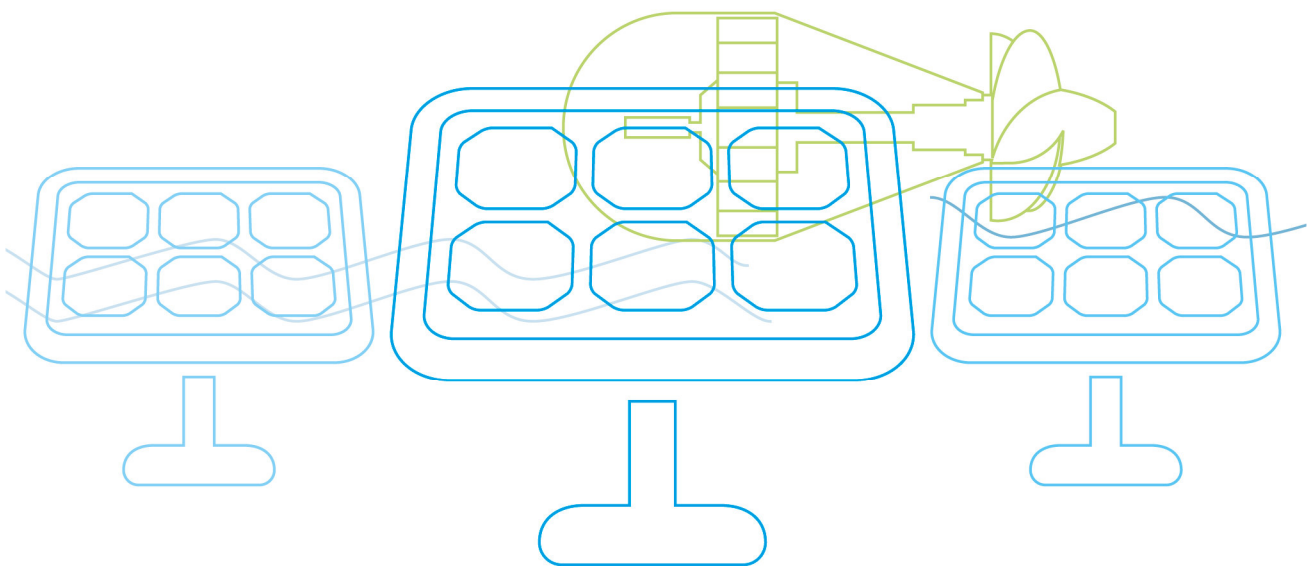




Geothermie aus bestehenden Sonden



VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage www.klimafonds.gv.at zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Neue Energien 2020“. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!

A handwritten signature in black ink, reading 'Theresia Vogel'.

Theresia Vogel
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds

A handwritten signature in black ink, reading 'Ingmar Höbarth'.

Ingmar Höbarth
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

1 Einleitung

1.1 Aufgabenstellung

Die OMV Exploration & Production GmbH hat es sich zum Ziel gesetzt aufgelassene Öl- und Gassonden hinsichtlich einer geothermischen Nachnutzung zu untersuchen. Das Prinzip der Anwendung lässt sich folgendermaßen vereinfacht erklären:

„Heizungswasser wird am obersten Punkt des Bohrlochs eingebracht, nach unten gepumpt und dabei durch das umgebende Gestein erwärmt. Am tiefsten Punkt wird das Wasser umgelenkt und folglich an die Oberfläche wieder zurückgefördert, wo es die thermische Leistung über ein Eruptiv-Kreuz an einen Wärmetauscher abgibt. Das abgekühlte Wasser wird dann wieder in Richtung des Sondenbodens gepumpt.“

Die Nachnutzung alter Öl- und Gassonden, zur Verwendung als Energielieferant für regionale Anwendungen, ist in dieser Form neuartig. Hierbei wurde die Umrüstung einer alten Bohrlochsonde zu einem Bohrlochwärmetauscher geplant um die theoretischen Berechnungen durch ein reales Forschungsprojekt zu verifizieren. Die ermittelten Erkenntnisse werden für weitere Projekte genutzt, weitere aufgelassene Sonden sollen dann nachgerüstet werden und als Wärmequelle genutzt werden. Neu entwickelte Softwarelösungen sollen den Weg für weitere wirtschaftlich tragbare Projekte ermöglichen, auch tiefere Sonden sollen in das mögliche Portfolio übernommen werden. Dazu zählen auch übertiefe Sonden.

Das Forschungsprojekt soll prinzipiell darüber Aufschluss geben, ob alte Bohrsonden zur Nachnutzung als Wärmelieferant geeignet und darüber hinaus in bestehende Heiznetze integrierbar sind. Analytische Studien sollen durch ein reales Projekt ergänzt und generell die technische Plausibilität der Anlage evaluiert werden. Des Weiteren sollen reale Betriebsbedingungen, Integrationsfähigkeit in bestehende Heizsysteme, Abkühlungskurven des Gesteins und weitere Prozessanalysen durchgeführt werden.

1.2 Schwerpunkte des Projektes

Die Schwerpunkte des Projektes waren:

- Umrüstung und Adaptierung einer alten Sonde zu einem Bohrlochwärmetauscher
- Integration in ein bestehendes Heizsystem über ein Fernwärmenetz
- Test der Gesamtanlage unter realen und dynamischen, atmosphärischen Bedingungen
- Entwicklung einer Software zum Eruiere weiterer Geothermiepoteziale
- Erhebung von Verbesserungspotenzialen
- Generierung von Know - How

1.3 Einordnung in das Programm

Fortgeschrittene Speicher- und Umwandlungstechnologien - Experimentelle Entwicklung

1.4 Verwendete Methoden & Aufbau der Arbeit

Aufzählung:

- Identifikation einzelner modifizierbarer Sonden, die eine bestimmte Tiefe aufweisen können
- Überprüfung des Sondenzustandes, ob das Casing intakt ist und keine Barrieren im Bohrloch vorzufinden sind
- Beurteilung des geologischen Profils der Sonde und des geothermischen Gradienten.
- Beginn der ersten numerischen Simulation und Potenzialabschätzung der Sonde
- Umrüsten des Bohrlochs
- Installation des Geothermiecontainers mit den Wärmetauschern
- Installation des Nahwärmenetzes zur Ermittlung der technischen Verfügbarkeit
- Anschluss an den Verbraucher (realer Wärmeverbrauch)
- Start der Wärmeabnahme
- Verbesserung der Software und Kalibrierung der neu gewonnenen Ergebnisse
- Verbesserung der Steuerungstechnik
- Start der Messanalytik
- Identifikation weiterer Sonden und weitere Entwicklung dieser Technologie
- Evaluierung von Einsparungspotenzialen

2 Inhaltliche Darstellung

2.1 Nutzungsmöglichkeiten tiefer Geothermie im Wiener Becken

Im Rahmen der ersten Projektphase mit dem Titel „Nutzungsmöglichkeiten tiefer Geothermie im Wiener Becken (Tiefscholle) – Nachnutzung vorhandener Kohlenwasserstoff-Infrastruktur“ wurden zahlreiche Arbeiten durchgeführt, welche im Folgenden beschrieben werden.

Geologie und Lagerstättenkunde¹

Die geologisch-lagerstättenkundliche Betrachtung erfolgte um die unterschiedlichen Daten der Sonden zu sammeln. Folgende Ziele (Auszug) wurden verfolgt:

- Aus einer Gesamtheit von relevanten, ausgeförderten KW-Bohrungen erfolgt die Auswahl einer eingegrenzten Anzahl von Bohrungen, die sich für ein Re-entry eignen.
- Diese Auswahlbohrungen werden aufgrund technischer und geologischer Parameter und der Art ihrer Liquidierung und den damit verbundenen technischen Maßnahmen des Reentrys in Kategorien geteilt.

Bohrtechnik und Umbau²

Mit dem Datenmaterial aus der geologisch-lagerstättenkundlichen Untersuchung erfolgte die Beurteilung der Bohrungen nach technisch-wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Zunächst wurden Randbedingungen definiert:

- Maximale, erschlossene Formationstemperatur (geothermalen Gradient)
- Nutzbarer Verrohrungsdurchmesser
- Entfernung zu potentiellen Nutzern (Einbindung und Steuerung der Anlage)

Thermodynamische Energiewandlung

Im Abschnitt „Thermodynamische Energiewandlung“ wurden die thermodynamischen Zusammenhänge und die mathematische Umsetzung einer dynamischen Sondenberechnung entwickelt und in weiterer Folge in eine Software umgesetzt.

EDV, Numerische Bearbeitung, Simulation

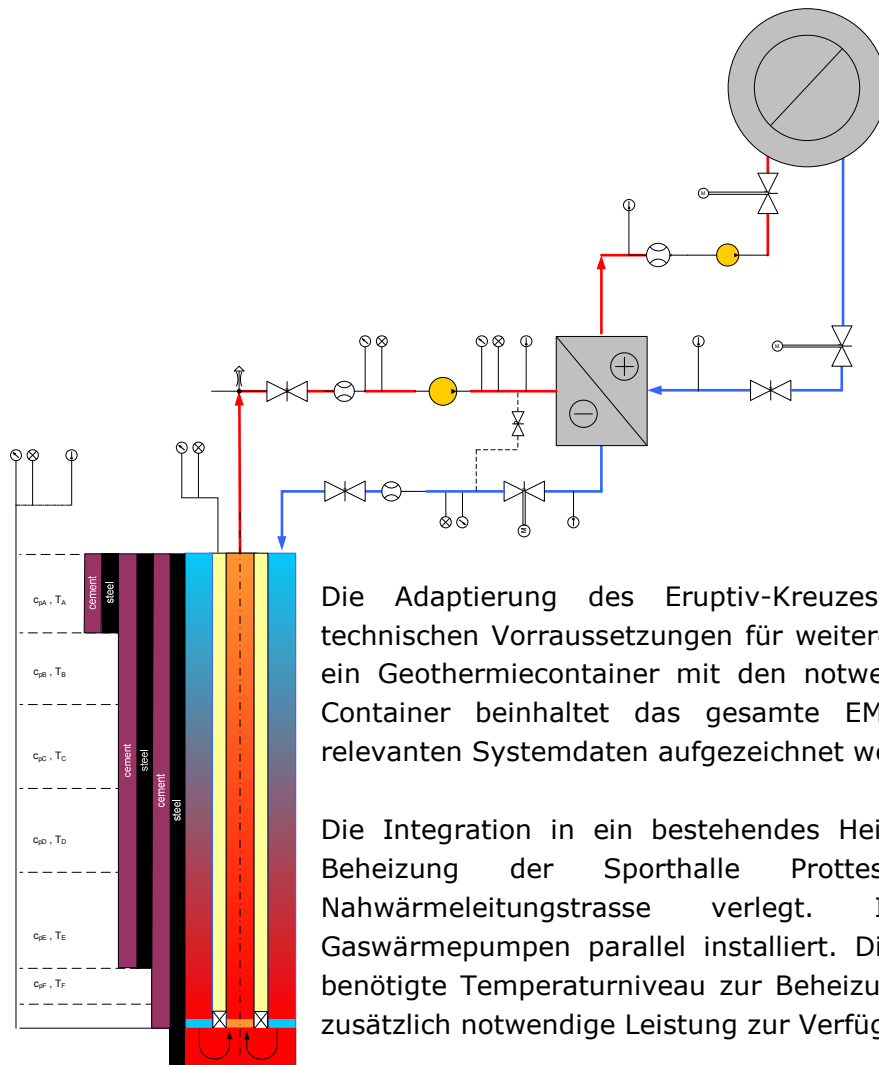
Die gesammelten Daten aus der geologisch-lagerstättenkundlichen, thermodynamischen und bohrtechnischen Untersuchung wurden in einer Projektdatenbank umgesetzt. Zusätzlich wurde die Softwareapplikation „Geothermal Planning Tool“ (GPT) entwickelt. Mit dieser Applikation können über eine graphische Benutzeroberfläche, mit zahlreichen Einstellungsmöglichkeiten und unter Nutzung der Datenbank, dynamische Simulationen der verschiedenen Sonden durchgeführt werden. Die Datenbanken werden laufend mit neuen Daten aus unserer Versuchsanstalt modifiziert und kalibriert. Somit lassen sich bessere Prognosen zum zukünftigen Ausbaupotenzial von Bohrlochwärmetauschern abschließen.

¹ (ARGE TIEFE GEOTHERMIE, 2009)

² (ARGE TIEFE GEOTHERMIE, 2009)

2.2 Bohrlochwärmetauscher

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde die Sonde „Prottes Tief 11“ (Teufe 2243 m) reaktiviert und zu einem Bohrlochwärmetauscher umgebaut.



Als Sonde wurde ein Koaxialrohr eingesetzt. Dieses wurde mit Abstandshaltern ins Casing eingeführt und zentriert. Die Fixierung wurde mit einem neu designten Eruptiv-Kreuz durchgeführt. Das Tubing besteht aus dem Innenrohr mit den Abmessungen von 2 3/8" und dem Außenrohr mit 4 1/2". Das Casing hat einen Durchmesser von 7". Der Isolationsraum wurde für den Testbetrieb mit Stickstoff gefüllt.

Die Adaptierung des Eruptiv-Kreuzes und des Tubings stellten die technischen Voraussetzungen für weitere Anwendungen dar. Weiters wurde ein Geothermiecontainer mit den notwendigen Messfühlern installiert. Der Container beinhaltet das gesamte EMSR-Equipment, mit welchem alle relevanten Systemdaten aufgezeichnet werden.

Die Integration in ein bestehendes Heizungssystem erfolgte in Form der Beheizung der Sporthalle Prottes. Dafür wurde ein 350m Nahwärmeleitungstrasse verlegt. Im Heizraum wurden drei Gaswärmepumpen parallel installiert. Diese dienen zur Anhebung auf das benötigte Temperaturniveau zur Beheizung der Sporthalle. Weiters wird die zusätzlich notwendige Leistung zur Verfügung gestellt.

Abbildung 1:
Funktionschema

Eckdaten:

- Teufe: 2243 m
- Durchflussrate: 3-10 m³/h
- Druckverlust: 3-5 bar
- Gebirgstemperatur am Sondenboden: ca. 83°C

Ein wesentlicher Faktor bei der Installation des Bohrlochwärmetauschers war die Abstimmung der Tubing-Durchmesser. Abbildung 2 zeigt die Veränderung von Wärmeverlust und Druckverlust bei Variation des inneren Tubing Durchmessers. Bei Vergrößerung des Tubing Durchmessers steigt der Wärmeverlust aufgrund der reduzierten Isolierungsdicke und der größeren Oberfläche des Tubings. Der Druckverlust sinkt wiederum. Mit der Bestimmung des Minimums der akkumulierten Verluste aus Wärmeverlust und Druckverlust kann der optimale Durchmesser bestimmt werden.

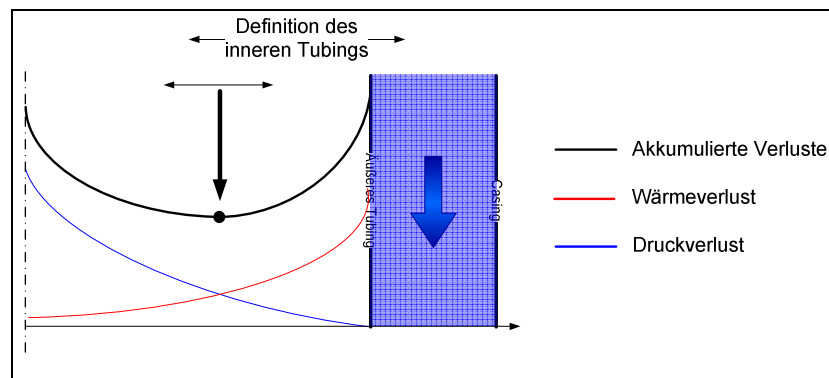


Abbildung 2: Definition des Tubings

Der Temperaturverlauf in Abhängigkeit der Tiefe wird in Abbildung 3 dargestellt. Die Kurve zeigt das Verhalten bei zwei unterschiedlichen Wärmeträgereintrittstemperaturen. Die höchste Temperatur herrscht am Sondenboden.

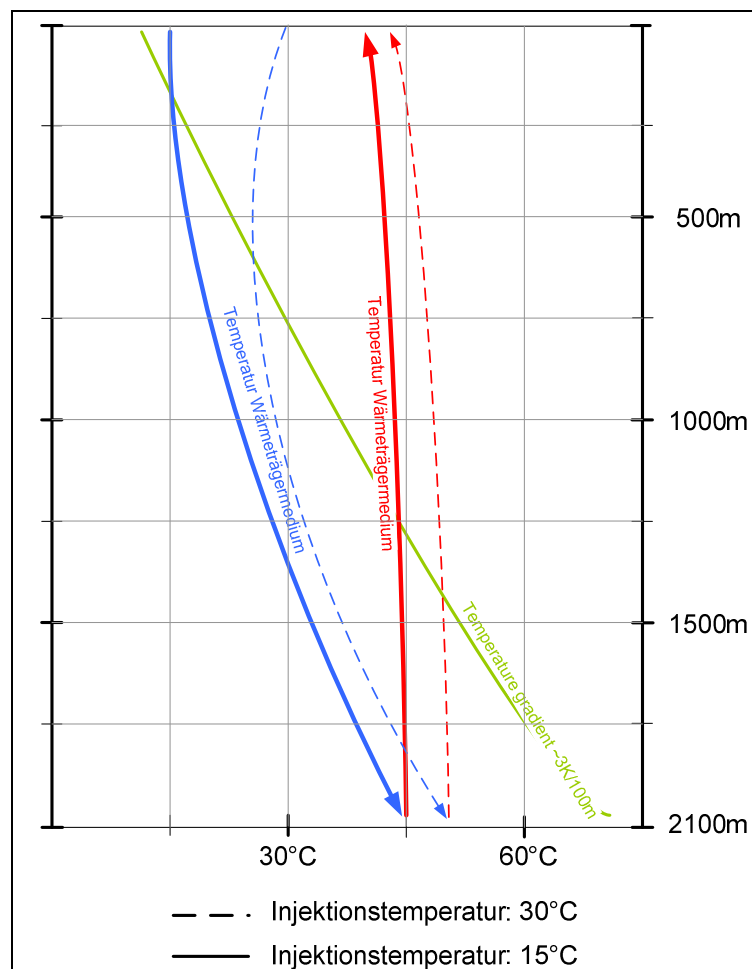


Abbildung 3: Temperaturverlauf

Die Wärmeträgeraustrittstemperatur wird von der Injektionstemperatur, dem Sondenmassenstrom und dem Gebirgsärmestrom beeinflusst. Die Simulationen zeigten, dass die größten Leistungen bei niedrigen Injektionstemperaturen erreicht werden konnten.

2.3 Geothermal Planning Tool (GPT)

Mit der Simulationsanwendung „Geothermal Planning Tool“ können über eine graphische Benutzeroberfläche, mit zahlreichen Einstellungsmöglichkeiten und unter Nutzung der Datenbank, dynamische Simulationen von unterschiedlichen Sonden durchgeführt werden. Nach Beendigung der Versuche konnte dieses Planungstool für weitere Sonden kalibriert werden.

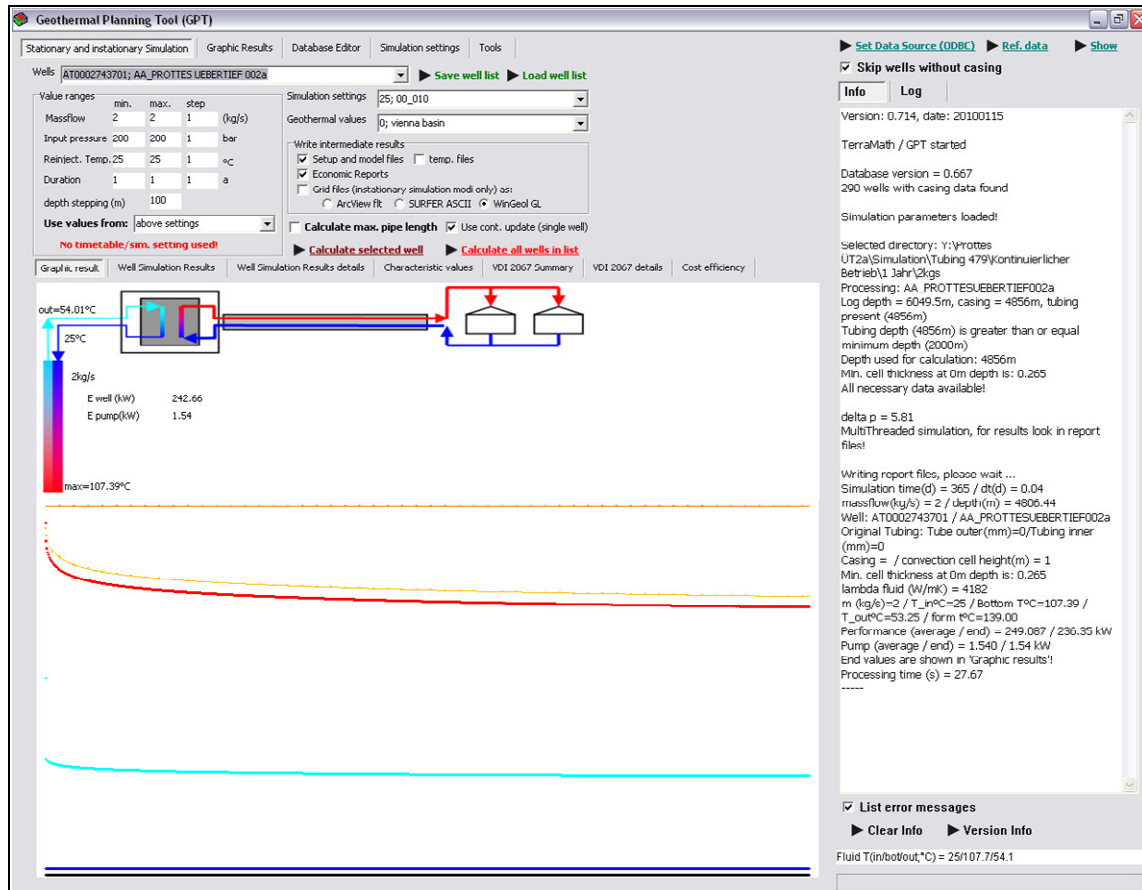


Abbildung 4: Benutzeroberfläche des „Geothermal Planning Tool“

2.4 Adaptierung des Bohrlochs

Kontrolle der Integrität an der Sonde

Die Bohrsonde wurde für die Einbauten gemäß bohrtechnologischen Voraussetzungen auf ihre Integrität gegenüber der Formation überprüft. Es wurde ein Drucktest durchgeführt, um zu gewährleisten, dass eine dichte Abgrenzung gegenüber der Formation und eventuell vorhandenen Formationswasser gegeben ist. Damit wird ausgeschlossen, dass es zu einem Massentransport zwischen äußerer Verrohrung und Gebirge kommt.

Einbau Tubing

Nach dem Vorbau des Sondenplatzes und dem Aufstellen der Umrüstwinde erfolgte der Einbau des Tubings. Es wurde ein Doppelrohr installiert, welches nach unten hin offen in das Casing hineinragt. Das Doppelrohr besteht aus einem inneren Rohr, welches durch ein Isolationsgas wärmeisoliert ist und mittels Zentrierstück zum äußeren Doppelrohr gegenüber Wärmebrücken abgetrennt ist.



Abbildung 5:
Beginn des Sondenumbaus



Abbildung 6:
OMV – Mannschaft beim Sondenumbau

Geothermiemodul

Die Pumpanlage zur Zirkulation des in der Sonde im Kreis gepumpten Wasser/Glykol Gemisches befindet in einem geschlossenen Spezialcontainer, der speziell für den Anschluss an die Sonde adaptiert wurde. Die Anschlüsse des Bohrkopfes mit Einlass und Auslass werden über ein Bohrkopfabsperrrventil zur Wartungs- und Sicherheitszwecken direkt mit dem Container verbunden. Im Container befinden sich Umwälzpumpen für die Zirkulation des Wasser/Glykol Gemisches sowie thermische Ausgleichsgefäße für das zirkulierende Gemisch. Eine Steuerung für den Durchfluss ist an einem Wärmetauscher angebracht, der die geförderte Wärmeenergie aus der Bohrsonde aufnimmt und über ein Nahwärmenetz an die Verbraucher oder einen Rückkühler für Testzwecke abgibt.



Abbildung 7: Geothermiecontainer, Eruptivkreuz und Rückkühler

Nahwärmenetz

Das Nahwärmenetz wurde von der Bohrsonde über Straßenwege und Wiesen bis zur ca. 350m entfernten Sporthalle verlegt. An der Abnehmerseite des Wärmenetzes wurde ein Wärmetauscher innerhalb des Heizungskellers installiert. Die abgenommene Wärme wird mit Gaswärmepumpen auf das entsprechende Temperaturniveau angehoben.

3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

3.1 Messdatenerfassung

Nach Installation und Inbetriebnahme der Messdatenerfassung erfolgte die Auswertung der Daten in Kooperation mit der Montanuniversität Leoben. Um das Leistungs- und Temperaturverhalten ausführlich testen zu können, wurde neben der Nahwärmeversorgung ein Rückkühler in Betrieb genommen.

Nach Inbetriebnahme der Anlage konnte je nach Sondenbeaufschlagung nach einem bestimmten Zeitraum eine Stabilisierung der Temperatur und Leistung festgestellt. Dieses Verhalten ist in Abbildung 8 dargestellt. Damit ist bei ausgeglichener Wärmeabfuhr eine nachhaltige geothermische Nutzung möglich.

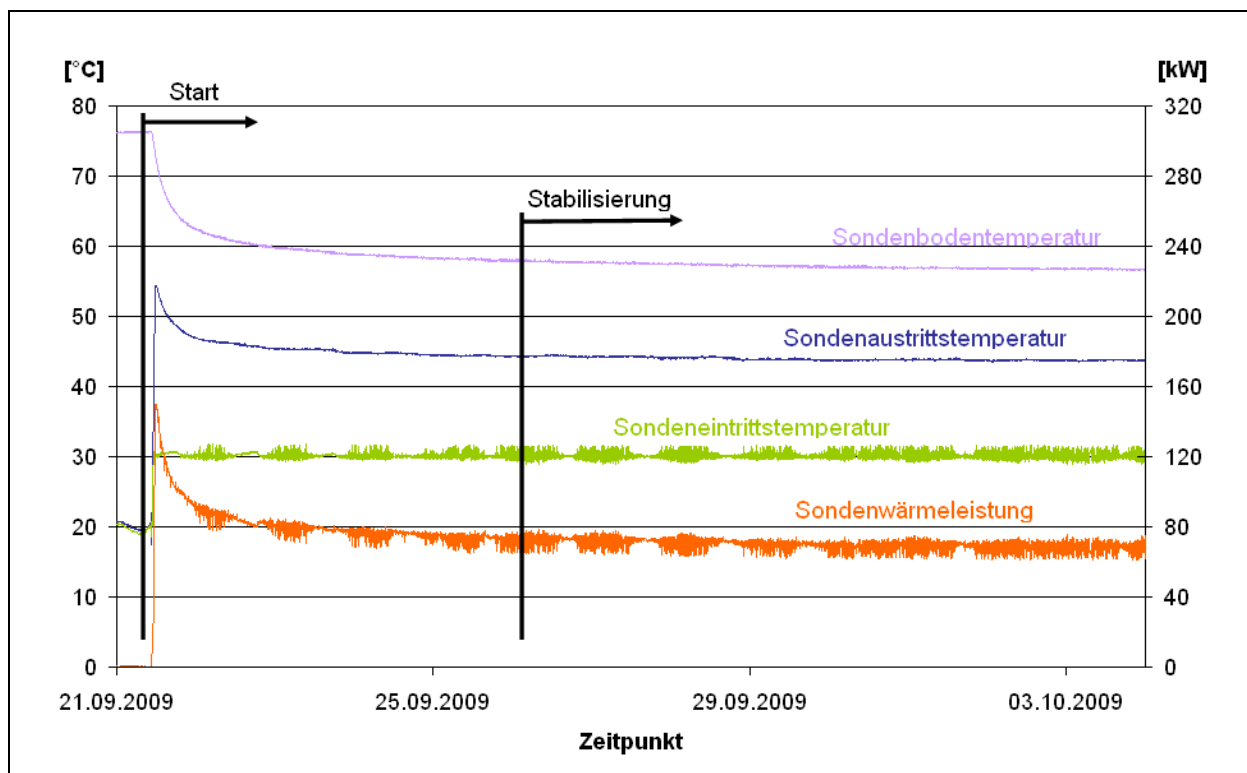


Abbildung 8: Temperatur- & Leistungsverhalten

Abbildung 9 zeigt den Verlauf im November und Dezember 2009. Bis zur Installation der Nahwärmeleitung war für Testzwecke lediglich der Rückkühler in Betrieb. Dabei konnten Sondenwärmeleistungen von bis zu 150 kW erreicht werden, begrenzt durch die Außentemperaturen. Weiters kann in der Abbildung das Verhalten der einzelnen Parameter bei einer Anlagenabschaltung und –wiederinbetriebnahme beobachtet werden. Als Beispiel kann die Erholung der Sondenbodentemperatur mit Abschaltung im Zeitraum von 3.12. – 10.12.2009 angeführt werden. Nach der Anschaltung erholt sich die Gebirgsformation rasch und somit auch die Sondenbodentemperatur.

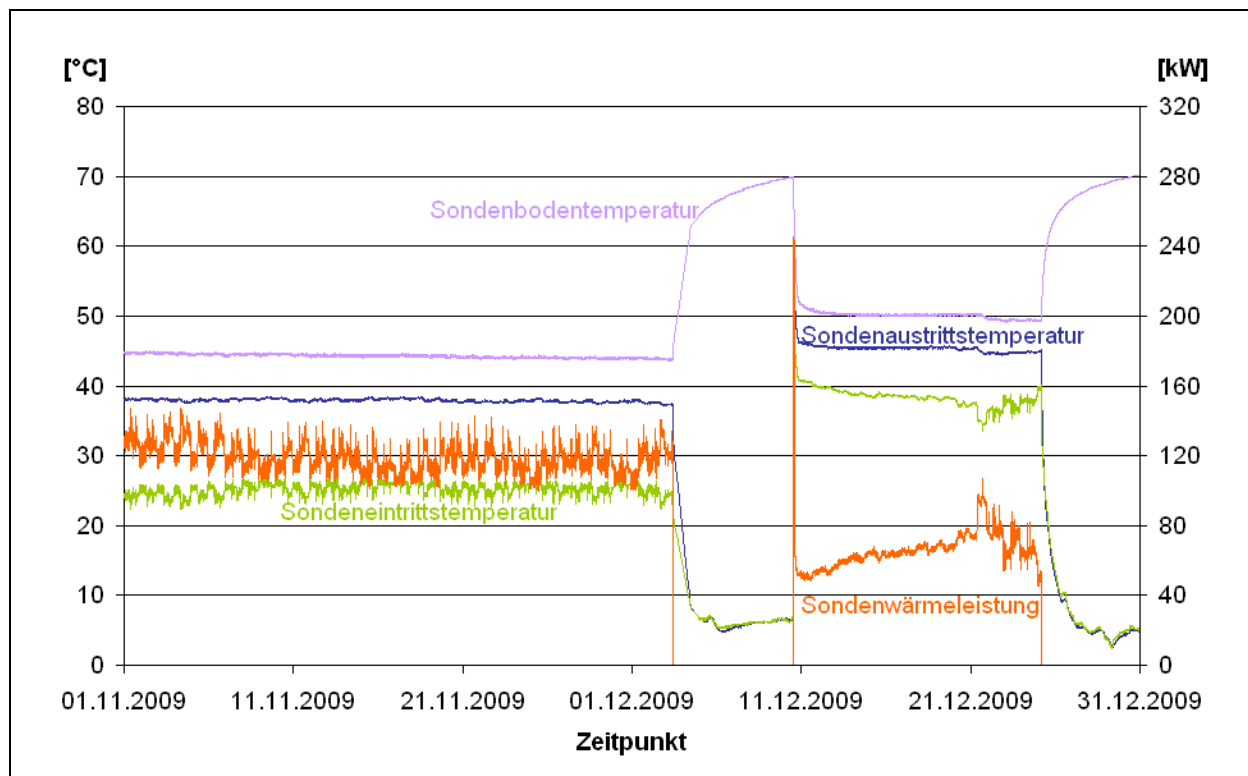


Abbildung 9: Messdaten November und Dezember 2009

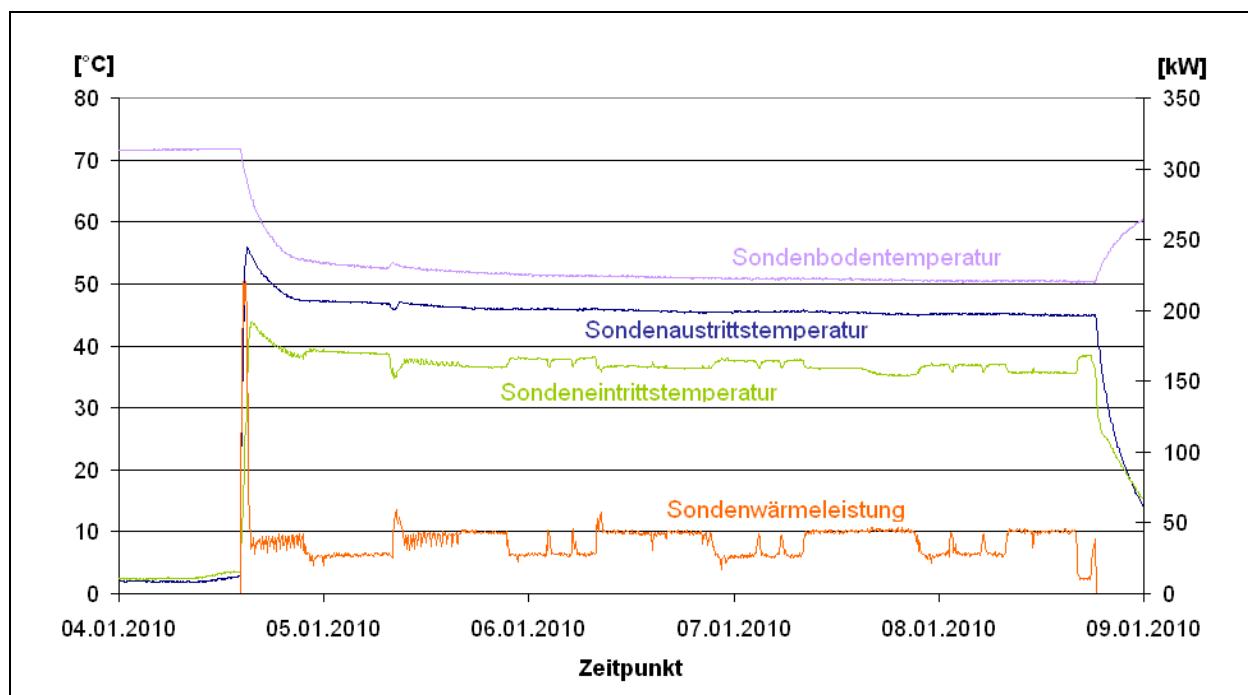


Abbildung 10: Messdatenauszug Januar 2010

In Abbildung 10 kann abgelesen werden, dass die zu versorgende Sporthalle mit Leistungen von bis zu 54 kW (Begrenzung durch die Gaswärmepumpen) versorgt wurde. An der Sondenwärmeleistung lässt sich ein typisches Tages- und Nachtverhalten feststellen. Das bedeutet, dass im Tageszeitraum von 8-22 Uhr eine höhere Leistung abgefragt wurde.

3.2 Untersuchungsergebnisse am Koaxialrohr

An der Technischen Universität Wien wurde ein Teststand installiert, welcher den Bohrlochwärmetauscher der Pilotanlage nachbilden sollte. Mit dieser Untersuchung konnte festgestellt werden, welche Optimierungen, insbesondere an der Isolierungstechnik, unternommen werden müssen, um den Wärmefluss zu verbessern. Hierbei wurde der Fokus auf die praktische Umsetzbarkeit im Umbau am Sondenplatz gelegt.



Abbildung 11: Teststand an der TU-Wien - Tubing

Die Ergebnisse dieser Studie werden in weitere Geothermieprojekte einfließen sowie als Basis für weitere wissenschaftliche Untersuchungen dienen.

4 Ausblick und Empfehlungen

Das Projektziel der direkten Nutzung von Geothermie aus ausgeförderten Bohrlöchern konnte erreicht werden. In Zukunft kann mit dieser Energieform **jedoch nur ein sehr beschränkt regionaler Beitrag** zur Versorgung mit erneuerbarer Energie in Österreich geleistet werden.

Die bisherigen Forschungserkenntnisse dienen als Basis für die Nutzung von ehemaligen Kohlenwasserstoffsonden als Bohrlochwärmetauscher. Die Austrittstemperaturen bei dem ersten Feldversuch bewegen sich um die 40°C, bei Folgeprojekten kann jedoch mit höheren Temperaturen gerechnet werden. Die Integrität des Casings konnte gewährleistet werden.

Die Untersuchungsergebnisse unterschiedlicher Isoliermedien an der Technischen Universität Wien sollten in einer weiteren Forschungsanlage evaluiert werden. Dafür würde sich eine tiefe Sonde (ca. 4000 m) anbieten. Weiters könnte damit das thermodynamische Modell mit den Messdaten weiter kalibriert werden. Mit den bei der Tiefensonde potenziell höheren Sondenwärmeleistungen und Wärmeträgeraustrittstemperaturen bietet sich eine gewerbliche Nutzung (z.B. Gewächshaus) mit einer hohen Volllaststundenanzahl an.

Eine wirtschaftliche geothermische Nutzung mittels Bohrlochwärmetauscher ist derzeit nicht gewährleistet, doch konnten geeignete ausgeförderte Sonden bereits gefunden werden und die technische Realisierbarkeit überprüft werden.

5 Literaturverzeichnis

ARGE TIEFE GEOTHERMIE, 2009. Nutzungsmöglichkeiten tiefer Geothermie im Wiener Becken (Tiefscholle), Projektphase 1 (Nachnutzung vorhandener KW-Infrastruktur), Bericht, OMV AG, Wien

IMPRESSUM

Verfasser

OMV Exploration & Production GesmbH
Leopold Bräuer
Trabrennstraße 6-8, 1020 Wien
Tel.: +43 1 40440-0
E-Mail: info.gp@omv.com
Web: www.omv.at

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Klima- und Energiefonds
Gumpendorfer Straße 5/22
1060 Wien
E-Mail: office@klimafonds.gv.at
Web: www.klimafonds.gv.at

Disclaimer

Die Autoren tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider.

Weder der Klima- und Energiefonds noch die Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) sind für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

Gestaltung des Deckblattes

ZS communication + art GmbH