

Nahwärmeversorgung der Gemeinde Pullach mittels Geothermie

Tiefbohrungen ■ Mit der Einführung der neuen staatlichen Förderungsstrategien des Bundes zur Gewinnung geothermaler Energien wurden ab 2003 verstärkt geothermische Tiefbohrprojekte geplant und auch teilweise durchgeführt. Auch die Gemeinde Pullach i. Isartal hat sich dazu entschlossen, Erdwärme als erneuerbare Wärmequelle zu nutzen. Der folgende Bericht beschreibt die gesammelten Erfahrungen über die technischen Anforderungen an gerichtete Tiefbohrungen.



Quelle: IEP GmbH, 2005

Abb. 1 Bohrturm auf dem Gelände nördlich des Pullacher Gymnasiums: Durch hydraulisches Skidding war es möglich, den Bohrturm stehend um 7,5 Meter auf den 2. Bohransatzpunkt zu verschieben. Im Hintergrund ist die Schallschutzwand zu sehen, die auf Grund des Standorts innerhalb der Gemeinde Pullach zum Schutz der Anwohner gegen Lärmbelästigung errichtet wurde.

Die Gemeinde Pullach i. Isartal verfolgt mit ihrer Ende 2002 eigens für die Aufsuchung von Erdwärme gegründeten Tochter, der IEP – Innovative Energie für Pullach GmbH – die Wärmeversorgung gemeindlicher Liegenschaften und Gebäude sowie privater Kunden mittels umweltschonender, hydrothormaler Geothermie. Zwei abgelenkte geothermische Tiefbohrungen auf 3.550 Meter bzw. 4.120 Meter Bohrtiefe werden die regenerative Nutzung von Erdwärme aus dem Malm-Tiefengrundwasserleiter gewährleisten (**Abb. 1**). Die Bohrarbeiten im Rotary-Verfahren sind nach knapp sieben Monaten abgeschlossen.

Zeitliche Entwicklung des Projektes

Nach den ersten geologischen, hydrogeologischen und wirtschaftlichen Untersuchungen in Form einer Machbarkeitsstudie im Jahre 2001 fiel der Startschuss für die Geothermie im Herbst 2001 mit der bergrechtlichen Erlaubnis zur Aufsuchung von Erdwärme. Bis zum Bohrbeginn vergingen für die Erhebung der Wärmeabnehmer, Wirtschaftlichkeitsanalysen, weitere Vorplanungen und die EU-weite Ausschreibung weitere drei Jahre (**Tab. 1**).

Die Bohrarbeiten für die geothermische Dublette sind mit Niederbringung der abgelenkten Bohrung Pullach Th 1a abgeschlossen; die wasserwirtschaftlichen Testarbeiten zum Nachweis der Fündigkeit dauern derzeit noch an und werden bis zum Abzug der Bohranlage voraussichtlich 7,5 Monate in Anspruch genommen haben.

23.10.2001	Erlaubnis zur Aufsuchung von Erdwärme
Feb. 2002	Erste Wirtschaftlichkeitsanalyse
07.11.2002	Gründung der Innovative Energie für Pullach GmbH (IEP GmbH)
25.03.2003	Geologische und bohrtechnische Neubewertung des Projektes
Okt. 2003	Wirtschaftlichkeitsgutachten mit neuen Ausgangsdaten
20.11.2003	Weitere Detailplanungen
16.01.2004	EU-weite Ausschreibung für die Niederbringung der Geothermischen Dublette
02.08.2004	Beschluss des Gemeinderates zur alleinigen Durchführung des Geothermieprojektes
06.09.2004	Beginn des Bohrplatzbaus
10.09.2004	Vergabe der Bohrleistung an einen Generalunternehmer (ITAG Tiefbohr GmbH & Co. KG)
21.10.2004	Verlängerung der Erlaubnis zur Aufsuchung von Erdwärme
Ende 2004	Beginn Netzplanung
05.12.2004	Bohrbeginn Pullach Thermal 1
16.02.2005	Beendigung der Bohr- und Testarbeiten Pullach Thermal 1, Endteufe: 3.300 m (MD)
21.02.2005	Bohrbeginn Pullach Thermal 2
14.05.2005	Fertigstellung der Bohrung Pullach Thermal 2, Endteufe: 4.120 m (MD)
02.06.2005	Vertiefen der Bohrung Pullach Thermal 1 auf 3.550 m (MD)
23.06.2005	Sidetrack der Bohrung Pullach Th 1a ab 2.814 m
06.07.2005	Fertigstellung des Sidetracks Pullach Th 1a, Endteufe: 3.930 m (MD)

Quelle: ENDWERK GmbH

Tabelle 1 Der Zeitplan des Geothermieprojektes „Pullach“ erstreckt sich bislang auf rund vier Jahre.

ITAG

Ihr zuverlässiger Partner seit mehr als 90 Jahren

**Fahrbare und stationäre Anlagen
für Bohrungen und Aufwältigungen**

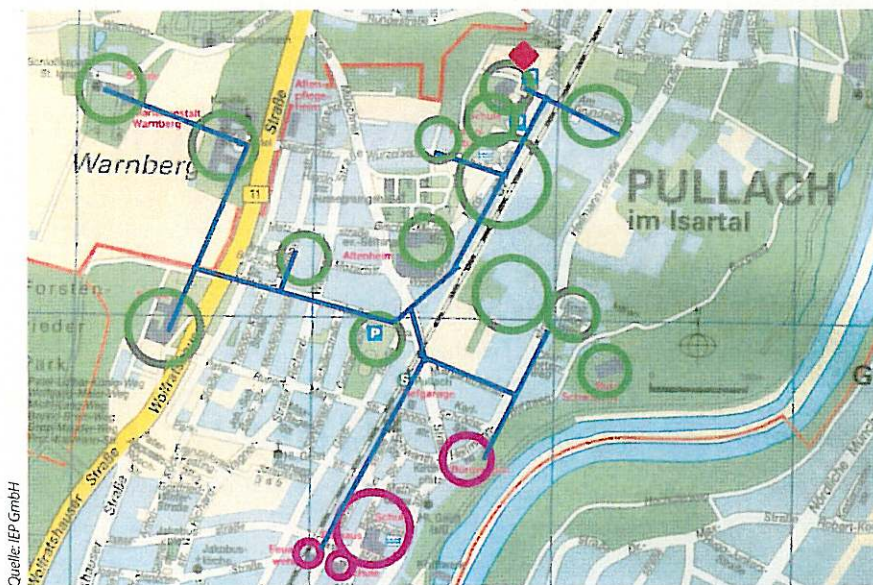


- Öl
- Gas
- Geothermie
- Unterspeicherung



ITAG Tiefbohr GmbH + Co. KG
 Itagstrasse · D-29221 Celle / Germany
 Tel. (0 51 41) 9 14-0 · Telefax (0 51 41) 9 14-3 88
 www.itag-celle.de · e-mail: info@itag-ce.de





Quelle: IEP GmbH

Abb. 2 Erste Vorplanung des Nahwärmenetzes zur Versorgung der gemeindlichen öffentlichen und halböffentlichen Einrichtungen. Grün markierte Einrichtungen werden im ersten Bauabschnitt angeschlossen, in pink ist der 2. Abschnitt markiert. Private Haushalte, die an der Netztrasse liegen, können ebenfalls angeschlossen werden.

Wärmenetz

Das auf 6,3 MW geothermische Leistung konzipierte Wärmenetz hat eine Gesamtlänge von sechs Kilometern und ist nach einigen wenigen Großabnehmern (Freizeitbad, Schulen, Rathaus, Jugendherberge, Kulturzentrum, Geschosswohnungssiedlungen der gemeindlichen Wohnungsbaugesellschaft etc.) ausgerichtet (**Abb. 2**). Eine Erweiterung des Netzes bei entsprechender Nachfrage von Kleinabnehmern ist möglich.

Geothermische Bohrungen

Die beiden Bohrungen Pullach Th 1 und Th 2 wurden nördlich des Pullacher Gymnasiums mit umfangreichen Schallschutzmaßnahmen niedergebracht, da der Bohrplatz in unmittelbarer Nähe zu reinem Wohngebiet liegt. Die Geothermiebohrungen erschließen die wasserführenden Malmkarbonate in einer vertikalen Teufe von ca. 2.820 bis 2.940 Meter unter Gelände. Die Bohrungen wurden teleskopartig in vier Phasen gebohrt und verbohrt: Beginnend mit einer 16"-Bohrphase, in die 13.3/8" Futterrohre eingebaut und zementiert sind, wurden die Bohrungen mit immer geringerem Bohrdurchmesser weiter in die Tiefe geführt, sodass sie mit einem Bohrdurchmesser von 6.1/8" enden, der die gesamte Bohrstrecke der Malmkarbo-

nate erschließt. Komplettiert sind die Bohrungen im Malm mit gelochtem 5"-Liner bzw. mit gelochtem 4.1/2"-Liner im Sidetrack.

Um den hydraulisch und thermisch notwendigen Abstand im Untergrund zu erreichen, müssen die Bohrungen abgelenkt niedergebracht werden, sodass sie an den Landepunkten etwa zwei Kilometer voneinander entfernt sind (**Abb. 3**).

Die Bohrung Th 1, die ab dem 5. Dezember 2004 niedergebracht wurde, ist ab 2.120 Meter mit einer Neigung von ca. 30° nach Norden abgelenkt und hat die Oberkante der Malmkarbonate in einer Teufe von ca. 2.820 Meter (ca. 2.900 Bohrmeter) mit einer horizontalen Entfernung vom Bohransatzpunkt von knapp 400 Meter erreicht. Die komplette Bohrung wurde in der Rekordzeit von nur 42 Tagen bis zur Endteufe in 3.300 Meter abgeteuft. Nach Einbau des gelochten Liners und dem Fündigkeitsnachweis durch einen Pumpversuch wurde die zweite Bohrung Pullach Th 2 niedergebracht. Diese ist ab 600 Meter mit einer Neigung von ca. 35° nach S abgelenkt und hat ihre Endteufe bei ca. 3.445 Meter (4.120 Bohrmeter) in 62 Tagen erreicht. Mit ersten Pumpversuchen im Anschluss an die Bohrarbeiten konnten ca. 45 l/s

Thermalwasser mit einer Temperatur von knapp 107 °C gefördert werden. Gemäß der Planung wird das Thermalwasser aus der Bohrung Th 2 gefördert und nach Abgabe der thermischen Energie in die Bohrung Th 1 reinjiziert.

Zur Erhöhung der wirtschaftlichen Nutzung der Geothermieanlage wurden die Eigenschaften der Reinjektionsbohrung Th 1 bezüglich der Aufnahme von Thermalwasser verbessert, indem durch Vertiefung und Absenkung die Erschließungslänge der Malmkarbonate vergrößert wurde. Die Bohrung wurde zuerst auf 3.550 Meter vertieft und anschließend im so genannten Dual Lateral-Verfahren ab ca. 2.815 Meter mit ca. 55°, gegen Ende sogar mit ca. 70°, abgelenkt durch die Malmkarbonate gebohrt. **Abbildung 4** zeigt den tatsächlichen Bohrlochverlauf der beiden Bohrungen.

Richtbohrtechnisches Niederbringen der Geothermiebohrungen

Die Bohrungen Pullach Th 1 und Th 2 wurden als Dublette von einem Bohrplatz mit einem Abstand von nur 7,5 Meter der beiden Ansatzpunkte zueinander abgebohrt. Zum kontrollierten Niederbringen der ersten Bohrstrecke (16") der Th 1 und zum späteren Nachvollziehen des Bohrlochverlaufs nach Neigung und Richtung beim Niederbringen der Bohrung Pullach Th 2 wurde die Neigung der Bohrung Th 1 zunächst auf 3° in die der Th 2 entgegen gesetzten Richtung aufgebaut und dann als Tangente bis zur 13.3/8" Verrohrungsteufe gehalten. Dadurch konnte die anschließende Bohrung Th 2 ohne Kollisionsrisiko senkrecht gebohrt werden.

Bohren mit Untertagemotoren

In der 12.1/4" Sektion sollte die bestehende Neigung ausschließlich gehalten werden, weswegen auf den Einsatz von Richtbohrservice und Bohrmotoren verzichtet wurde. Es lohnt sich jedoch immer eine Vergleichskalkulation, in der das Rotarybohren und das Bohren mit Untertagemotoren verglichen werden sollte. Durch den erhöhten Bohrfortschritt mit Untertagemotoren kann sich gegebenenfalls im Vergleich zum Rotarybohren mit gerin-

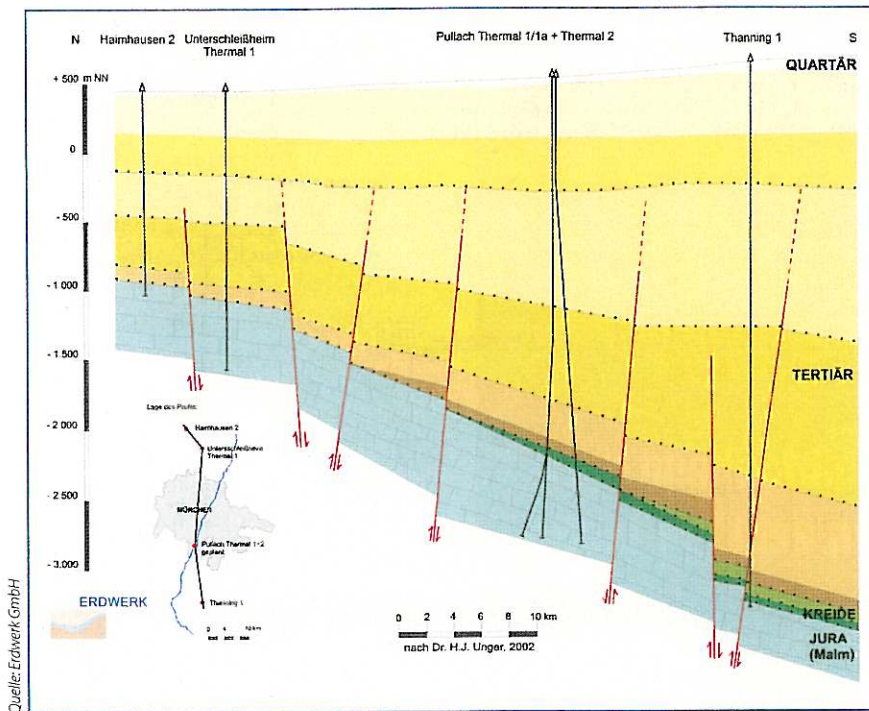


Abb. 3 Schematisches geologisches Profil durch München mit den Bohrungen Pullach Thermal 1 und Thermal 2. Die karbonatische Malmplattform (hellblau) fällt durch die Auflast der tertiären Molassesedimente (Braun- und Gelbtöne) gegen Süden bis unter die Alpen ein. Im Stadtgebiet München liegt die Oberkante der Thermalwasser führenden Malmkarbonate in Teufen zwischen 1.200 m und 2.300 m unter NN.

geren Bohrfortschritten ein deutliches Einsparpotenzial bei längeren Sektionen ergeben mit positiven Effekten wie der Schonung von Bohrstrang, Verrohrung sowie der Bohranlage selbst. Eine Pauschalisierung ist hier jedoch nicht möglich und bedarf immer der genaueren Analyse. In jedem Fall ist die Zuverlässigkeit der Motoren zu berücksichtigen, da ein zusätzlicher Ausbau durch Motorschaden das Kalkulationsergebnis umkehren kann.

Hohe Anforderungen an Richtbohrarbeiten

Durch das Rotarybohren in der 12.1/4" Sektion fiel die Neigung in den weichen Formationen der durchteuften Molassesedimente gegen Null ab. Eine Gefahr der Kollision beim Abteufen der Bohrung Th 2 bestand jedoch zu keiner Zeit, da die Th 2 in dieser Sektion bereits nach Süden hin abgelenkt gebohrt werden sollte. Für die folgende Bohrstrecke von ca. 1.000 Meter mit 8.1/2" war ursprünglich der Einsatz der steuerbaren Richtbohrgarnitur nur für die Aufbausektion geplant. ►

OBERFLÄCHENNAHE Geothermie

Ausführungsplanung
Bauleitung
Endkontrolle

ERDWERK
hydrogeologie geothermie

TIEFE HYDROTHERMALE Geothermie

Machbarkeitsstudien
Bergrechtliches Genehmigungsverfahren
Bohrtechnische Planung, Ausschreibungsverfahren
Geologische und technische Bauleitung

Aktuelle Tiefbohrprojekte

Geologische und geotechnische
Generalplanung für die
geothermischen Dubletten

Pullach im
Isartal (2005)



Messestadt Riem (2003 - 2005)

Viktoriastr. 24
D-80803 München
Tel.: +49-89-38887488
Fax: +49-89-38887489
office@erdwerk.com
www.erdwerk.com

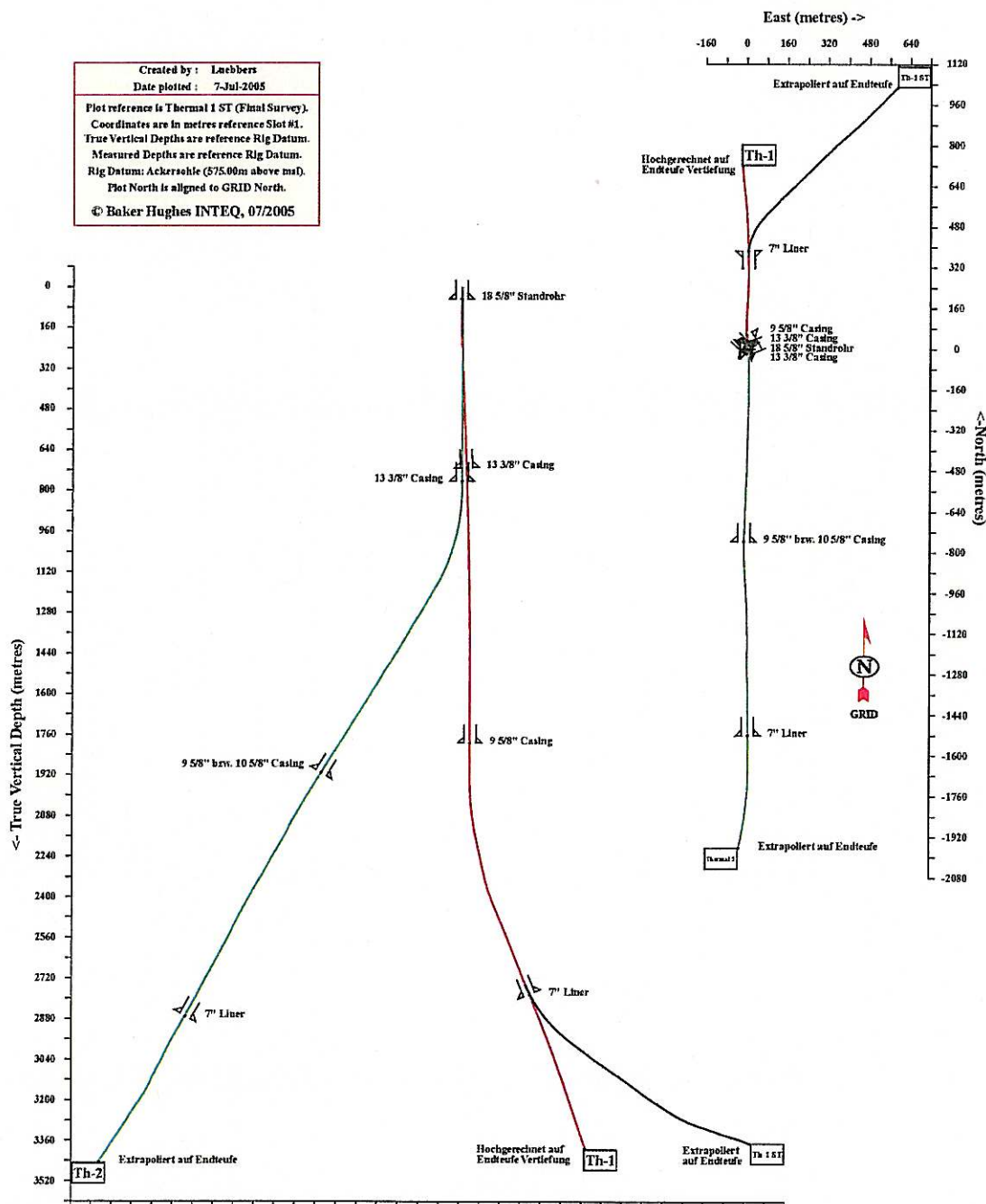


ITAG

Location:	BAYERN	Slot:	Slot #1
Field:	PULLACH	Well:	Thermal 1 ST
Installation:	THERMAL	Wellbore:	Thermal 1 ST (Final Survey)



Created by: Luebbbers
Date plotted: 7-Jul-2005
Plot reference is Thermal 1 ST (Final Survey).
Coordinates are in metres reference Slot #1.
True Vertical Depths are reference Rig Datum.
Measured Depths are reference Rig Datum.
Rig Datum: Ackerschle (575.00m above masl).
Plot North is aligned to GRID North.
© Baker Hughes INTEQ, 07/2005



Quelle: Baker Hughes INTEQ GmbH

Abb. 4 Tatsächlicher Bohrlochverlauf der Bohrungen Pullach Th 1, Th 1a und Th 2 in vertikaler und horizontaler Darstellung. Die Absetzteufen der Rohrtouren sind ebenfalls dargestellt.

Bereits zu Beginn dieser Sektion zeigte sich, dass in den anstehenden Formationen ein Halten der Neigung beim Rotarybohren nicht möglich war, sodass das Richtbohrerquipment für die gesamte Sektion zur Verfügung stehen musste. In Folge der geringen Richtbohrereigenschaften des PDC-Meißels (zu hohe Aggressivität) war ein Ein-

richten der Garnitur nur bedingt möglich, sodass zwischenzeitlich auf Rollenmeißel zurückgegriffen wurde. Insgesamt wurden an die Richtbohrarbeiten hohe Anforderungen gestellt und konnten erfolgreich mit Erreichen der 7" Verrohrungsteufe bei einer Neigung von ca. 30° abgeschlossen werden. Die 6.1/8" Sektion wurde im Ro-

taryverfahren ohne Richtungs- und Neigungskontrolle abgeteuft.

Neigungsaufbau

Nach dem Verrohren und Testen der Bohrung Th 1 begannen die Bohrarbeiten für die Th 2. In der 16" Bohrphase waren Richtbohrarbeiten nicht erforderlich, da bereits beim Bohren

der Th 1 im ersten Bohrabschnitt eine Ablenkung durchgeführt wurde, welche sicherstellte, dass ein Kollisionsrisiko vermieden wurde und die Bohrstrecke mit Single-Shots vermessen werden konnte. Für den Neigungsaufbau in der 12.1/4" Sektion wurde nach den Erfahrungen aus der Bohrung Pullach Th 1 in der 8.1/2" Sektion von Beginn an ein Rollenmeißel aufgenommen, mit dem ohne Schwierigkeiten die geplante 40°-Neigung aufgebaut werden konnte. Erst danach wurde für die Haltephase ein PDC-Meißel eingesetzt. Die steuerbare Richtbohrgarnitur wurde beibehalten, um dem natürlichen Abbau der Neigung kontrolliert entgegenzusteuern.

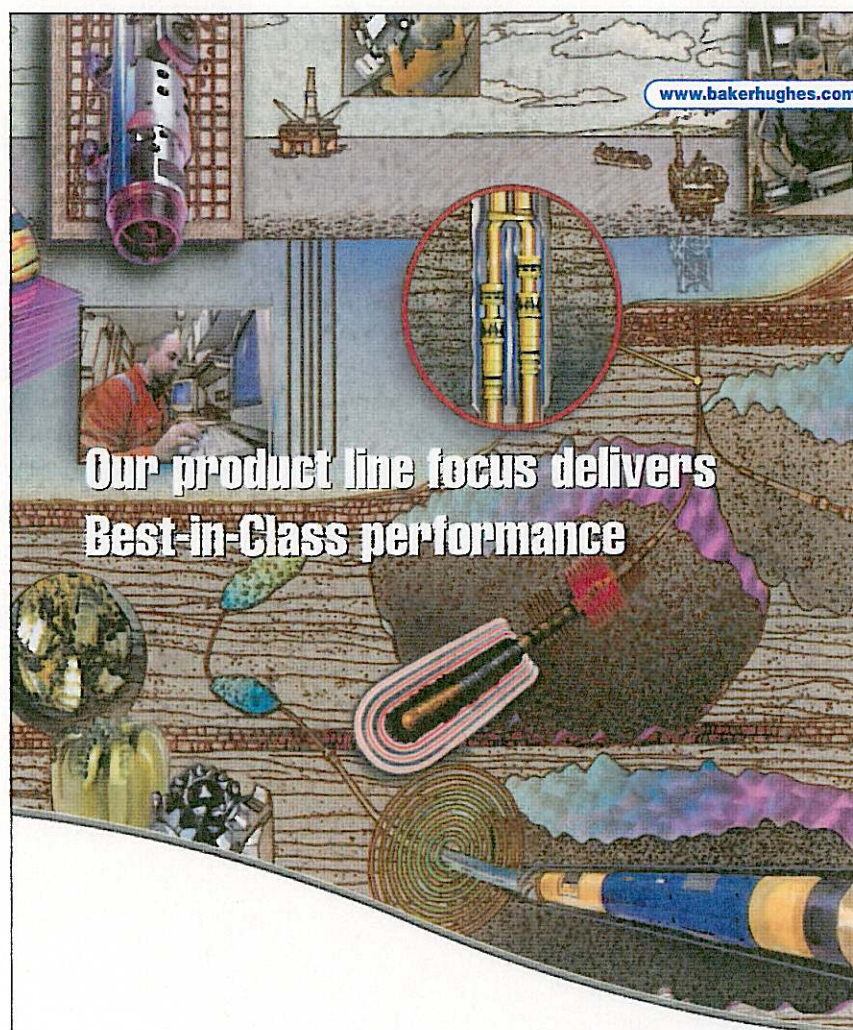
Bohren mit stabilisierter Garnitur

Die nachfolgende 8.1/2" Sektion (Haltephase) wurde in Folge der Erkenntnisse aus der Th 1 als auch aus der Th 2 mit steuerbarer Richtbohrgarnitur gebohrt. Um Differential-Sticking vorzubeugen, bei dem sich der Bohrstrang auf Grund von Druckunterschieden zwischen Bohrloch und Gebirge an der Bohrlochwand „festsaugt“, wurde mit entsprechend stabilisierter Garnitur gebohrt.

Nach dem Setzen der 7" Verrohrung wurde das Bohren der 6.1/8" Sektion im Rotaryverfahren begonnen. Mit zunehmender Bohrteufe erhöhten sich die von Obertage aufzubringenden Strangdrehmomente, während der Bohrfortschritt kontinuierlich abnahm, sodass die Entscheidung getroffen wurde, eine Motorleistungsbohrgarnitur aufzunehmen. Die eingesetzte Motorgarnitur erreichte bei einer Verdoppelung des Bohrfortschrittes in 38,5 Bohrstunden über die Bohrstrecke von 300 Meter die Endteufe der Bohrung Pullach Th 2. Nach den ersten Förder-tests hatte sich die Bohrung als sehr produktiv erwiesen und wurde somit als Förderbohrung eingestuft.

Vertiefung der Bohrung

Durch die sehr guten Ergebnisse aus den Fördertests an der Bohrung Pullach Th 2 ergab sich der Konflikt, dass die Fördermenge an Thermalwasser nicht in die Th 1 injiziert werden konnten. Daher wurde der gelochte 5" Liner aus der Th 1 gezogen und die Boh-



Our product line focus delivers
Best-in-Class performance

Baker Hughes specializes in providing the right technology for oil, gas and geothermal wells.

At Baker Hughes, our divisions are specialists in drilling, formation evaluation, completion and production. So you get best-in-class products and services. Engineered specifically for your wells. Applied by experts. And supported by a major, worldwide service company.

See how our focused approach can deliver best-in-class performance on your next project. To learn more about Baker Hughes products and services, log onto www.bakerhughesdirect.com.

For Best-in-Class technologies contact Baker Hughes.

Best-in-Class

© Baker Hughes Incorporated. All rights reserved.



Baker Atlas Baker Hughes INTEQ
Hughes Christensen Centrilift,
Baker Oil Tools Baker Petrolite
Christensenstrasse 1,
29221 Celle Germany

Tel. +49 (0) 5141 203 0
Fax +49 (0) 5141 203 296

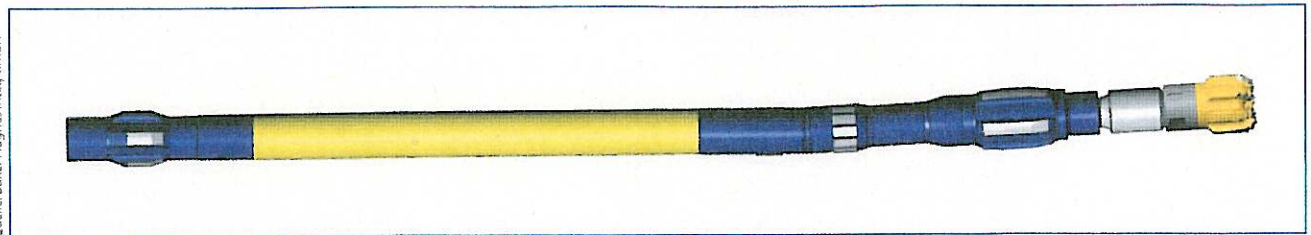


Abb. 5 Untertagemotor mit Adjustable Kick-off (AKO), mit dem der Neigungsaufbau beim gerichteten Bohren eingestellt werden kann. Der Untertagemotor befindet sich im Bohrloch direkt über dem Meißel und lenkt diesen.

rung in einer ersten Maßnahme vertieft. Für eine zusätzliche Erhöhung der wirtschaftlichen Nutzung wurde eine Dual Lateral-Ablenkung aus dem 7" Liner durchgeführt.

Plug und Whipstock

Eine Ablenkung aus dem verrohrten Bohrloch kann unter Berücksichtigung des kontrollierten und temporären Verschließens der Stammborung die Sicherheit gewährleisten, dass sowohl Stammborung als auch die Ablenkboration in technisch einwandfreiem Zustand für die zukünftige Nutzung zur Verfügung stehen. Die Vorbereitungen dafür begannen mit dem Setzen eines ziehbaren Plugs im 7" Liner, der die Stammborung temporär verschließt und eine kontinuierliche Spülungszirkulation garantiert. Nach dem Setzen eines ziehbaren Whipstocksystems oberhalb des Plugs, das mit seiner Rampe den Fräsmeißel gezielt führt, um ein Fenster in den Liner zu fräsen, wurde in der abgelenkten Bohrung die Neigung vorerst auf 55° aufgebaut und die Richtung nach 45° gedreht. Drehmomentprobleme traten in der Ablenkung nicht mehr auf, da aus den Erfahrungen aus der Bohrung Th 2 ein Bohrgestänge mit verbesserter Güte eingesetzt und die Bohrung generell mit steuerbaren Richtbohrarnituren vertieft wurde.

Um den unteren Bereich der Malmkarbonate, in dem die überwiegenden

Anzeichen auf geeignete Fließwege auftraten, auf eine möglichst lange Strecke zu erschließen, wurde die Neigung der Bohrung bis auf ca. 72° Neigung aufgebaut und bis zur geplanten Endteufe des Sidetracks erfolgreich vertieft.

Pumpversuch

Derzeit laufen die Vorbereitungen für den Pumpversuch, über den hydraulische Daten ermittelt und Aussagen über die Ergiebigkeit der Bohrung Th 1a getroffen werden können. Im Anschluss daran werden Whipstock und Plug gezogen, sodass sowohl Stammborung Th 1 als auch Sidetrack Th 1a für eine Dublettennutzung zur Verfügung stehen.

Zusammenfassung

- Die bereitgestellte Tiefbohranlage hatte in jedem Punkt ausreichende Kapazitäten als auch Reserven, so dass in jeder Phase der Bohr- und sonstigen Arbeiten höchste bohrtechnische Sicherheit gewährleistet war und auf Planungsänderungen ohne Schwierigkeiten eingegangen werden konnte.
- Der Erfolg der einzelnen Bohrungen ist sehr stark abhängig vom Zusammenspiel der mitarbeitenden Firmen als auch von den finanziellen Reserven für das Projekt, um auftretende Schwierigkeiten überlegt und erfolgreich zum wirtschaftlichen Gesamterfolg zu führen.

- Aus richtbohrtechnischer Sicht wurden die Bohrungen sowohl vom Equipment als auch vom Engineering intensiv betreut.

Gesamtkosten

Für das Projekt ist ein Gesamtinvestitionsvolumen von ca. 14 Mio. € veranschlagt, wovon jeweils die Hälfte auf die beiden Bohrungen bzw. auf das Wärmenetz inkl. Heizzentrale entfallen. Wirtschaftlichkeitsberechnungen erwarten eine Amortisation nach ca. 10 bis 15 Jahren.

Bohrvertragsform

Die Vergabe der Bohrleistungen erfolgte auf der Basis eines Zeit-Charter Vertrages, der maximale Flexibilität erlaubt bei der Anpassung des Bohrprogramms auf Grund geologisch oder technisch bedingter Änderungen. Gleichzeitig setzt die Abrechnung „auf Regie“ hohe Anforderungen an Ausrüstung, Personal und Sicherheitsstandards aller beteiligten Firmen voraus.

Bauherr und beteiligte Firmen

Bauherr und Gesamtprojektleitung: Innovative Energie für Pullach GmbH, Pullach

Geologische und bohrtechnische Planung und Leitung: ERDWERK GmbH, München.

Bohrfirma: ITAG Tiefbohr GmbH & Co. KG, Celle, als Generalunternehmer.
Richtbohrservice: Baker Hughes Inteq GmbH, Celle.

Autoren:

Dr. Ralph Baasch,
Leiter Umweltamt
Johann-Bader-Straße 21
82049 Pullach i. Isartal
Tel.: 089 744 744-80/82

E-Mail: baasch@pullach.de
Internet: www.pullach.de

Dipl.-Geol. Renate Höferle
ERDWERK GmbH
Viktoriastraße 24
80803 München
Tel.: 089-3888-7488
Fax: 089 3888-7489

E-Mail: office@erdwerk.com
Internet: www.erdwerk.com

Dipl.-Ing. Uwe Müller
Baker Hughes Inteq GmbH, Celle
Christensenstraße 1
29221 Celle
Tel.: 05141 203-0
Fax: 05141 203-296

E-Mail: uwe.mueller@inteq.de
Internet: www.bakerhughes.de