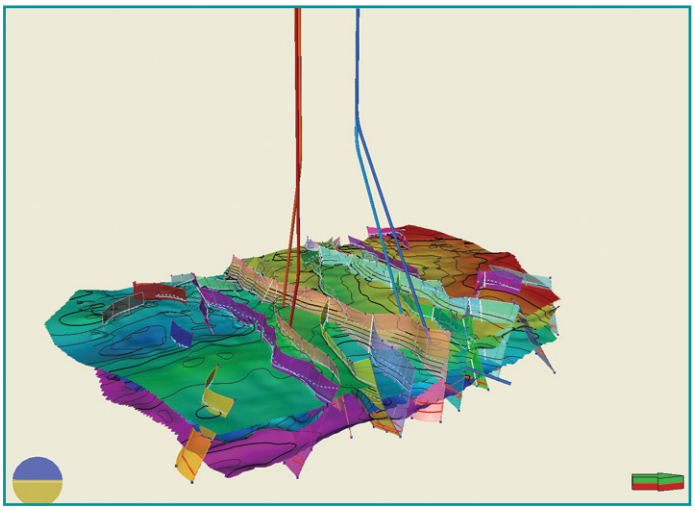
Reservoir Engineering beim Tiefengeothermieprojekt Bernried

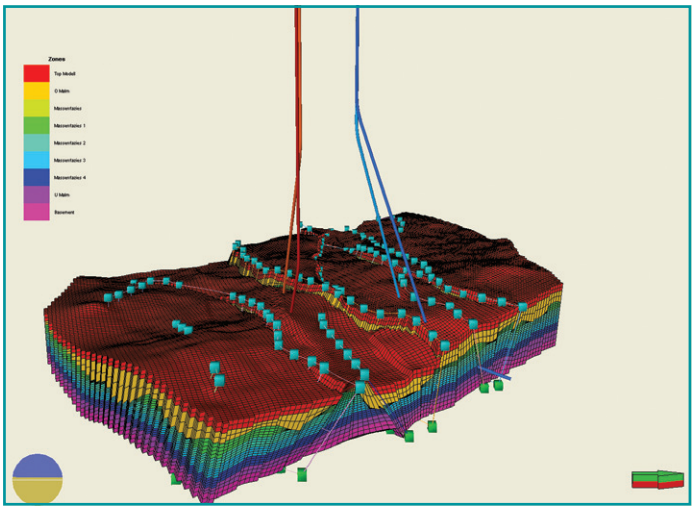
Bedingt durch immer größere Bohrtiefen, gestiegene Schüttungserwartungen sowie geringere Entfernungen der neu in Betrieb gehenden Projekte untereinander, sieht sich die tiefengeothermische Erschließung und Nutzung steigenden technischen und wissenschaftlichen Anforderungen gegenübergestellt. Mit der in den Projekten zunehmenden Verfügbarkeit von 3D-Seismik steigt die Qualität der Planungsgrundlage enorm. Zudem ermöglicht dies dem Betreiber, bereits im Vorfeld der Projektrealisierung das Reservoirverhalten zu modellieren (Vorab-Simulation). Dabei kommen nun auch in der Geothermie vermehrt Methoden zum Einsatz, die in der Kohlenwasserstoffindustrie bereits etabliert sind.

Die BE Geothermal GmbH hat daher die Fa. Erdwerk GmbH für die Durchführung von hydraulisch-thermischen Vorab-Simulationen mit dem Softwarepaket Petrel™ / ECLIPSE™ der Fa. Schlumberger für das Geothermieprojekt Bernried beauftragt. Eine hochwertige Simulation ist die Grundlage für ein verbessertes Reservoirverständnis und erhöht die Planungssicherheit. Die BE Geothermal GmbH sieht in den Simulationen ein unerlässliches Werkzeug, das ein nachhaltiges Reservoirmanagement und eine effiziente Bewirtschaftung ermöglicht und ist daher für Investoren sowie den Betreiber essentiell.
Im Projekt Bernried ist die Errichtung einer geothermischen Doppeldublette geplant (zwei Förderbohrungen und zwei Injektionsbohrungen). Die Erschließungstiefen bis zum Tiefengrundwasserleiter „Malm“ (Kalksteine aus dem Oberjura) betragen jeweils ca. 4.500 m. Ziel der Vorab-Simulation war es, die thermische Entwicklung des Reservoirs um die beiden Reinjektionsbohrungen für verschiedene Nutzungszeiträume darzustellen. Bei der Erstellung des geologischen Modells war wichtig, dass der Projektplaner intensiv in die seismische Interpretation mit einbezogen wird. Ein fundiertes regionalgeologisches Hintergrundwissen ist dabei eine grundlegende Voraussetzung. Nach Bewertung des Störungsinventars und seismischer Faziesdifferenzierung, wurde darauf aufbauend ein numerisches dreidimensionales hydrogeologisches Modell erstellt. Nach der Festlegung potenzieller Erschließungsziele konnten auf Grundlage dieses Modells verschiedene Szenarien simuliert werden. Dabei richtete sich der Fokus der Vorab-Simulationen auf die thermische Reservoirentwicklung im Umfeld der Reinjektionsbohrungen. Erst nach Auswertung von Pumpversuchen lassen sich dagegen fundierte hydraulische Simulationen durchführen.

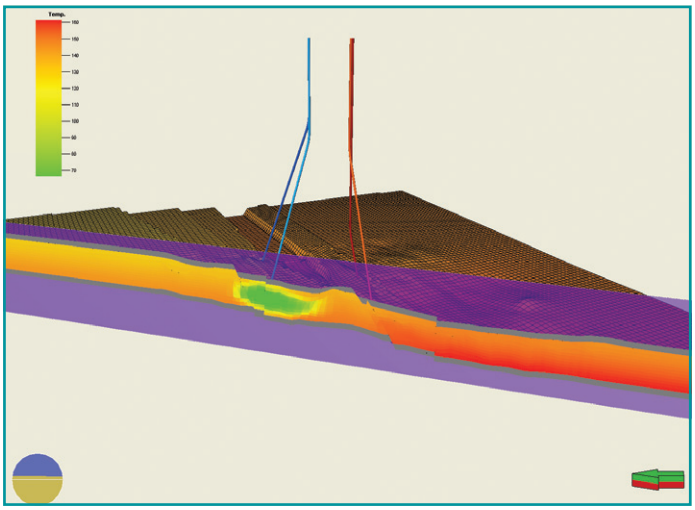
Die geologische Modellierung erfolgte auf dem im Jahr 2009 neu gemessenen 3D-Seismik-Cube mit Petrel™. Die Vorab-Simulation wurde mit dem ECLIPSE™- Blackoil Simulator durchgeführt, welches beim vorliegenden Kenntnisstand ausreichend war. Der Einsatz des ECLIPSE™-Compositional Simulators ist dann für die im späteren Projektfortgang noch folgenden Simulationen mit Bohrlochdaten und für detaillierte hydraulische sowie thermische Betrachtungen der Bohrungen bzw. des Reservoirs vorgesehen. Für die Vorab-Simulation wurde, unter Berücksichtigung der 3D-Seismikdaten, eine Selektion von markanten Störungen vorgenommen.



Aufbau des geologischen Modells (Quelle: Erdwerk)



Grid-Generierung und Parametrisierung (Quelle: Erdwerk)



Vorab-Simulation Bernried: Ausbreitung des Abkühlungskörpers um die Injektionsbohrungen nach 125 Jahren Nutzungsdauer (Quelle: Erdwerk)

Die nahtlose Integration von Petrel™ und ECLIPSE™ ermöglicht einen durchgängigen „Seismic-to-Simulation“-Prozess, der vollständig in Petrel™ aufgebaut wird. Aus dem geologischen Modell wird in Petrel™ das Simulationsmodell generiert und zur Berechnung an den ECLIPSE™ Simulator übergeben. Das Resultat wird in Petrel visualisiert und analysiert. Das Prinzip des „Seismic-to-Simulation“-Prozesses erlaubt es dem Anwender, Modifikationen am Modell an jedem Punkt des Prozesses sehr rasch vorzunehmen, ohne den gesamten Prozess von Anfang an neu aufbauen zu müssen. Dieser iterative Optimierungsprozess kann dabei jederzeit um neue, zusätzliche Daten (z.B. Log-Daten, aufgenommen während der Bohrung) ergänzt werden. Das Ziel ist es immer, das Reservoir so gut es geht zu verstehen. Grundlegende Entscheidungen, allen voran die kostspielige Entscheidung hinsichtlich des optimalen Bohrpfades, hängen letzten Endes davon ab.

Das Modell unterteilt sich in fünf Hauptzonen: Top Modell, Oberer Malm, Massenfazies, Unterer Malm und Basement. Als geothermisches Reservoir wird die Zone der Malm-Massenfazies angesprochen. Die Parametrisierung des Modells erfolgte mit hydraulischen Daten einiger realisierter und getesteter Geothermiebohrungen im süddeutschen Molassebecken. Die daraus entstehenden Parametrisierungsvarianten wurden über hydraulische und hydraulische/thermische Simulationen statistisch ausgewertet. Vorgabe seitens des Betreibers war ein Prognose-Zeitraum von 125 Jahren. Es wurden die während der Produktion erwarteten Förder- und Injektionsraten sowie die Injektionstemperatur angesetzt. Eine hydraulische Auswirkung der Störungen wurde im Rahmen der Eclipse™-Vorab-Simulation vereinfacht mitberücksichtigt.
Die thermische Simulation konnte aufzeigen, dass mit dem gewählten Erschließungskozept nach einer simulierten Betriebsdauer von 125 Jahren an der Doppeldublette Bernried noch kein thermischer Durchbruch zu erwarten ist.

Lutz K. Stahl
(BE Geothermal GmbH)
Dr. Klaus Dorsch
(Erdwerk GmbH)
Martin Neudecker
(Schlumberger GmbH)