Geothermische Dublette Riem für die kommunale Fernwärmeversorgung der Stadtwerke München

Achim Schubert

Geothermieprojekt Messestadt Riem

Im Sommer 2003 wurden auf dem Gelände des ehemaligen Flughafens am Standort der heutigen Messestadt Riem zwei Tiefbohrungen für eine geothermische Dublette abgeteuft. Die wachsende Messestadt Riem mit einem neuen Stadtteil für 16.000 Bewohner wird derzeit über ein Insel-Nahwärmenetz der Stadtwerke München mit Wärme versorgt. Ab dem Winterhalbjahr 2004/2005 soll der fossile Brennstoff Erdgas nur noch für die Spitzenlast und als Reserve eingesetzt werden. Der derzeitige Anschlusswert des Nahwärmenetzes liegt bei 25 MW, für den Endausbau ist ein Anschlusswert von 45 MW geplant. Die Grundlast der Wärmeversorgung mit ca. 6 – 8 MW soll die hydrothermale Energie aus dem Malmtiefengrundwasserleiter übernehmen.

Für das anspruchsvolle Tiefbohrprojekt der Stadtwerke München wurde auf den zum Heizwerk benachbarten Grundstücksflächen der Stadt München ein ca. 6000 m² großer Sammelbohrplatz eingerichtet. Die obertägigen Aufschlagpunkte beider Bohrungen sind nur 15,5 m voneinander entfernt. In einer Tiefe von rund 2.600 bis 3.000 m erschließen die asymmetrisch nach NNW und SSE abgelenkten Bohrungen die wasserführenden Malm-Karbonate des Juras (Abbildung 1).

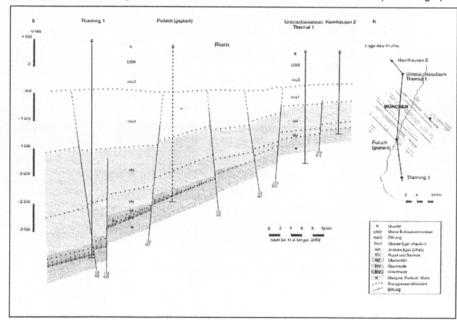


Abbildung 1: Geologischer Nord-Süd-Schnitt durch den Großraum München

Die geologische und bohrtechnische Vorausplanung wurde durch ein Reprozessing reflexionsseismischer Daten der Kohlenwasserstoff-Industrie und eine bohrtechnische Detailauswertung umliegender Explorationsbohrungen unterstützt. Die geologische Vorausplanung ergab für eine NNW gerichtete Bohrung ein klares Erschließungsziel im Bereich einer Bruchzone (Abbildung 2). Die nach SSE orientierte Bohrung sollte mit einer moderaten Ablenkung den nach SE einfallenden Malmtiefengrundwasserleiter in einem ungestörten tieferen Bereich erschließen. Aus Gründen der finanziellen Risikominimierung wurde daher mit der mit mehr Fündigkeitsrisiko behafteten S-Bohrung begonnen.

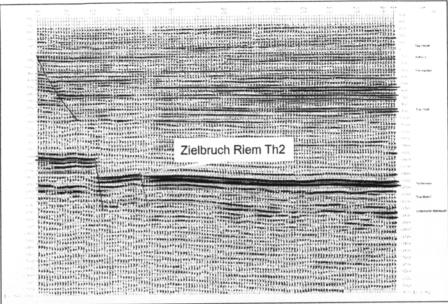


Abbildung 2: Reprozessiertes seismisches N-S Profil mit Erschliessungsziel für Riem Th 2

Zeitlicher Ablauf des Projektes:

	Zeitliche	ADIAU	i des Projektes.		
	Herbst	2001	Erlaubnis zur Aufsuchung von Erdwärme		
	Frühjahr.	2002	Geothermie Planungsauftrag		
	Herbst	2002	Versendung der Ausschreibungsunterlagen		
	Frühjahr	2003	Vergabe der Bohrleistung an einen Generalunternehmer		
	18.06.200	03	Bohrbeginn Riem Thermal 1		
28.07.2003		03	Beendigung der Testarbeiten Riem Thermal 1		
	20.08.200		Bohrbeginn Riem Thermal 2		
13.10.2003			Fertigstellung der Bohrung Riem Thermal 2		
	05.11.200		Beendigung aller Testarbeiten und Abzug der Bohranlage		
	Frühjahr	2004	Bestellung der Tauchkreiselpumpe für den Dauerbetrieb		
	Herbst	2004	Finbau der Tauchkreiselpumpe		
	Herbst	2004	Beginn 2 monatiger Pump- und Reinjektionsbetrieb mit Riem Th 1 Reinjektions-		
	1101031	2004	bohrung und Riem Th 2 Förderbohrung		
			Donnering array mental array		

Technische und geologische Daten der Bohrung Riem Thermal 1

Die Bohrung Riem Thermal 1 erreichte nach einer 42° Ablenkung in 1.900 m Tiefe in Richtung Süden nach insgesamt nur 42 Tagen ihre Endteufe mit 3.275 m. Dieses entspricht einer vertikalen Tiefe von 3.019,6 m. Der Malmtiefengrundwasserleiter wurde dabei auf einer Länge von 488 m mit dem Endbohrdurchmesser von 6.1/8 Zoll (156 mm) aufgeschlossen.

Endteufe: 3.275,0 m (MD), 3.019,6 m (TVD)

bis 1.900 m Vertikalbohrung

Ablenkung ab: 1.900 m

Aufbaurate ab 1.900 m: ca. 1,15° / 10 m

Neigung: 42,4°
Azimut: 162°

Die horizontale Gesamtabweichung bei Endteufe 3.275 m MD beträgt 738,2 m (ca. Richtung SSE).

Geologisches Profil Riem Th 1 (verkürzt):

TVD [m] bis	Lithologie
- 20,4 Quartär	
- 2.426,5	Tertiär
- 156,0	Obere Süßwassermolasse
- 1.435,5	Untermiozän
-880,0	Karpat und Ottnang, (Süßbrackmolasse und Obere
	Meeresmolasse)
-1435,5	Oberes Eger (Aquitan)
- 2.072,1	Oberoligozän
-2072,1	Unteres Eger (Chatt)
- 2.385,0	Unteroligozän
-2385,0	Kiscell (Rupel und Sannois)
- 2.424,3	Obereozän
- 2.567,3	Oberkreide
- 2.627,2	Unterkreide – Purbeck
- 3.019,6	Jura – Malm

Bohrschema Riem Th 1:

bis Teufe [n	n]	Bohrdurchmesser
(MD)	(TVD)	[inch]
24,0	24,0	20 gerammt
632,0	632,0	16
1.650,0	1.650,0	12.1/4
2.726,0	2.577,5	8.1/2
3.275,0	3.019,6	6.1/8

Verrohrungsschema Riem Th 1:

Teufe (TVD	0)	Verrohrung
von [m]	bis [m]	
0	24,0	20" Standrohr
0	630,0	13.3/8"
0	604,0	10.3/4"
604,0	1.650,0	9.5/8"
1.554,4	2.577,5	7"
2.545,4	3.019,6	4.1/2"obere 119 m ungelocht, untere 475 m gelocht

Aufgrund von nachbrüchigem Gebirge unterhalb des 7" Rohrschuhs und aus Gründen der zukünftigen Betriebssicherheit wurde auf eine Open Hole Komplettierung im Malmtiefengrundwasserleiter verzichtet und ein gelochter 4.1/2" Stützliner über die gesamte Produktionstrecke eingezogen (Abbildung 3).

Nach einer erfolgreichen Säurestimulation im Malm und einem anschließenden 9 tägigen Kurzpumpversuch konnte die Fündigkeit der Tiefbohrung nachgewiesen werden. Erste Fördertests zum Klarpumpen mit dem Lufthebeverfahren lieferten eine konstante Schüttung von 18 l/s bei einer stationären Förderspiegel-Druckabsenkung von 6 bar. Die durchgeführten Bohrlochmessungen (Flowmeter und Temp. Log) zeigten ferner, dass die Thermalwasserzutritte in den tiefer liegenden Schichten der Malmkarbonate ab ca. 2.900 m Tiefe liegen. Diese Auswertungen decken sich mit den Aufzeichnungen der schleichenden Spülungsverluste während der Bohrphase. Eine offensichtlich stärker entwickelte Verkarstung der hangenden Schichten im Malm wurde – wie anderenorts bereits beobachtet - nicht angetroffen. Gemäß der petrographischen Beschreibung der Malmkarbonate kann davon ausgegangen werden, dass erst in den liegenden Schichten des Malm Zeta und im Malm Epsilon eine deutlich erhöhte Porosität in dolomitisierten Kalksteinen und Dolomiten auftritt. Aufgrund der großen Tiefenlage des Haupt-Förderhorizontes überstieg die geförderte Thermalwassertemperatur die bisherigen Erwartungen und lag bei 92,8°C.

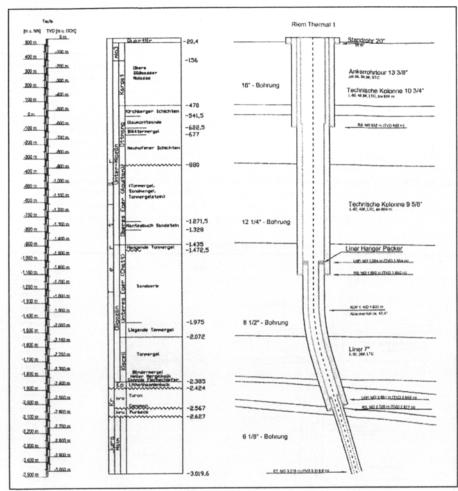


Abbildung 3: Verrohrungsschema Riem Th 1

Technische und geologische Daten der Bohrung Riem Thermal 2

Im unmittelbaren Anschluss an die Testarbeiten an der Bohrung Riem Th 1 wurde am 20.08.2003 nach 1-tägiger Umbauzeit der Bohranlage mit der Bohrung Riem Thermal 2 begonnen. Nach den geologischen Erkenntnissen aus der Bohrung Riem Thermal 1 wurde die Riem Thermal 2 auf eine Endteufe von ca. 3.400 m (entspricht ca. 2.900 m vertikal) projektiert. Die reine Bohrzeit der bereits ab 645 m Tiefe mit ca. 37° nach NNW abgelenkten Bohrung betrug aufgrund der größeren technischen Erfordernisse insgesamt 53 Tage. Durch die Ablenkung wurde eine horizontale Entfernung zwischen den beiden Endpunkten der Bohrungen von 2.200 m erreicht. Die horizontale Entfernung am Top Purbeck (Unterkreide) betrug dabei noch 1.770 m. Die asymmetrische Ausrichtung der Bohrung ergab sich durch das Heranziehen seismischer Daten aus der Kohlenwasserstoff-Explorationsindustrie aus den 70-er und 80-er Jahren. Das Reprozessing der digitalen Daten und deren Nachbearbeitung mittels moderner Software lieferte wesentlich verlässliche Daten über den Tiefenlage des Malmaquifers und die Geometrie der Bruchzone für eine zielgerichtete Ablenkung auf einen begleitenden Strukturbruch des Markt-Schwabener Verwurfes (Abbildung 2). Die Versatz-

beträge im Bereich dieses großen antithetischen Strukturbruchs beträgen hier bis zu 270 m. Während der Bohrphase in der 6.1/8" Bohrsektion traten in der Bohrung Riem Th 2 in den oberen 20 m der Malmkarbonate und in einem weiteren Bereich ca. 50 m tiefer totale Spülungsverluste beim Bohren auf, die mit hoher Sicherheit auf erhöhte Permeabilitäten im Bereich des Strukturbruchs zurückzuführen sind. Bohrtechnisch waren diese starken Spülungsverlust noch beherrschbar, so dass die Bohrung noch gefahrlos bis auf Planteufe vertieft werden konnte.

Im Rahmen eines 10 tägigen Kurzeitpumpversuche wurden mittels Lufthebeverfahren, nach erfolgter Säurestimulation, eine Schüttung von 40 l/s bei einer Druckabsenkung von 4 bar und einer Fördertemperatur von 93°C nachgewiesen.

Endteufe: 3.225,0 m (MD),

2.746,2 m TVD

bis 645 m

Vertikalbohrung 645 m

Ablenkung ab:

010111

Aufbaurate: Neigung: ca. 1,15° / 10 m

Azimut:

342°

Horizontale Gesamtabweichung bei Endteufe 3.225 m MD = 1.461,7 m (ca. Richtung NNW).

Geologisches Profil Riem Th 2 (verkürzt):

TVD [m] bis	Lithologie
- 20,4	Quartär
- 2.341,9	Tertiär
- 155,0	Mittelmiozän: Obere Süßwassermolasse
- 1.418,5	Untermiozän
-866,1	Karpat und Ottnang: Süßbrackmolasse und Obere
	Meeresmolasse
-1418,5	Oberes Eger (Aquitan)
- 2.313,4	Oberoligozän
-2020,0	Unteres Eger (Chatt)
-2.313,4	Kiscell (Rupel und Sannois)
- 2.341,9	Obereozän
- 2.456,6	Oberkreide
- 2.509,0	Unterkreide – Purbeck
- 2.746,2	Jura - Malm

Bohrschema Riem Th 2

bis Teuf	e [m]	Bohrdurchmesser
(MD)	(TVD)	[inch]
24,0	24,0	20" gerammt
630,0	630,0	16
1.859,0	1.659,6	12.1/4
2.910,0	2.495,8	8.1/2
3.225,0	2.746,2	6.1/8

Verrohrungsschema Riem Th 2

Teufe (TV	/D)	Verrohrung
von [m]	bis [m]	
0	24,0	20" Standrohr
0	629,84	13.3/8"
0	587,11	10.3/4"
587,11	1.658,4	9.5/8"
1.610,9	2.499,3	7"
2.452,5	2.746,2	4.1/2", obere 87,1 m ungelocht,
		untere 288,23 m gelocht

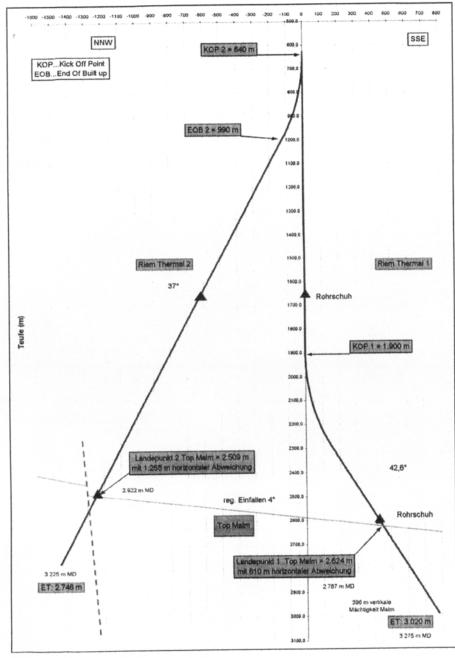
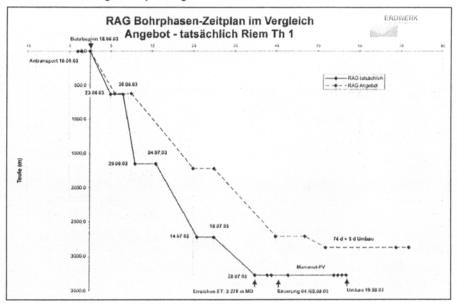


Abbildung 4: Bohrlochverlauf Riem Th 1 und Riem Th 2

Gesamtkosten und Bohrvertragsform

Die Vergabe der Bohrleistungen erfolgte auf der Basis eines Zeit-Charter Vertrages. Diese in der Kohlenwasserstoff-Exploration sehr übliche Vertragsform wird aufgrund des höheren Bauherrenrisikos für die Durchführung von Geothermieprojekten noch verhältnismäßig selten genutzt. Die Darstellung des Bohrzeitphasen-Diagrammes der Bohrung Riem Thermal 1 (vgl. folgende Abbildung 5) zeigt aber sehr deutlich, welche finanziellen Vorteile eine zügige Projektabwicklung für den Auftraggeber haben kann. Ferner garantiert die Abrechnung auf "Regie" maximale Flexibilität bei der Anpassung des Bohrprogramms aufgrund geologischer oder technisch bedingter Änderungen im vorausgeplanten Projektablauf. Die Vergabe der Bohrleistung auf Zeit-Charter Basis an ein geeignetes Bohrunternehmen setzt aber einen entsprechend erfolgreichen Qualifikationswettbewerb mit hohen Anforderungen an Ausrüstung, Personal und Sicherheitsstandards der Bohrfirma voraus. Die Gesamtkosten für die Bohrarbeiten im Geothermieprojekt München Riem beliefen sich einschließlich Herrichtung und Rekultivierung Bohrplatz auf rund 5.3 Mio. EUR und blieben trotz der letztendlich höheren Gesamtteufen deutlich unter dem veranschlagten Projektbudget.



Bauherr und beteiligte Firmen:

Bauherr und Gesamtprojektleitung lag bei der SWM - Versorgungs GmbH, Geschäftsbereich Energie-Erzeugung.

Das Planerbüro Erdwerk GmbH wurde mit der Genehmigungsplanung sowie mit der geologischen und bohrtechnischen Leitung betraut.

Die Rohöl-Aufsuchungs AG trat als ausführende Bohrfirma als Generalunternehmer auf. Für die Entsorgung wurde die RWE Umwelt Bayern GmbH beauftragt.