

Pullach Th3 - von der Dublette zur Triplette Erste Erweiterung einer bestehenden Tiefengeothermie-Anlage in Deutschland

Ralph Baasch

Innovative Energie für Pullach GmbH

Keywords: Tiefengeothermie, Erweiterung, Triplette, Umkehrung Fließrichtung, Fernwärme

Zusammenfassung

Die große Kundennachfrage nach geothermisch erzeugter Fernwärme zwangen bereits nach fünf Jahren erfolgreichem Betrieb die kommunale Betreibergesellschaft „Innovative Energie für Pullach GmbH“ die bestehende Tiefengeothermie-Anlage um eine dritte Bohrung zu erweitern. Das neue Konzept sieht vor die beiden von einem Bohrplatz niedergebrachten, bestehenden Bohrungen als Förderbohrungen zu nutzen. Dafür wird weltweit erstmalig nach fünfjährigem Betrieb eine Reinjektionsbohrung in eine Förderbohrung umgewandelt. Für die Verbindung der Dublette mit der dritten Bohrung, die als Schluckbohrung dient, wurde eine ca. vier Kilometer lange Reinjektionsleitung gebaut. Obwohl die bestehenden Bohrungen zukünftig beide als Förderbohrungen dienen, wurde die Anlage technisch so konzipiert, dass auch der alte Dublettenbetrieb als Förder- und Injektionsbohrung möglich ist. Wie Wirtschaftlichkeitsberechnungen zeigen, wird durch die neuen, hohen Investitionen im Ergebnis die Rentabilität erhöht.

1. Einleitung

Pullach i. Isartal war 2004 eine der ersten Gemeinden in Deutschland, die sich auf das Wagnis der Erschließung von Tiefengeothermie zur Erzeugung von Fernwärme eingelassen haben. Bereits ein Jahr nach dem Beginn der Bohrungen konnten die ersten Kunden an das neu errichtete Fernwärmenetz angeschlossen werden. Seither sind die Nachfrage und damit auch das Fernwärmenetz kontinuierlich gewachsen. Etwa 25 Kilometer Fernwärmenetz erschließen bereits etwa ein Drittel des Gemeindegebietes. Zu den Kunden zählen fast alle öffentlichen Gebäude wie Schulen, Rathaus, Freizeitbad und Feuerwehr, Privatkunden und gewerbliche Kunden mit einer Gesamtanschlussleistung von inzwischen 20 MW. Weitere 4 MW sind für das kommende Jahr bereits unter Vertrag. Bereits drei Jahre nach der Inbetriebnahme war bei der hohen Zuwachsrate klar, dass mit der vorhandenen geothermischen Leistung ein weiteres Wachstum ohne eine Erweiterung nicht möglich war.

2. Historie

Obwohl 2003 eine von der RWE-DEA aufgekaufte und reprozessierte Seismik lediglich im Süden des Pullacher Erlaubnisfeldes einen Strukturbruch erkennen ließ (Erdwerk, 2003), wurde für den Bohrplatz der ersten beiden Bohrungen auf eine Fläche im nördlichen Gemeindegebiet zurückgegriffen. Dies war in einem gewissen Sachzwang begründet, denn nur hier verfügte die Gemeinde über eine eigene, ausreichend große Fläche und hier waren in unmittelbarer Nachbarschaft viele kommunale Liegenschaften, die als Abnehmer in Frage kamen. Es war aufgrund der Seismik schon damals klar, dass an diesem Standort nicht mit hohen Schüttungsraten gerechnet werden kann. Nur mit einem vergleichsweise kleinen Netz und den sicheren ersten Kunden konnte damals eine Wirtschaftlichkeit für das Projekt dargestellt werden. Da tiefe Geothermie zur damaligen Zeit im Bewusstsein der deutschen Bevölkerung so gut wie nicht

verankert war, wurden Privatkunden bei unseren ersten Wirtschaftlichkeitsberechnungen nicht berücksichtigt.

Die Fördertests nach Niederbringung der ersten beiden Bohrungen zeigten dann auch, dass mit keiner größeren Förderrate gerechnet werden konnte. Bei den Reinjektionsversuchen stellte sich aber heraus, dass nicht die Förderrate, sondern die Reinjektionsrate in der Zukunft der limitierende Faktor sein würde. Die Bohrung Pullach Th1 war wegen ihrer niedrigeren Temperatur von 102° C ursprünglich als Reinjektionsbohrung geplant. Aufgrund ihrer anfangs schlechten Förderrate (25 l/s) musste sie mittels eines Side-Tracks zur Pullach Th1a erweitert werden, bevor dann auch hier wie zuvor bei der Pullach Th2 50 l/s erwartet werden konnten. Die Ergebnisse der Reinjektionstests führten dann dazu, dass die kältere Th 1a als Förderbohrung und die 107 grädige Th 2 als Reinjektionsbohrung ausgewählt wurde da sich dies gesamtenergetisch als günstiger darstellte. Die Reinjektionsrate der Th1a lag nämlich aufgrund des hohen Injektionsdrucks von 27 bar unter der der Th2, die bei 30 l/s und 20 bar lag. Im späteren Dauerbetrieb konnte die Rate mittels einer Reinjektionspumpe noch auf 32 l/s gesteigert werden. Reinjektionsraten darüber sind jedoch wegen des dafür notwendigen Energieverbrauchs unwirtschaftlich.

Die Gründe für die geringe Schüttungs- und noch geringere Reinjektionsrate sind bei dem Fehlen von Bruch- und Riffstrukturen wohl in der dichten Schichtung der hier gelagerten Plattenkalke zu suchen.

3. Erfahrungen aus dem Dublettenbetrieb

Seit Betriebsaufnahme im Jahr 2005 läuft die Geothermianlage störungsfrei. Die Verfügbarkeit der Anlage liegt mit 98% - eine Woche im Sommer wird die Anlage für Wartungsarbeiten runtergefahren – sehr hoch. Bis zum 01.07.2011 wurden kumuliert seit Inbetriebnahme 132 GWh Wärme geothermisch erzeugt und 143 GWh Wärme verkauft. Daraus ergibt sich, dass ca. 8% für die Spitzenlast zugeheizt wurde. Durch die geothermisch erzeugte Wärme konnte die Emission von 46.000 t CO₂ vermieden werden. Der Jahresnutzungsgrad der Gesamtanlage einschließlich Netzpumpen liegt in 2011 bei 14,5. Das heißt mit 1 kWh Energieinput (Pumpenstrom und Öl für Spitzlast) können 14,5 kWh Wärme erzeugt werden.

Über einen Bypass durchgeführte Korrosionstests haben erfreulicherweise keine Anhaltspunkte für eine Korrosion oder Ablagerung am Schwarzstahl ergeben. Allerdings lassen sich hier kaum allgemeingültige Aussagen treffen, da die Wässer selbst in einem relativ geringen Umkreis um München unterschiedliche Zusammensetzungen und Temperaturen aufweisen. Im Gegensatz zu manch benachbarter Bohrung gibt es in Pullach auch keinerlei Probleme mit Ablagerungen. Zwar ist der Förderzeitraum mit fast 6 Jahren noch nicht allzu lang, doch ließ sich bis dato kein Absinken der Fördertemperatur feststellen. Im Gegensatz dazu ist der Injektionsdruck seit 2005 um etwa 2 bar gesunken, was auf eine Verbesserung der Wegigkeit im Untergrund schließen lässt.

Die Zuverlässigkeit der Anlage und die anderen Vorteile der Geothermie konnten die Pullacherinnen und Pullacher schnell überzeugen. Daher war bald klar, dass die Anlage erweitert werden musste, sollte die Nachfrage befriedigt werden können. Verschiedene Varianten der Erweiterung wurden untersucht. Dabei erwies sich eine dritte Bohrung sowohl in technischer wie wirtschaftlicher Hinsicht als sinnvollste Alternative.

4. Ausbau zum Triplettenbetrieb

Wegen der bestehenden Injektionsproblematik bei der bestehenden Dublette war von Anfang an klar, dass die dritte Bohrung lediglich als Reinjektionsbohrung in Frage kam und die bestehenden Bohrungen als Förderbohrungen dienen sollten.

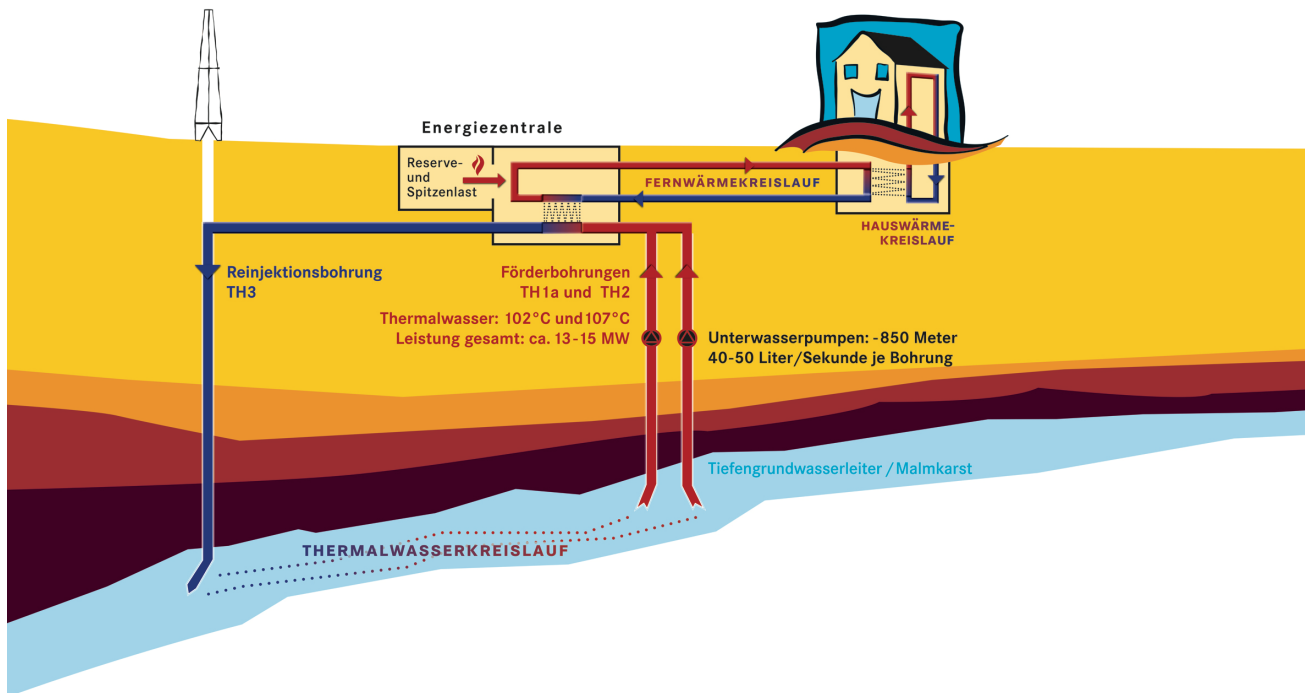


Abb. 1: Ausbauschema Triplette Pullach

Aus der Seismik zu den ersten beiden Bohrungen hatte sich bereits eine Indikation für einen geeigneten Bohrplatz im Süden des Pullacher Bewilligungsfeldes ergeben, die mit einer neuen Seismik verifiziert wurde (Höferle, 2011).

Nach der erfolgreichen Niederbringung der dritten Bohrung musste eine ca. 4 km lange Reinjektionsleitung gebaut werden, die die Bohrungen Th1a und Th2 mit der Bohrung Th3 verbindet. In dem Wissen, dass es in Pullach in zweifacher Hinsicht einen "heißen Untergrund" gibt, wurde nach dem Fund einer 225 kg Fliegerbombe aus dem 2. Weltkrieg auf dem Bohrplatz auch die gesamte Strecke der Reinjektionstrasse mit einer Fläche von 32510 m² auf Kampfmittel untersucht. Insgesamt konnten 9 Stabbrandbomben, 3 Phosphorbrandbomben und 55 kg Waffen- und Munitionsteile sichergestellt und dem Sprengkommando München übergeben werden. Die Reinjektionsleitung ist mit 250er Glasfaser verstärktes Kunststoff-Rohren (GfK) ausgeführt. GfK ist stabil gegen die Korrosivität des Pullacher Wassers im Falle von Sauerstoffzutritt und wesentlich kostengünstiger als Edelstahl. Außerdem lässt er sich bei beengten Verhältnissen leichter verlegen, da (fast) keine Dehnungsbögen benötigt werden. Obwohl jede Klebnaht kontrolliert worden war, wurde bei einem Drucktest eine undichte Stelle gefunden, die nachgearbeitet werden musste. Aufgrund des relativ hohen Gasanteils im Pullacher Wasser (25%) war die größte Herausforderung die Leitung so zu bauen, dass sich zwischendrin keine Hochpunkte ergaben, an denen sich Gasblasen bilden könnten. Das heißt die Leitung wurde mit einem kontinuierlichen Anstieg gebaut,

so dass der Hochpunkt erst am Bohrkopf der Reinjektionsbohrung auftritt. Dabei kommen uns die natürlichen Geländeverhältnisse zugute. Von den Bohrungen Th1a/Th2 steigt das Gelände kontinuierlich an. In die Leitung wurden zwei Schachtbauwerke integriert, in denen beim Auftreten einer Leckage die Leitung abgeschiebert werden könnte. Außerdem wurde ein Bypass gebaut, der es beim Ausfall der Bohrung Th3 oder der Reinjektionsleitung ermöglicht, wieder den alten Dublettenbetrieb zu fahren. Deshalb kam es im Sommer dieses Jahres auch nur zu einer relativ kurzen Unterbrechung der Thermalwasserförderung für den Einbau der zweiten Förderpumpe in die Bohrung Pullach Th2 und den Umbau des Frequenzumwandlers in einem neuem Betriebsgebäude. Danach wurde wieder der alte Dublettenbetrieb aufgenommen mit der Reinjektion des Wassers durch die neu installierte Pumpe hindurch. Um die Pumpe nicht zu beschädigen, kann zwar nicht die Vollast gefahren werden, doch ist immerhin noch eine Leistung von 4,5 MW möglich. Bis Mitte November soll die Anlage so weit fertig gestellt sein, dass der Triplettenbetrieb aufgenommen werden kann. Zwei Pumpen, von denen eine bereits seit Betriebsbeginn in 2005 aktiv ist, fördern dann Thermalwasser bis zu 40 Liter/Sekunde bzw. bis zu 50 Liter/Sekunde. Der große Charme der Triplettenlösung besteht darin, dass beim Ausfall einer Pumpe, die zweite Pumpe eine geothermische Mindestversorgung sichern kann. Der zweite große Vorteil liegt darin, dass im Sommer bei geringer Nachfrage eine Pumpe und zwar die stärkere außer Betrieb genommen und die schwächere bis zu ihrer Mindestdrehzahl heruntergefahren werden kann. Das spart viel Strom und damit Geld.

5. Umkehrung der Fließrichtung – Push-Pull-Test

Der von der IEP konzipierte Triplettenbetrieb sieht vor, dass eine bestehende Reinjektionsbohrung in eine Förderbohrung umgewandelt wird. Unseres Wissens ist dies weltweit das erste Mal, dass die Fließrichtung nach sechs Jahren Betrieb in dieser Weise umgedreht wurde. Deshalb stellt sich die spannende Frage wie hoch die Temperatur beim Förderbeginn sein und wie lange es dauern wird, bis die ursprünglich gemessene Reservoirtemperatur von 107°C wieder erreicht wird. Diese einzigartige Situation der Umrüstung einer über 5 Jahre betriebenen Reinjektionsbohrung zu einer Förderbohrung ermöglicht einen einmaligen wissenschaftlichen Einblick in den genutzten Thermalwasserleiter. Durch einen groß angelegten Einbohrloch-Markierungsversuch der vom Institut für Wasserchemie und chemische Balneologie der TU München unter Leitung von Dr. Thomas Baumann durchgeführt wird, soll der Grundwasserleiter im näheren Umfeld der Bohrung thermisch, hydraulisch und hydrochemisch charakterisiert werden. Mit den geplanten Versuchen werden wesentliche Daten über die physikalischen und hydrochemischen Verhältnisse im Umfeld der Bohrung erarbeitet. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse liefern wesentliche Grundlagen für das Wärmebergbaumodell und sind von breiter Bedeutung für die Auslegung und Prognose von Anlagen, die den Malmaquifer im Molassebecken oder ähnliche Speichergesteine erschließen. Denn die Auswertung der Betriebsdaten der Bohrungen steht u. a. mit abnehmenden statt steigenden Reinjektionsdrücken im Widerspruch zu den Annahmen, die den derzeitigen Wärmebergbaumodellen zugrunde liegen. Die vermutete Ursache liegt in der Vernachlässigung der hydrochemischen Prozesse bei der Reinjektion. Diese Diskrepanz ist nicht nur wissenschaftlich unbefriedigend, sondern hat auch technische, wirtschaftliche und möglicherweise rechtliche Konsequenzen. Bis zum Abschalten der Pullach Th2 als Schluckbohrung wurden in mehreren Schritten Markierungsstoffe in den Thermalwasserkreislauf eingespeist und mit dem abgekühlten Thermalwasser in den Malmgrundwasserleiter reinjiziert. Nach Umrüstung zur Förderbohrung wird die Fließrichtung an der Th2 umgekehrt und die Markierungsstoffe werden wieder an die Erdoberfläche gefördert und dort quantitativ analysiert. Aus der zeitlichen Verteilung der Markierungsstoffe können die Wasserwegsamkeiten ermittelt werden. Die Temperatur des aus der Th2 geförderten Wassers gibt Informationen über die Wiedererwärmung des abgekühlt reinjizierten Wassers und damit über die verfügbare

Wärmeenergie im Grundwasserleiter. Die wasserchemische Untersuchung liefert Erkenntnisse über das langfristige Verhalten des abgekühlten Wassers im Umfeld der Reinjektionsbohrung

6. Wirtschaftlichkeit

Keines der bekannten Geothermie-Projekte kann sich als schnelle Gelddruckmaschine bezeichnen lassen. Dies wurde für unser Projekt jedoch nicht erwartet und war auch nicht die Zielsetzung. Vielmehr standen ökologische und energiepolitische Ziele wie die Vermeidung von CO₂-Ausstoß, Ressourcenschonung und langfristige Sicherung der Energieversorgung im Vordergrund unseres Interesses. Dennoch musste die Wirtschaftlichkeit in der Gesamtbetrachtung von Anfang an gewährleistet sein.

Hohe Anlaufverluste in den ersten Jahren erfordern einen sehr langfristigen Anlagehorizont beim Investor. Insofern sind Geothermie-Projekte eine große Wette auf die Zukunft, da man davon ausgeht, dass durch die Verknappung der fossilen Energieträger die Energiekosten stetig steigen werden. Eine mögliche Reduzierung des Verbrauchs, z.B. durch Wärmedämmung muss langfristig ausgeglichen werden durch eine Ausweitung des Netzgebietes oder einen anderweitigen Einsatz der Energie, z.B. zur Stromerzeugung. Die derzeitigen Rahmenparameter und die Erfahrung der vergangenen Jahre geben uns Anlass zur Erwartung, dass die Wette langfristig aufgehen wird. Für das Pullacher Projekt heißt das: das Investitionsvolumen beträgt bis Ende 2011 ca. 53 Mio. EUR, bis Ende des Projektes – rechnerisch sind hier 50 Jahre angesetzt - 77 Mio. EUR. Die ersten Jahresüberschüsse werden nach ca. 13 Jahren erwartet. Wie die unten stehende Grafik zeigt stiegen die Anlaufverluste durch die Investitionen in die dritte Bohrung erneut an und der Break-Even-Point verschob sich nur unwesentlich nach hinten. Selbstverständlich erwarten wir und auch die Gemeinde Pullach als Eigentümerin in Zukunft Gewinnausschüttungen aus dem Projekt, doch darf die Grafik nicht darüber hinwegtäuschen, dass der Wertverlust des Geldes über die gesamte Laufzeit hier nicht einkalkuliert ist.

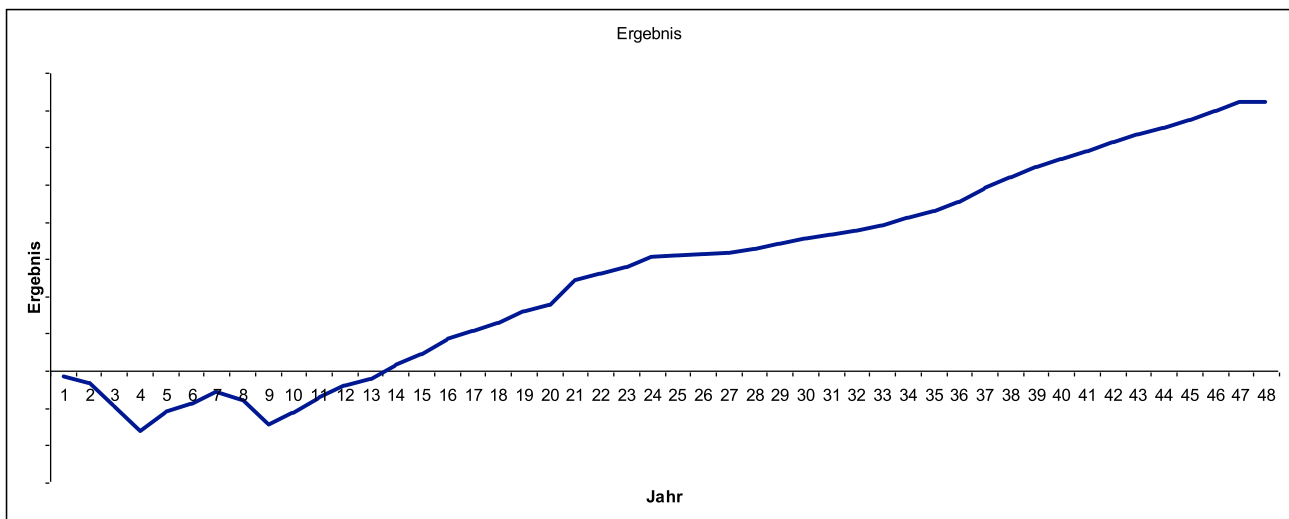


Abb. 2: Geothermie-Projekt Pullach, Verlauf Jahresüberschüsse

7. Fazit

Wenn die Entscheidung für ein Tiefengeothermie-Projekt in Pullach nochmals gefällt werden müsste, würde diese sicher positiv ausfallen. Die Erfahrungen zeigen aber auch, dass man einen langen Atem braucht und bereit sein muss, Risiken einzugehen. Um diese Risiken richtig einzuschätzen und ein solches Projekt als Gemeinde stemmen zu können ist das Wichtigste, ein sehr gutes Team von Beratern und ausführenden Firmen um sich zu sammeln. Wie sich zeigt, wurde der Mut in Pullach belohnt, die Risiken einzugehen und die Investitionen zur Sicherung der Daseinsvorsorge für die Pullacher Bürger und zur Verbesserung des lokalen und globalen Klimas zu tätigen.

Quellenangaben

Erdwerk GmbH München: Geologische und Bohrtechnische Bewertung Geothermieprojekt Pullach, *Gutachten*, (2003).

Höferle, R., Steiner, U.: Erfolgreich umgesetzte Explorationsstrategie bezüglich Geologie und Bohrtechnik am Beispiel der Geothermiebohrung Pullach Th3, Vortrag 3.2 ‚Der Geothermie-Kongress 2011‘ (2011)

Dr. Ralph Baasch, Innovative Energie für Pullach GmbH,
Johann-Bader-Str. 21, 82049 Pullach i. Isartal
ralph.baasch@iep-pullach.de