

Strategie für den Betrieb und den Unterhalt der Bohrungen der Geothermie Anlage Ittigen-A

Bauherrschaft: Name
12.03.2018

Bohringenieur: Name
Reservoir Ingenieur: Name
Supervisor Betrieb: Name
Projektleiter: Name

Bei diesem Dokument handelt es sich lediglich um ein Beispiel, das als Vorlage für die «Strategie für den Betrieb und den Unterhalt der Bohrlöcher» 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 als Strategie für den Betrieb und den Unterhalt der Bohrungen vorlegen könnte. Bei den Produktions-/Injektionsoperationen kann dieses Dokument als Unterstützung für die Überwachung der Tätigkeiten dienen.

Dieses Dokument soll die Fähigkeit und die Vorbereitung der Bauherrschaft aufzeigen, Tätigkeiten in den Bereichen Betrieb und Wartung zu führen.

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 als eine nicht artesische Bohrung.)

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

1	Bohrlochsystem	3
1.1	Beschreibung der Bohrungen	3
1.1.1	Details der Bohrung – Ittigen-01 Produktion	4
1.1.2	Details der Bohrung – Ittigen-02 Injektion	6
1.2	Schnittstelle der Oberflächenausrüstungen	7
2	Betrieb der Bohrungen	7
2.1	Produktionsstart/Produktionsstopp	7
2.2	Operative Grenzen	8
2.3	Notstopp	9
2.4	Überwachung	10
2.5	Abnormale Situation	10
3	Wartung der Bohrungen	11
4	Betriebsteam	11
5	Übergabe des Betriebs	12
6	Anhang	12

Abkürzungen

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 das Bohrloch

Liner = im oberen Rohr (und nicht im 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 das Bohrloch (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 genutzt

Master Valve = Hauptventil

Wing Valve = Produktionsventil

Kill Valve = Ventil für den seitlichen Zugang, Kill-Ventil (um die Bohrung zu isolieren)

Swab Valve = Ventil für den Zugang von oben

Unfall = ein nicht erwünschtes, zufälliges und unvorhergesehenes Ereignis, das eine oder mehrere Ursachen hat und das zu Schäden gegenüber Personen, Sachen oder der Umwelt führt.

Zwischenfall = ein unerwartetes Ereignis mit geringen Auswirkungen (im Gegensatz zum Unfall, der starke Auswirkungen hat) oder ein an sich unbedeutendes Ereignis, das aber schwerwiegende Auswirkungen haben kann.

1 Bohrlochsystem

Konzession: BE-99877-ITTG-2019

Installation: Ittigen-A, Geothermiestrasse 23, 3063 Ittigen, Bern

Bauherrschaft: Ittigen Geothermie AG

Betriebsbohrungen:

- Ittigen-01 (Injektion)
- Ittigen-02 (Produktion)
- Ittigen-03 (Überwachungsbohrung)

1.1 Beschreibung der Bohrungen

Die Bohrungen Ittigen-01 und Ittigen-02 funktionieren als geothermische Dublette. So wird das aus der Bohrung Ittigen-02 extrahierte Wasser vollumfänglich wieder in die Bohrung Ittigen-01 injiziert (geschlossener Kreislauf).

Die Bohrung Ittigen-03 ist eine Erkundungsbohrung (Explorationsbohrung), die in eine Überwachungsbohrung umgenutzt wurde.

Nachfolgend werden Bilder der Bohrungen in der Geothermie Anlage gezeigt:



Quelle: <http://www.bine.info/en/publications/publikation/geothermische-stromerzeugung-in-soultz-sous-forets/> und www.20minutes.fr

Da im Geothermie Wasser eine geringe Menge Erdgas enthalten ist, wurde an der Oberfläche ein Trennsystem installiert, um dieses Gas abzutrennen und so das Korrosionsrisiko begrenzen zu können. Das betreffende Gasvolumen wird auf wenige Liter pro Tag geschätzt und in der Raffinerie Ittigen verarbeitet.

Die Bohrungen wurden wegen des natürlichen artesischen Drucks (32 bar an der Oberfläche) mit zwei Bohrlochbarrieren konstruiert.

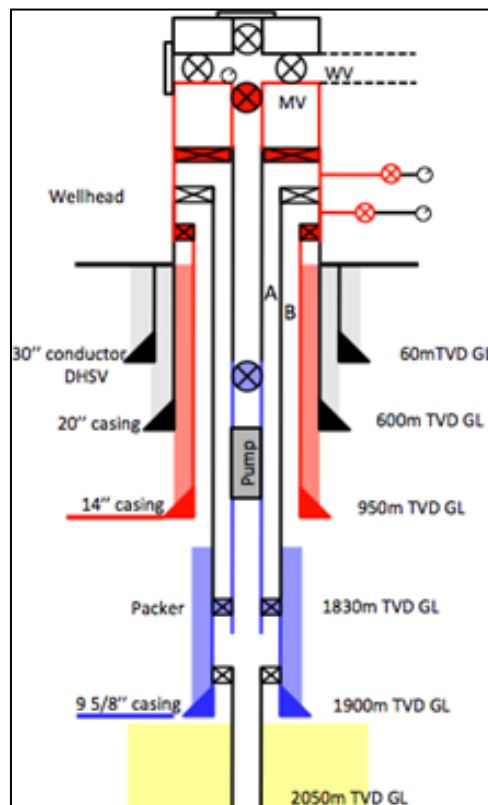
1.1.1 Details der Bohrung – Ittigen-01 Produktion

Die Bohrung wurde auf folgende Belastung ausgelegt:

- Oberflächendruck von 50 bar
- Oberflächentemperatur von 175 Grad Celsius

Diese Bohrung verfügt über eine Unterwasserpumpe zur Erhöhung des Produktionsdurchsatzes.

Zwischen dem Bohrlochkopf und einer Tiefe von 1830 m MD GL wurde ein Produktionsstrang installiert, um das Produktionsrohr vor Korrosion zu schützen. Nachfolgend findet sich ein Schema der Bohrlochbarrieren:



Die primäre Barriere wird in Blau dargestellt, mit einem betätigten Element (DHSV: Downhole Safety Valve = Untertagesicherheitsventil)

Die sekundäre Barriere wird in Rot dargestellt, mit 3 betätigten Elementen (Hauptventil, Ringkolbenventil A, Ringkolbenventil B).

Für weitere Angaben zu den Bohrlochbarrieren wird auf die Strategie für die Sicherheit der Bohrungen verwiesen.

Nachfolgend findet sich das Bohrlochkopfschema:

Folgende Punkte könnten ebenfalls in Betracht gezogen werden:

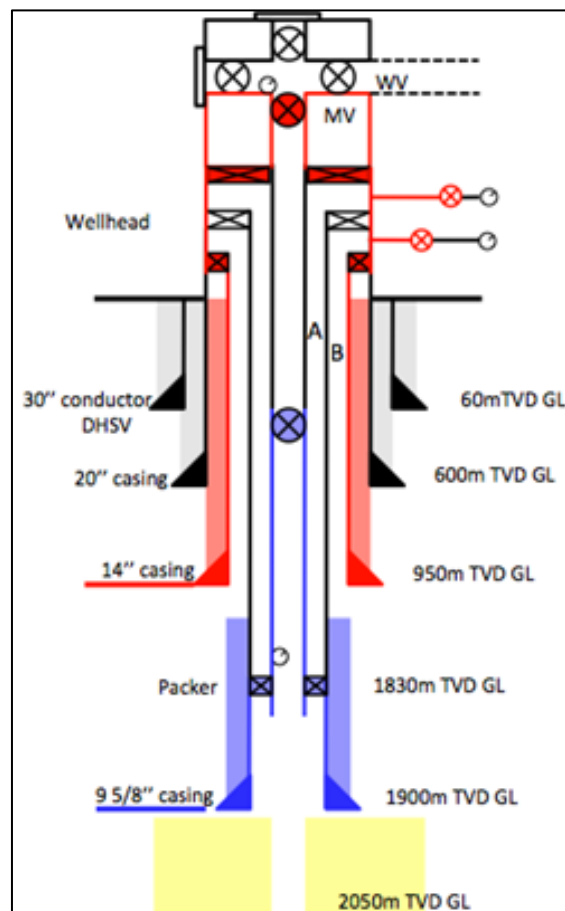
- Details für die Komplettierung der Bohrung
- Details der Unterwasserpumpe

1.1.2 Details der Bohrung – Ittigen-02 Injektion

Die Bohrung wurde auf folgende Belastung ausgelegt:

- Oberflächendruck von 150 bar
- Oberflächentemperatur von 175 Grad Celsius

Zwischen dem Bohrlochkopf und einer Tiefe von 1830 m MD GL wurde ein Produktionsstrang installiert, um das Produktionsrohr vor Korrosion zu schützen. Nachfolgend findet sich ein Schema der Bohrlochbarrieren:



Die primäre Barriere wird in Blau dargestellt, mit einem betätig baren Element (DHSV: Downhole Safety Valve = Untertagesicherheitsventil)

Die sekundäre Barriere wird in Rot dargestellt, mit 3 betätig baren Elementen (Hauptventil, Ringkolbenventil A, Ringkolbenventil B).

Für weitere Angaben zu den Bohrlochbarrieren wird auf die Strategie für die Sicherheit der Bohrungen verwiesen.

Für die Details des Bohrlochkopfs von Ittigen-02 wird auf Ittigen-01 verwiesen, da dort das gleiche Modell verwendet wurde.

Folgende Punkte könnten ebenfalls in Betracht gezogen werden:

- Details für die Komplettierung der Bohrung

1.2 Schnittstelle der Oberflächenausrüstungen

Die Bohrung ist über die Oberflächenausrüstungen verbunden mit:

Leitungen:

- Produktionsleitung – angeschlossen an den Wärmetauscher
- Kill-Leitung – angeschlossen an eine Hydraulikpumpe, die für den Druckausgleich auf beiden Seiten der Ventile und für einen sicheren Betrieb derselben verwendet wird.
- Die Leitung des Ringraums A, die verwendet wird, um den Überdruck aus dem Ringraum A abzulassen (Temperatureffekt).
- Hydraulikleitungen:
 - Das Produktions- und das Hauptventil werden beide über hydraulische Kolben betrieben. Die zugehörigen Leitungen für die Hydraulikregelung sind am Bohrlochkopf angeschlossen.
 - Das Untertagesicherheitsventil (DHSV: Downhole Safety Valve) wird über ein am Bohrlochkopf angeschlossenes Hydrauliksystem betrieben.
- Stromkabel:
 - Um die Unterwasserpumpe mit Energie zu versorgen, wird ein Stromkabel am Bohrlochkopf angeschlossen, das entlang des Produktionsstrangs verläuft.
- Sensoren:
 - Druck- und Temperatursensoren sind am Bohrlochkopf angeschlossen (zentraler Hohlraum und an die Ringräume).
 - Auf Ebene des Kill- und des Swab-Ventils sind Manometer angeschlossen.
 - Ein Durchflussmesser ist auf der Produktionsleitung montiert.

Begrenzung des «Bohrlochsystems»

Das «Bohrlochsystem» umfasst alle unterirdischen Vorrichtungen sowie alle Oberflächenvorrichtungen bis zum Flansch des Produktionsventils.

Folgende Punkte könnten ebenfalls in Betracht gezogen werden:

- Präsentation eines R+I-Fliessschemas
- Fälle einer Produktion von im Formationsfluid enthaltenen Gasen (CO₂, Erdgas usw.) und des Umgangs mit ihnen an der Oberfläche.

2 Betrieb der Bohrungen

2.1 Produktionsstart/Produktionsstopp

Vorgehensweise beim Produktionsstart:

Bei jedem Produktionsstart der Anlage werden die Bohrungen Ittigen-01 und Ittigen-02 nach der folgenden Abfolge in Betrieb genommen:

- Öffnen des Produktionsventils, anschliessend des DHSV von Ittigen-02 (Injektion)
- Öffnen des Produktionsventils, anschliessend des DHSV von Ittigen-01 (Produktion)
- Schliessen des Produktionsventils von Ittigen-01 (Produktion)
- Anfahren der Unterwasserpumpe von Ittigen-01 (minimaler Durchfluss);

Funktionsbestätigung

- Öffnen des Produktionsventils von Ittigen-01 (Produktion)
- Bestätigung der Zirkulation
- Anfahren der Oberflächen-Injektionspumpe (geringer Durchfluss); Funktionsbestätigung
- Langsame und fortlaufende Steigerung der Unterwasser- und der Injektionspumpe; Überprüfung der Parameter
- Nach Stabilisierung der Injektion Anfahren des Sekundärkreises der Geothermie Anlage
- usw.

Während des Prozesses des Produktionsstarts steigt der Druck in den Ringräumen wegen der zunehmenden Temperatur über die annehmbare Grenze. Der Druck in diesen Ringräumen wird periodisch abgelassen.

Vorgehensweise zum Produktionsstopp:

- Langsames und fortlaufendes Herunterfahren der Unterwasser- und der Injektionspumpe.
- Anhalten der Injektionspumpe
- Anhalten der Unterwasserpumpe
- Schliessen des Produktionsventils von Ittigen-01 und Durchführung der Dichtigkeitsprüfung
- Schliessen des DHSV von Ittigen-01 und Durchführung der Dichtigkeitsprüfung
- Schliessen des Produktionsventils von Ittigen-02 und Durchführung der Dichtigkeitsprüfung
- Schliessen des DHSV von Ittigen-02 und Durchführung der Dichtigkeitsprüfung

Folgende Punkte könnten ebenfalls berücksichtigt werden:

- Darstellung der Vorgehensweisen für den Produktionsstart und -stopp im Anhang
- Berechnung des maximalen Ringraumdrucks
- Verweis auf das Vorgehen zum Produktionsstart der gesamten Geothermie Anlage
- Verweis auf das Testverfahren der Ventile
- Verfahren zur Reinigung der Bohrungen (und der spezifischen Ausrüstungen)
- Möglichkeit, Stickstoff in die Ringräume zu injizieren, um Druckschwankungen zu begrenzen

2.2 Operative Grenzen

Maximaler Bohrlochkopfdruck:

Ittigen-01 (Produktion): 50 bar

Ittigen-02 (Injektion): 150 bar

Maximaler und minimaler Ringraumdruck:

Ittigen-01 und Ittigen-02: 5/30 bar

Maximale Bohrlochkopftemperatur:

Ittigen-01 und Ittigen-02: 175 Grad Celsius

Maximaler Durchfluss:

Ittigen-01 und Ittigen-02: 4000 m³/Tag

Maximaler Injektionsdruck Ittigen-02:

- 82 bar (Oberfläche) / 294 bar (am Grund des Grundwasserleiters)
- Mit einer Überwachung der dynamischen Injektionsparameter

Zusammensetzung des Wassers:

- Begleitgase maximal: 50 l/min (maximale Kapazität der Anlage)
- gelöstes CO₂ maximal: 30 000 ppm (hohes Korrosionsrisiko)
- gelöstes H₂S maximal: 30 000 ppm (hohes Korrosionsrisiko)
- Maximale Trübung: 500 NTU
 - pH min./max.: 4,8/9,2
- Mikrobielle Aktivität: ...
- usw.

Folgende Punkte könnten ebenfalls berücksichtigt werden:

- Grenzen im Zusammenhang mit den für die Bohrung identifizierten Risiken (Verweis auf die Risikoanalyse)

2.3 Notstopp

Das Notstoppsystem kann eigenständig aktiviert werden durch:

- einen Mitarbeiter im Kontrollraum (ferngesteuert)
- einen Mitarbeiter vor Ort (Notstopptaster)
- Das Leckerkennungssystem des primären und des sekundären Kreises
- usw.

Das Notstoppsystem hat folgenden Ablauf:

- Anhalten der Unterwasser- und der Injektionspumpe
- Schliessen der DHSV-Ventile der beiden Bohrungen (Stopp + 10 s)
- Schliessen der Produktionsventile der beiden Bohrungen (Stopp + 20 s)
- Schliessen der Hauptventile der beiden Bohrungen (Stopp + 40 s)
- Überwachung der Bohrlochparameter während 30 min / bis zu einer Stabilisierung von Druck und Temperatur.
- Situationsdiagnose

Folgende Punkte könnten ebenfalls berücksichtigt werden:

- Wert der Alarme und der Parameter im Zusammenhang mit einem Alarm
- Auffangen eines Austritts gefährlicher/verschmutzender Fluiden.

2.4 Überwachung

Während des Betriebs werden folgende Parameter überwacht:

Ständige Überwachung:

- Druck und Temperatur an den Bohrlochköpfen Ittigen-01 und Ittigen-02
- Druck und Temperatur an Endtiefe der Bohrung Ittigen-02
- Oberflächendurchfluss (gemessen in der Bohrung Ittigen-01)
- Parameter der Unterwasserpumpe der Bohrung Ittigen-01
- ...

Tägliche Überwachung:

- Zusammensetzung der Bohrspülung: pH, Mineralität, Durchlässigkeit usw.
- Druck der Ringräume der Bohrungen Ittigen-01 und Ittigen-02
- ...

Wöchentliche Überwachung:

- Indikator der Korrosionssonde
- Indikator der Ablagerungssonde
- Druck des Bohrlochkopfs Ittigen-03 (Überwachungsbohrung)

Monatliche Überwachung:

- Detaillierte Zusammensetzung der Bohrspülung (Probe und Laboranalyse)

Folgende Punkte könnten ebenfalls in Betracht gezogen werden:

- Fernüberwachung des Betriebs und dessen Grenzen

2.5 Abnormale Situation

Bei einer abnormalen Situation wird folgendes Vorgehen befolgt:

- Abnormaler operativer Parameter (Druck, Temperatur, seismische Aktivität usw.) → Durchführung einer Initialdiagnose
- Situation verstanden → Beurteilung des Risikoniveaus → Korrekturmassnahmen (Produktionsstopp, Inspektion usw.)
- Situation nicht verstanden → Beurteilung des Risikoniveaus
- Unerhebliches Risiko → Fortsetzen der Diagnose
- Erhebliches Risiko → Einstellen der Operationen und Fortsetzen der Diagnose
- Bei einem erheblichen Risiko sind die lokalen Behörden über die abnormale Situation zu informieren:
- «Akzeptables» Risiko: E-Mail an Gemeinde/Kanton
- «Akzeptables» Risiko «mit Vorbehalt»: E-Mail + Informationssitzung Gemeinde/Kanton
- «Inakzeptables» Risiko: Telefon + E-Mail + Informationssitzung Gemeinde/Kanton

Die Risikobeurteilung erfolgt gemäss der Risikomatrix, die in der Risikomanagementstrategie

beschrieben wird.

Folgende Punkte könnten ebenfalls berücksichtigt werden:

- Präsentation eines Prozesses für den Umgang mit abnormalen Situationen

3 Wartung der Bohrungen

Folgende Wartungsarbeiten werden geplant und ausgeführt:

Visuelle Inspektion der Bohrlochköpfe – wöchentlich

- Visuelle Inspektion
- Überprüfung von Druck und Temperatur der vergangenen Woche

Ventilprüfung – monatlich

- Funktionstests aller Ventile (Überprüfung der Reaktionszeit)
- Nach 3 aufeinanderfolgenden positiven Tests wird das Wartungsintervall auf 3 Monate ausgedehnt
- Test von Produktions- und Hauptventil mit Differenzdruck.
- Nach 3 aufeinanderfolgenden positiven Tests wird das Wartungsintervall auf 3 Monate ausgedehnt

Inspektion des Bohrlochkopfes und Überprüfung der Verbindungen – jährlich

- Detaillierte visuelle Inspektion (spezialisierte Subunternehmer)
- Schmieren der Ventile
- Drucktest der Verbindungen
- Test aller Ventile mit Differenzdruck
- Drucktest des Ringraumes A

Korrosionsinspektion des Produktionsstrangs – zweijährlich

- Messung (Logging) der Dicke des Produktionsstrangs (logging mit Multi-Finger Caliper» und «USIT»)
- Wenn sich die Korrosionsgeschwindigkeit als sehr gering erweist, wird das Wartungsintervall auf 4 Jahre ausgedehnt.

Folgende Punkte könnten ebenfalls berücksichtigt werden:

- Vorbeugende / Korrektive / Voraussagbare Wartung

4 Betriebsteam

Das Betriebsteam besteht aus:

- 1 Betriebsingenieur (vor Ort)
- 3 Mitarbeitern (Subunternehmer: Ittigen Inspektion AG)
- 1 Wartungstechniker
- 1 Labortechniker/in (Subunternehmer: Ittigen Labor AG)
- 1 Betriebsleiter + Team für die Überwachung rund um die Uhr (Subunternehmer: Ittigen

Wartung AG)

Das Überwachungsteam überwacht die Betriebsparameter aus der Ferne und reagiert bei Problemen.

Der Betriebsleiter gewährleistet die Koordination der Arbeit mit dem Rest des Unternehmens.

Folgende Punkte könnten ebenfalls berücksichtigt werden:

- Ein Organisationsschema des Teams kann vorgelegt werden.

5 Übergabe des Betriebs

Immer, wenn eine Bohrung durch ein anderes Team als das Betriebsteam betrieben wird (Intervention am Kabel, Injektion in die Bohrung, Wechsel des Produktionsstrangs usw.), wird ein Prozess «Übergabe des Betriebs» / «Übertragung der Verantwortung» durchgeführt.

Dieser Prozess hält den Status der Bohrung zu dem Zeitpunkt fest, zu dem die Verantwortung für die Bohrung vom Betriebsteam an ein anderes Team übertragen wird.

Diese «Übergabe des Betriebs» hält Folgendes fest:

- Die Komplettierung der Bohrung
- Die Verbindung der Bohrung mit den Oberflächeneinrichtungen
- Die Verbindung der Bohrung mit dem Grundwasserleiter
- Die Position sämtlicher Ventile der Bohrung
- Der Verschleiß (Abnutzung, Korrosion, Erosion) der Bohrung
- Das Risikoniveau der Bohrung
- Sämtliche Angaben werden in das Dokument «Wichtige Angaben zur Bohrung» aufgenommen, das mit den genauen Angaben zur Bohrung zum Zeitpunkt der Übergabe des Betriebs aktualisiert wird.

6 Anhang

Die wichtigen operativen Verfahren können im Anhang beschrieben werden.