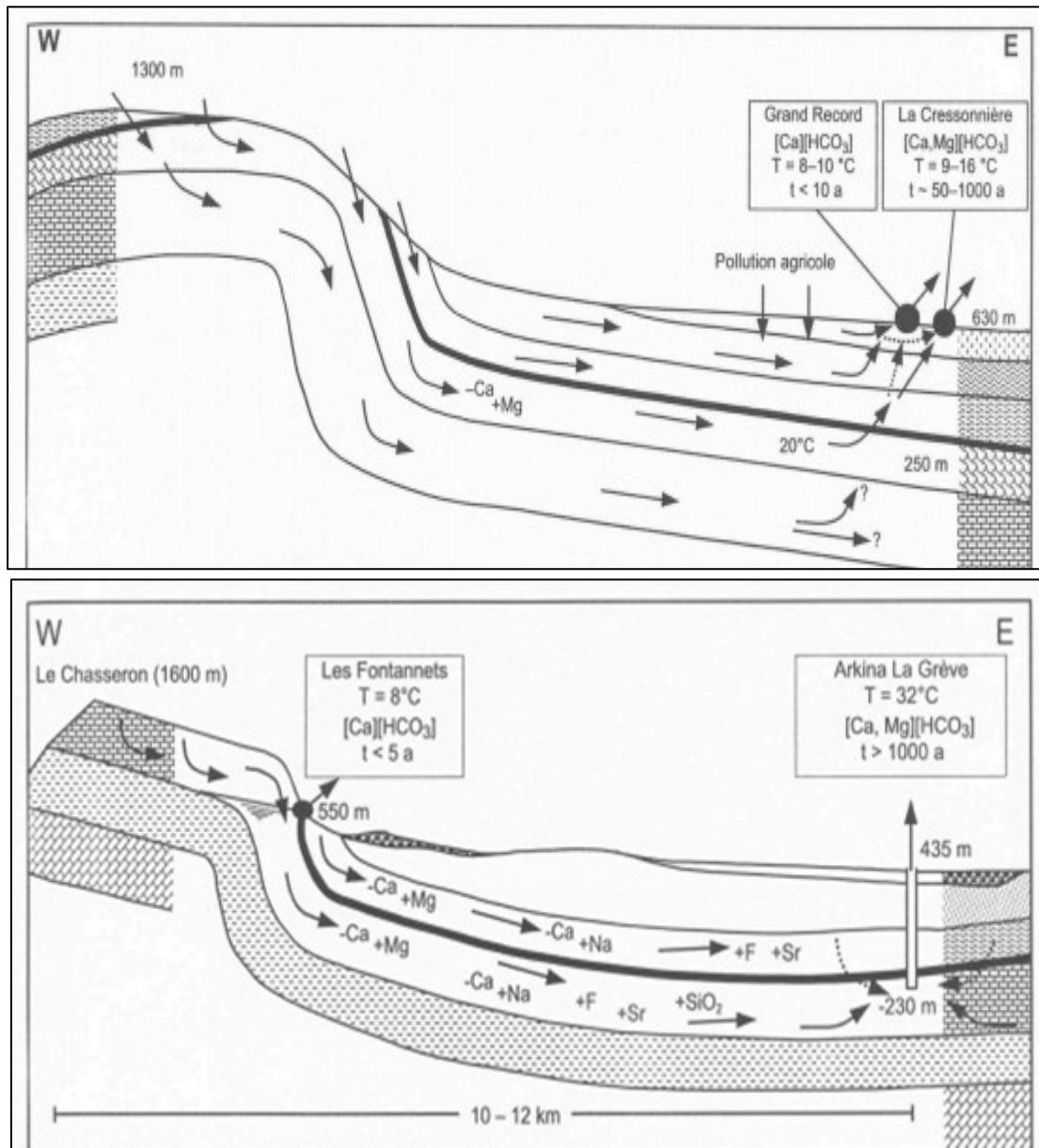
Quelle: swisstopo

2.2 Beschreibung der geologisch interessanten Zone

Das Ittigen-Massiv stellt sich als grosse Struktur dar, die sich rund 50 km von den Voralpen entfernt nach Norden erstreckt. Die Struktur ist im Süden und im Osten, wo sie begrenzt ist, stark gefaltet.

Nach den wichtigsten zwei Konzeptmodellen erfolgt die Wasserversorgung der Struktur in den Alpen und Voralpen in der Napfregion.

Die beiden wichtigsten Konzeptmodelle werden unten schematisch dargestellt:



Quelle: Geothermie Potenzial des Kantons Waadt; Muralt 1999

Weitere Konzeptmodelle wurden ebenfalls geprüft. Sie erstrecken sich auf andere geologische Zonen mit den folgenden Wasserwiederauffüllzonen (Recharge):

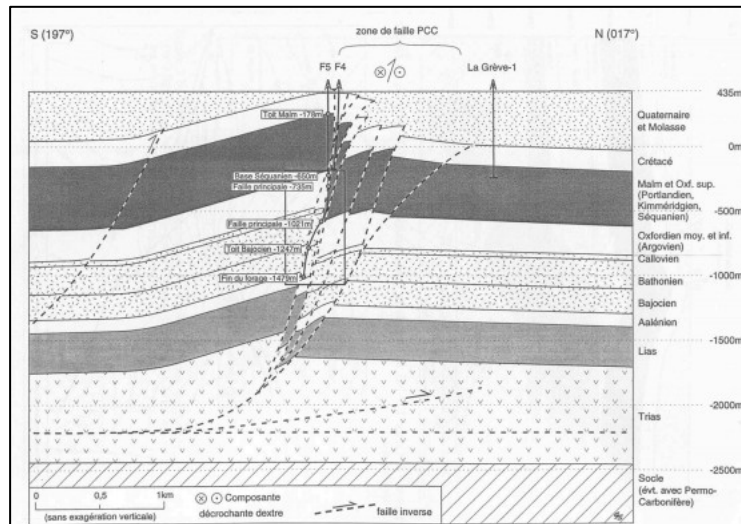
- Zone Stockhorn
- Zone Eiger
- Zone Schrattefluh

(Weiteres Beispiel eines Konzeptmodells unter <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114003578>)

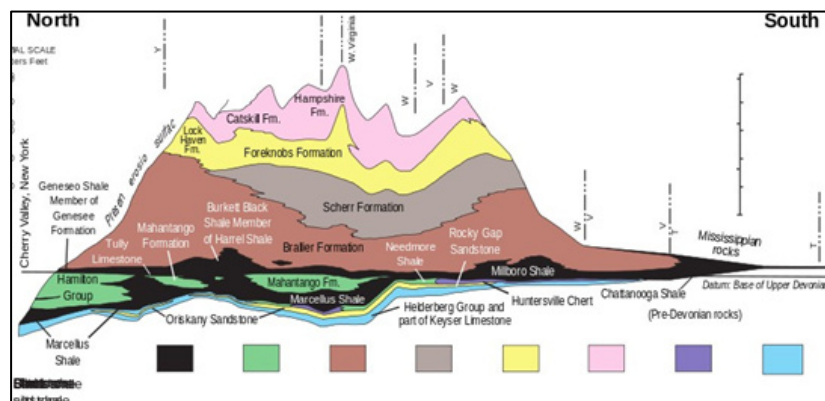
...

Beim Konzeptmodell des Napfs wurde festgestellt, dass das exponierte Gestein eine hohe Wiederauffüllgeschwindigkeit aufweist, die auf 2 000 000 m³ pro Jahr geschätzt wird. Bei dem des Stockhorns wurde eine Wiederauffüllgeschwindigkeit von ... geschätzt.
usw.

Im Folgenden werden die geologischen Schnitte für die 3 alternativen Wasserkreislaufszenarios vorgestellt:



Quelle: Geothermie Potenzial des Kantons Waadt; Vuataz et al. 1999



Quelle: Wikipedia

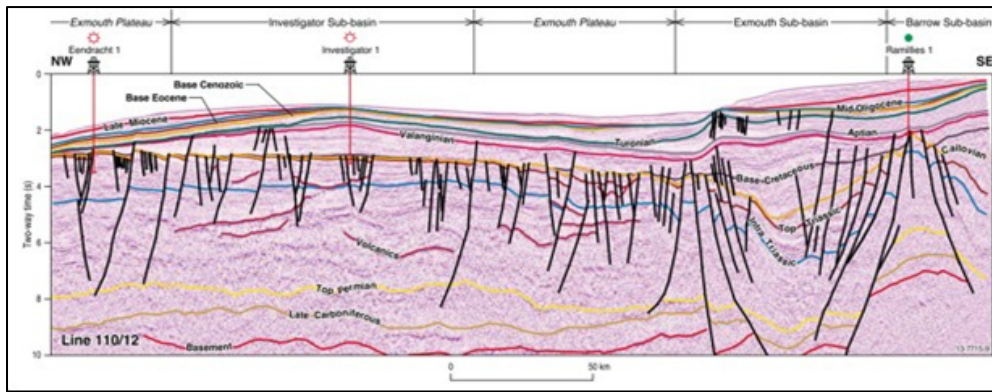
Bei diesen Alternativen wird von einer reduzierten Konnektivität des tiefen Grundwasserleiters ausgegangen, weshalb es weniger wahrscheinlich ist, eine ausreichende Tiefenzirkulation für einen Betrieb zu erzeugen.

Ausserdem wird für die Formationen im Eiger Gebiet von einer stärkeren geologischen Isolation ausgegangen ...

Seismische Daten:

Die interpretierten seismischen Daten werden nachfolgend vorgestellt. Sie zeigen eine grössere Verwerfung an dem Ort, wo eine starke Durchlässigkeit erwartet, wird ...

Auf diesem Schnitt wird eine Bohrstrecke dargestellt.



Quelle: Wikipedia.

Die Wahl des Bohrziels erlaubt es, die Wasserkreisläufe aus den Gebieten Napf, Stockhorn und Eiger zu überprüfen. Es konnte kein Ziel gefunden werden, das es erlaubt hätte, die 4 Kreislauftszenarios anhand einer Bohrung zu überprüfen.

Das Szenario mit dem Kreislauf des Gebiets Schrattenfluh wurde mit einer mittleren/schwachen Wahrscheinlichkeit beurteilt, eine ausreichende Durchlässigkeit für die geothermische Nutzung aufzuweisen.

Daher stellt die Überprüfung der drei anderen Szenarios die Option dar, die die grösste Chance auf einen Erkundungserfolg bietet.

3 Geologische Beurteilung / Geophysik / Reservoir

3.1 Geologisches und geophysikalisches Modell

Bevor die Bohrungen Ittigen-01 oder Ittigen-02 durchgeführt wurden und bis die Eigenschaften des Reservoirs nachgewiesen sind, basiert das hier beschriebene Modell hauptsächlich auf geologischen Analysen, seismischen Daten sowie auf Erkenntnissen aus ähnlichen Kreislauftsysteimen in den Alpen.

Der Ursprung des Wasserkreislaufs im Ittigen-Massiv wurde vor allem durch eine Analyse der Wiederauffüllung an den Standorten ... und ... als weniger riskant eingestuft.

Die Zirkulationswege wurden teilweise anhand der seismischen Daten bestätigt. Allerdings sind die Auswirkungen der grösseren Verwerfungen auf diese Wege unbekannt, sie könnten die Kreisläufe und die Wärmeübertragung wesentlich beeinträchtigen ...

...
...
...
...

Folgende Punkte könnten ebenfalls berücksichtigt werden:

- Vereinte geologische und geophysikalische Daten und ihre Interpretationen
- Feldstudien
- Luft- und Satellitenaufnahmen
- Analyse lokaler Wasserquellen
- Mineralienanalysen
- usw.

3.2 Geologische und geophysikalische Unsicherheiten

Das Hauptrisiko beim Ittigen-Massiv besteht in der Existenz signifikanter vertikaler Brüche, die einerseits leiten und andererseits isolieren (je nach Tiefe) und die für die rasche Wasserübertragung zwischen sehr tiefen und untiefen Reservoirs verantwortlich sind.

Diese Verwerfungen könnten tatsächlich komplexe Zirkulationswege vorgeben, die die Zusammensetzung des Wassers und die Durchlässigkeit der geologischen Einheiten stark beeinflussen könnten.

Diese könnten nach dem Beginn der Produktion des Reservoirs zu Kaltwasserfronten führen. usw.

...

...

Erfolgsaussichten:

Die Wahrscheinlichkeit, die für das Reservoir notwendigen Parameter zu finden, um Durchsätze für Produktion/Injektion von 6000 m³/Tag und eine Temperatur von 133 Grad am Bohrlochkopf zu erreichen, wurde mit 19 % berechnet. Die Details dieser Wahrscheinlichkeit werden nachfolgend vorgestellt:

- Vorhandensein des Grundwasserleiters auf 2800 m TVD – Wahrscheinlichkeit: 0,75
- Reservoir Temperatur von 142 Grad – Wahrscheinlichkeit: 0,7
- Permeabilität, die eine Produktion von 6000 m³/Tag erlaubt – Wahrscheinlichkeit: 0,4
- Permeabilität, die eine sichere Injektion mit dem gleichen Durchsatz ermöglicht – Wahrscheinlichkeit: 0,9
- usw.

3.3 Feldstudien

Eine Feldstudie wurde durchgeführt und hat grössere Verwerfungen auf einer Nord-Ost-/Süd-West-Achse festgestellt mit Neigungen zwischen 20 und 45 Grad. Diese Brüche sollten auf 500 m TVD, 1250 m TVD und 1750 m TVD, vertikal zur geologischen Achse vorhanden sein.

So könnten auf 500 m TVD starke Verluste das Bohren beeinträchtigen ...

...

...

Tiefere Verwerfungen könnten Verbindungen mit mehr oder weniger tiefen Grundwasserleitern erzeugen. So könnten sie zu lokalen Über- oder Unterdrücken führen. Die Auswirkungen auf das Bohren sollten so sein, dass...

...

...

Die Stabilität des Bodens an der Oberfläche wurde als ausreichend beurteilt, um das Bohren sicher durchführen zu können (Errichten der Bohranlage).

3.4 Reservoir Modell und Unsicherheiten (falls vorhanden)

Das Reservoir Modell geht von einem Volumen von 20 Millionen m³ aus, dass sich über 140 km auf der Nord-Süd-Achse und über 7 km auf der Ost-West-Achse erstreckt.

Am geologischen Ziel variiert die Dicke im Modell zwischen 20 m und 550 m.

Bei den dargestellten geologischen Formationen handelt es sich um:

Den oberen Dogger

Den unteren Dogger

-

Die erwartete Permeabilität variiert zwischen:
 12 mD – pessimistisches Szenario
 120 mD – optimistisches Szenario
 Dieses Permeabilitätsintervall basiert auf ...

Die gewählten Randbedingungen für das Modell sind:
 Isolierende Verwerfung im Süden ...
 Verbindung zum Träger eines tiefen Grundwasserleiters im Norden, mit fast konstantem Druck.

Die Auflösung des Modells beträgt $10 \times 10 \times 1$ Meter mit einer feineren Auflösung in einem Radius von 100 m rund um die Produktionsbohrung und die Injektionsbohrung ...

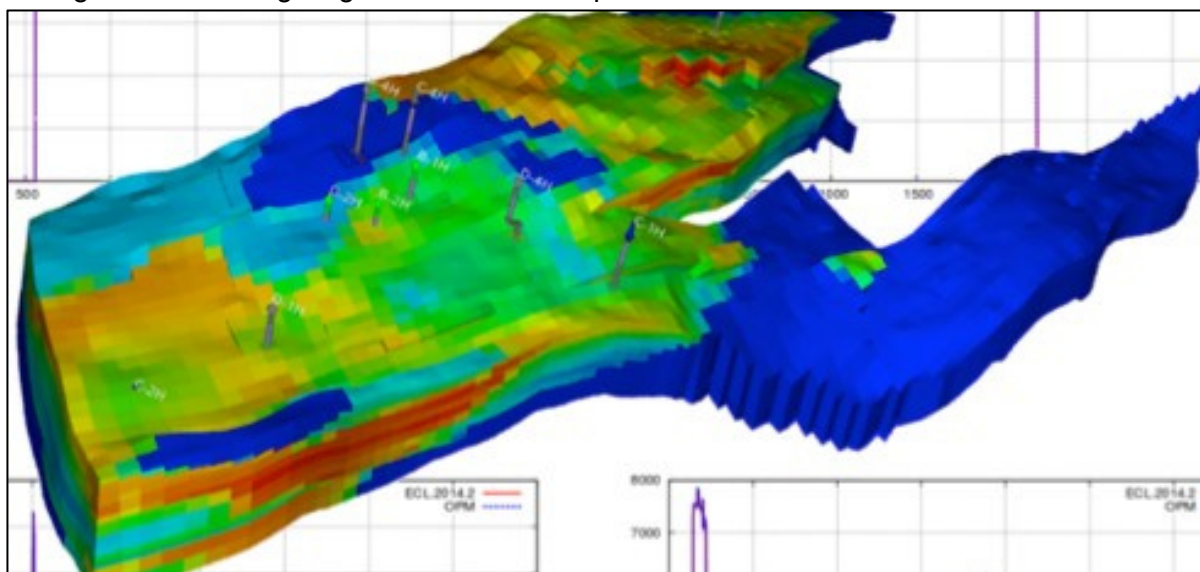
Mit Hilfe der Simulationen konnte festgestellt werden, dass:
 Es für einen permanenten Betrieb über 30 Jahre mindestens ein Reservoir Volumen von 23 Millionen m³ braucht.
 Eine minimale Durchlässigkeit von xxx erforderlich ist, um die Absenkung in der Produktionsbohrung auf 250 m zu beschränken.

-

Folgende Unsicherheiten im Reservoir Modell bestehen:
 Vertikale Permeabilität ...

...

Die folgende Abbildung zeigt eine Bildschirmkopie des Reservoir Modells.



Quelle: opm-project.org (kostenlose Lizenz).

3.5 Geologische Prognose

Die folgende Tabelle zeigt die Bewertung der geologischen Prognose:

Obergrenzen der geologischen Formationen	Tiefe (m TVD)	Unsicherheit (m)
Boden	0	0
Formation xx	100	+/-2
Formation yy	430	+/-10
Molasse	1330	+/-20

Verwerfung von Thun	1800	+/-100
Formation zz	2650	+/-50
Ittigen-Massiv	3320	+/-60

Die Referenz für diese Tiefen ist die vertikale Höhe (Teufe) des geologischen Ziels.

3.6 Porendruck

Die ersten Schätzungen des Porendrucks zeigen, dass bei dem Bohren durch Verwerfungen mit einem hydrostatischen Druck, der ein Variationspotenzial von +0,3 s.g. (spezifische Dichte) hat, eine Verbindung der Bohrung mit weiter entfernten unter Überdruck stehenden Formationen entstehen könnte.

Folgende Punkte könnten ebenfalls in Betracht gezogen werden:

- Hier könnte eine Grafik zur Schätzung des Porendrucks integriert werden.

3.7 Geologisches Ziel und Bohrabbruchkriterium (TD)

Position des geologischen Ziels:

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

Tiefe: 3380 m TVD GL

Höhe an der Oberfläche dieser Position: 660 m über Meer.

Die Kriterien für die Einstellung des Bohrens sind:

Tiefe von 3500 m TVD GL erreicht

Identifikation von Reservoir Parametern (Produktionsvolumen, Temperatur) die ausreichen, um das Reservoir zu betreiben

Die ursprünglichen Überlegungen für die Wahl eines Bohrstandorts an der Oberfläche haben sich als komplex erwiesen. Es braucht eine umfangreichere Studie, die im Bohrprogramm vorgestellt wird.

Folgende Punkte könnten ebenfalls berücksichtigt werden:

Mehrere geologische Ziele können vorgestellt werden (die zu verschiedenen Bohroptionen führen).

3.8 Referenzbohrung und Datenqualität

Folgende Referenzbohrungen wurden für diese geologische Beurteilung verwendet:

Erdöl-Erkundungsbohrung 4 km im Südosten (1960) – Bohrung VD-4243534-DERT-3

6 Erkundungsbohrungen in den Alpen und in den Voralpen (Österreich und Schweiz)

Bohrung AF-334235-GH (1992)

Bohrung 4526334-GH Österreich (1984)

usw.

Die Bohrung VS-23262493-DHS wurde 2003 bis auf über 3000 m TD GL gebohrt und ist 13 km im Nordwesten gelegen. Der Zugang zu den Daten dieser Bohrungen wurde nicht genehmigt.

Qualität der Daten:

Die Qualität der seismischen Daten ist bis auf 2000 m TVD gut. Unterhalb von 3000 m TVD wird sie als eingeschränkt eingestuft, und die Interpretation gilt als schwierig. Daher sind die Tiefen und deren horizontale Ausdehnung der geologischen Formationen an der Basis des Reservoirs ungewiss.

usw.

Es gibt eine beschränkte Kontrolle über die genaue Stratigrafie in den Voralpen an der Position des geologischen Ziels. Dies ist auf die mangelnde seismische Kontinuität mit den Referenzbohrungen zurückzuführen. Ausserdem haben die Beobachtungen und die Analysen im Feld eine komplexe Stratigrafie gezeigt, die sich schnell in einer Größenordnung von 100-Meter-Schritten ändert. usw.

Folgende Punkte könnten ebenfalls berücksichtigt werden:

- Qualität der Daten der Referenzbohrungen
- Qualität der Daten der Felduntersuchungen
- Qualität der Daten der Satellitenbilder

4 Datenbeschaffungsstrategie

4.1 Ziele

Die Strategie sieht vor, möglichst viele Daten während des Bohrens zu erheben (LWD, Logging while Drilling), um die Akquisitionskosten für diese Daten zu reduzieren und Wireline-Operationen zu vermeiden.

Während des Bohrens der Abschnitte 12 ¼" und 8 ½" erfolgt die LWD-Datenbewertung in Echtzeit, um über die Durchführung eines Produktionstests zu entscheiden. Es ist daher nicht möglich, für die Durchführung der Produktionstests eine Zieltiefe anzugeben.

Die Kriterien für diesen Entscheid werden im Bohrprogramm dargelegt.

Sollte ein Produktionstest ein positives Resultat ergeben, werden (kabelgebundene) Logging-Operationen durchgeführt, um hochaufgelöste Daten zu erhalten.

1. Während des Bohrens sind MWD (Measurement while Drilling) und LWD (Logging while Drilling) mindestens ausgerüstet mit:

GR (Gamma Ray) – DENS/NEUT (Density/Neutron) – RES (Resistivity) - Borehole Image

Für Druck und Temperatur: PWD und TWD (Pressure and Temperature while drilling).

Diese Daten sind notwendig, um die Formationen während des Bohrens zu erkennen und ihre Parameter (Porosität, vorhandene Fluide usw.) zu messen.

Folgende Ausrüstung könnte eingesetzt werden:

- FPWD (Formation Pressure while Drilling)
2. Sollten die Messungen von LWD und MWD positive Ergebnisse liefern:
- Wird ein 12-Stunden-Produktionstest durchgeführt
3. Sollte der Produktionstest ein positives Ergebnis liefern:
- Werden folgende hochaufgelöste Messungen (Logs) durchgeführt:
 - GR (Gamma Ray) – DENS/NEUT (Density/Neutron) – SONIC – RES (Resistivity)

- Magnetic Resonance – Sonic Scanner – Ultrasonic Borehole Image – Multifinger Caliper
- Laterale Kernbohrungen im Reservoir
- Es wird ein langer Produktionstest durchgeführt.
- 36-stündiger Produktionstest
- 36 Stunden Stopp und Beobachtung
- 36-stündiger Produktionstest mit verschiedenen Durchsätzen
- 36-stündiger Injektionstest

usw.

4.2 Auflagen

Die Entnahme eines Bohrkerns im Reservoir ist eine Auflage für die kantonale Forschungsbewilligung für Ittigen bei Erkundungsbohrungen, die ihre Ziele erreicht haben. Bei einem Erfolg werden daher im Reservoir laterale Kernbohrungen durchgeführt.

Eine der Auflagen der kantonalen Forschungsbewilligung für Ittigen ist die Datenerfassung durch die Basismessungen (Logs) in allen Bohrungen, soweit möglich (GR, DENS/NEUT, Caliper). So werden diese Daten im LWD-Verfahren (Logging while Drilling) ab dem 17 ½"-Abschnitt erfasst.

Auf dem Markt konnten keine Messgeräte gefunden werden, die es erlauben, diese Daten in weniger tiefen Abschnitten zu sammeln.

4.3 Beurteilung des Reservoirs

Die Eigenschaften des Reservoirs werden vorgängig (vor dem Produktionstest) bewertet mit Hilfe der Informationen von:

- LWD und MWD – direkte Interpretation der Parameter des Reservoirs (Porosität, Permeabilität, Fluide usw.)
- Der Überwachung der Bohrspülungsverluste (möglicher Hinweis auf die Durchlässigkeit des Reservoirs)
- Dem Überdruck des Reservoirs (möglicher Hinweis auf die Durchlässigkeit des Reservoirs)
- Den Bohrparametern und der Stabilität des offenen Bohrlochs (möglicher Hinweis auf das Spannungsfeld und auf die möglichen Durchfluss Potential in der Nähe der Bohrung).

Der vorgängig durchgeführte 12-Stunden-Produktionstest erlaubt es, Folgendes zu beurteilen:

- Eigenschaften des Reservoirs (Permeabilität/Porosität)
- Umfang des Reservoirs
- Volumen des Reservoirs
- Grenzen des Reservoirs
- Erwarteten Produktionsdurchsatz
- Druckunterstützung
- ...

Die weiteren Produktionstests erlauben es:

- Die Ausdehnung und die Grenzen des Reservoirs im Detail zu beurteilen
- Die Wiederauffüllfähigkeit des Reservoirs zu bewerten
- Die Details der Produktions- und Injektionsvolumen zu beurteilen
- ...

Die Optionen für die Stimulation des Reservoirs werden im Bohrprogramm genauer vorgestellt.

5 Wirtschaftliche Beurteilung

Für das Projekt wurde ein Wirtschaftlichkeitstest durchgeführt:

Parameter	Einheit	P10	P50	P90
Umfang des Reservoirs	km ²	11	22	46
Volumen des Reservoirs	10 ⁶ m ³	110	440	1610
Permeabilität des Reservoirs	mD	9	14	23
Produktionsvolumen	m ³ /Tag	5500	8200	13 100
Grenze der Injektion (induzierte Seismizität)	Koeffizient (0–1)	0,7	0,82	0,95
Wassertemperatur an der Oberfläche	Grad	98	124	131
usw.
Leistung der Anlage	MW	4,9	6,4	9,1

- Die geschätzten Werte werden mit einer probabilistischen Bewertung (P10, P50, P90) angegeben, um ein Unsicherheitsniveau zu erfassen.
- P10 bedeutet, dass 10 % der Fälle unter diesem Wert liegen (das heisst nicht, dass dieser Wert mit 10%iger Wahrscheinlichkeit eintritt)
- P50 bedeutet, dass 50 % der Fälle unter diesem Wert liegen (das heisst nicht, dass dieser Wert mit 50%iger Wahrscheinlichkeit eintritt)
- P90 bedeutet, dass 90 % der Fälle unter diesem Wert liegen (das heisst nicht, dass dieser Wert mit 90%iger Wahrscheinlichkeit eintritt)

Obwohl die Unsicherheiten im Untergrund nach wie vor gross sind, soll dieser Test zeigen, dass das wirtschaftliche Risiko des Projekts akzeptabel ist und dass das Projekt zur geothermischen Nutzung vertretbar ist.

Folgende Punkte könnten ebenfalls in Betracht gezogen werden:

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